

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y ZOOTECNIA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS

**EFECTO DE DOS ABONOS ORGANICOS Y TRES NIVELES DE
FERTILIZACION EN LA PRODUCCIÓN DE SABILA (*Aloe vera L.*) EN
IPAL – DISTRITO YANATILE – CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. NAYRUTH PINEDO GARCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL
DE INGENIERO AGRÓNOMO**

ASESOR:

Dra: CATALINA JIMENEZ AGUILAR

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor CATALINA JIMÉNEZ AGUILAR quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: EFFECTO DE DOS ABONOS ORGÁNICOS Y TRES NIVELES DE FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE SABILA (Aloe vera L.) EN IPAL - DISTRITO DE YANATILE - CUSCO

Presentado por: NAIRUTH PINEDO GARCÍA DNI N° 42023041; presentado por: DNI N°: Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 2 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

| Porcentaje | Evaluación y Acciones | Marque con una (X) |
|----------------|---|-------------------------------------|
| Del 1 al 10% | No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud. | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Del 11 al 30 % | Devolver al usuario para las subsanaciones. | |
| Mayor a 31% | El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley. | |

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 04 de Diciembre de 2025

Firma

Post firma Catalina Jiménez Aguilar

Nro. de DNI 2393 6715

ORCID del Asesor 0000-0002-1813-7756

Se adjunta:

- Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
- Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259 536319542.

NAYRUTH PINEDO GARCIA

EFECTO DE DOS ABONOS ORGANICOS Y TRES NIVELES DE FERTILIZACION EN LA PRODUCCION DE SABILA (Aloe vera ...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:536319542

92 páginas

Fecha de entrega

4 dic 2025, 9:58 a.m. GMT-5

18.450 palabras

Fecha de descarga

4 dic 2025, 10:02 a.m. GMT-5

102.590 caracteres

Nombre del archivo

TESIS NAYRUTH PINEDO GARCIA.pdf

Tamaño del archivo

5.5 MB

2% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- ▶ Trabajos entregados
- ▶ Fuentes de Internet

Fuentes principales

- | | |
|----|---|
| 0% |  Fuentes de Internet |
| 2% |  Publicaciones |
| 0% |  Trabajos entregados (trabajos del estudiante) |

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

El principal agradecimiento a Dios quien
me ha guiado y me ha dado la fortaleza
para seguir adelante.

En honor a mi Bisabuela Tomasa Vergara,
mi fuente de inspiración y sabiduría,
aunque ya no este físicamente conmigo,
tu espíritu y amor continúan guiándome
en cada paso de este camino.

A mi pequeña Amira, familia y a todas las
personas que de alguna u otra forma me
apoyaron en la realización de tesis.

AGRADECIMIENTO

Especial agradecimiento a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, siendo mi alma mater en mi formación como profesional.

En especial a mi facultad de agronomía y zootecnia un reconocimiento sincero y a todos mis docentes que participaron en mi formación profesional.

Un agradecimiento sincero a la Dra. Catalina Jimenez Aguilar por su asesoramiento continuo durante la realización de la presente investigación.

ÍNDICE

| | Pág. |
|---|----------|
| EDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| ÍNDICE | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xv |
| ÍNDICE DE FOTOGRAFIA | xxi |
| RESUMEN | xxvii |
| INTRODUCCION | 1 |
| I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION..... | 2 |
| 1.1 Planteamiento de problema | 2 |
| 1.2 Formulación del problema | 2 |
| 1.2.1. Problema general | 2 |
| 1.2.2. Problemas específicos..... | 2 |
| II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION..... | 3 |
| 2.1. Objetivo General..... | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos | 3 |
| 2.3. Justificación..... | 4 |
| III. HIPOTESIS | 5 |
| 3.1. Hipótesis General | 5 |
| 3.2. Hipótesis Específicas | 5 |
| IV. MARCO TEORICO | 6 |
| 4.1. Antecedentes de la investigación | 6 |
| 4.1.1 Antecedente internacional | 6 |
| 4.1.2 Antecedente nacional | 8 |
| 4.1.3 Antecedente Regional | 10 |
| 4.2. Bases teóricas | 11 |
| 4.2.1. Morfología de la planta de sábila | 12 |
| 4.3. Clasificación botánica | 15 |
| 4.3.1. Partes de la planta de sábila | 15 |
| 4.3.2. Especies de sábila Aloe vera | 16 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Beneficios de la sábila (Aloe vera)..... | 22 |
| 4.4.1. Propiedades nutricionales y funcionales del Aloe vera | 23 |
| 4.4.2. Turba | 28 |
| 4.4.3. Estiércol de cuy | 29 |
| 4.5. Niveles de fertilización | 29 |
| 4.5.1. Urea | 29 |
| 4.5.2. Fosfato Di amónico | 30 |
| 4.6. Definición de términos | 31 |
| V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION | 33 |
| 5.1. Aspectos generales de la investigación | 33 |
| 5.1.1 Tipo de Investigación | 33 |
| 5.1.2 Ubicación espacial | 33 |
| 5.1.3 Ubicación política | 33 |
| 5.1.4 Ubicación Geográfica..... | 33 |
| 5.1.5 Ubicación Hidrográfica..... | 33 |
| 5.1.5. Ubicación temporal | 33 |
| 5.1.6. Ubicación ecológica | 34 |
| 5.2. Materiales y Métodos | 37 |
| 5.2.1 Insumos agrícolas | 37 |
| 5.2.2 Abonos orgánicos | 37 |
| 5.2.3 Equipos | 37 |
| 5.2.4 Herramientas | 37 |
| 5.2.5 Materiales de gabinete | 37 |
| 5.2.6 Métodos..... | 38 |
| 5.2.7 Factores en estudio (2 abonos orgánicos x 3 niveles de fertilización)..... | 38 |
| 5.2.8 Tratamientos | 38 |
| 5.2.9 Variables e indicadores: | 39 |
| 5.2.10. Características del campo experimental Campo experimental..... | 40 |
| 5.3. Conducción de la investigación | 41 |
| 5.3.1 Descripción del cultivo en la parcela experimental. | 41 |
| 5.3.2 Manejo del cultivo..... | 41 |
| 5.3.3 Aplicación de los tratamientos fertilizantes y abonos | 42 |
| 5.3.3.1 Determinación de cantidades de fertilizantes y abonos por experimento, parcela y plantas..... | 42 |

| | |
|---|----|
| 5.3.3.2 Aplicación de abonos orgánicos | 43 |
| 5.3.4. Evaluación de variables..... | 44 |
| VI. RESULTADOS..... | 47 |
| 5.1. RESULTADOS | 47 |
| 5.1.1. Rendimiento de pencas por parcelas y tratamiento. | 47 |
| 5.2 DISCUSION..... | 65 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 67 |
| RECOMENDACIONES | 68 |
| VIII. BIBLIOGRAFIA | 69 |
| ANEXO | 72 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pag |
|--|-----|
| TABLA N° 1: VARIABLE AGRONÓMICA PESO DE PENCAS EN (t/ha) | 47 |
| TABLA N° 2: ANVA FACTORIAL 2BX3A PESO DE PENCAS EN (t/ha)..... | 47 |
| TABLA N°3 : PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha) | 48 |
| TABLA N° 4: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR A..... | 49 |
| TABLA N° 5: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR B..... | 50 |
| TABLA N° 6: VARIABLE AGRONÓMICA PESO DE PENCAS EN (g/planta)..... | 51 |
| TABLA N° 7: ANVA FACTORIAL 2BX3A PESO DE PENCAS EN (g/planta)..... | 51 |
| TABLA N°8: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta) | 51 |
| TABLA N° 9: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR A..... | 52 |
| TABLA N° 10: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR B..... | 53 |
| TABLA N° 11: VARIABLE AGRONÓMICA NUMERO DE PENCAS/PLANTA..... | 54 |
| TABLA N° 12: ANVA FACTORIAL 2BX3A NUMERO DE PENCAS/PLANTA | 54 |
| TABLA N° 13: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS MADURAS/PLANTA | 54 |
| TABLA N° 14: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR A..... | 55 |
| TABLA N° 15: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR B..... | 56 |
| TABLA N° 16: VARIABLE AGRONÓMICA ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA..... | 57 |
| TABLA N°17: ANVA FACTORIAL 2BX3A ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA..... | 57 |
| TABLA N° 18: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas) ... | 58 |
| TABLA N°19: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A | 59 |
| TABLA N°20: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR B | 60 |
| TABLA N° 21: VARIABLE AGRONÓMICA ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA..... | 61 |
| TABLA N° 22: ANVA FACTORIAL 2BX3A ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA..... | 61 |
| TABLA N°23: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas) | 62 |
| TABLA N° 24: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A | 63 |
| TABLA N° 25: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR B..... | 64 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| GRÁFICO N°1 PESO DE PENCAS EN (t/ha) | 48 |
| GRÁFICO N° 2: PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR A | 49 |
| GRÁFICO N° 3: PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR B | 50 |
| GRAFICO N°4: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta)..... | 52 |
| GRÁFICO N° 5: PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR A..... | 53 |
| GRÁFICO N° 6: PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR B..... | 53 |
| GRÁFICO N°7 NUMERO DE PENCAS MADURAS/PLANTA..... | 55 |
| GRÁFICO N° 8: NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR A..... | 56 |
| GRÁFICO N° 9: NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR B | 56 |
| GRÁFICO N°10 ALTURA DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas)..... | 58 |
| GRÁFICO N°12 ALTURA DE PENCAS MADURAS/CM PLANTA) FACTOR B..... | 60 |
| GRÁFICO N°13 ANCHO DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas) | 62 |
| GRÁFICO N° 14: ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA..... | 63 |
| GRÁFICO N° 15: ANCHO DE PENCAS MADURAS/CM PLANTA) FACTOR B ... | 64 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFIA

| | |
|---|----|
| Fotografía 1: Deshierbo de malezas..... | 42 |
| Fotografía 2. Riego de parcelas con manguera | 42 |
| Fotografía 3. Aplicación de abonos orgánico en la etapa de crecimiento..... | 44 |
| Fotografía 4. Aplicación de fertilizantes químicos en la etapa de crecimiento..... | 44 |
| Fotografía 5. Conteo de numero de pencas previa a la cosecha | 45 |
| Fotografía 6: Mediciones de las dimensiones de pencas | 45 |
| Fotografía 7. Pesado de pencas para determinar el rendimiento | 46 |
| Fotografía 8. Pesado de pencas para el rendimiento total por parcela..... | 46 |
| Fotografía 9: Extracción de turba..... | 76 |
| Fotografía 10: Aplicación de estiércol de cuye..... | 76 |
| Fotografía 11: Aplicación de turba y estierco de cuye a las unidades experimentales en estudio..... | 77 |
| Fotografia 12. Aplicación de fertilizantes a las unidades experimentales..... | 77 |
| Fotografía 13. Deshierbe de malezas en el campo experimental..... | 78 |
| Fotografía 14. Equipos y materiales para realizar las evaluaciones de las variables | 79 |
| Fotografía 16. Corte de pencas para su respetivo estudio y análisis..... | 80 |
| Fotografía 17. Evaluación de peso fresco de penca | 80 |
| Fotografia 18. Evaluación de altura de pencas. | 81 |
| Fotografía 19. Evaluación de ancho de pencas | 82 |
| Fotografía 20. Evaluación de numero de pencas | 82 |

RESUMEN

El trabajo de investigación “Efecto de dos abonos orgánicos y tres niveles de fertilización en la producción de sábila (*Aloe vera L.*) en Ipal – Distrito de Yanatile-Cusco” se realizó en los años 2022- 2023.

El problema de investigación se refiere para las condiciones de suelo agrícola en Yanatile, no se conoce como los abonos orgánicos en interacción con diferentes niveles de fertilización, para ello se plantea el objetivo de evaluar el efecto de abonos orgánicos y tres niveles de fertilización, en la producción de pencas de la sábila (*Aloe vera*) cultivadas a campo abierto en la localidad de Ipal – Distrito Yanatile – Cusco. En la metodología se evaluó las variables del comportamiento agronómico como: el número, altura, ancho, peso fresco y rendimiento total. Para la evaluación se tomaron 10 plantas de sábila por parcela. El diseño experimental fue de Bloques Completos al Azar con abreviatura DBCA, con arreglo factorial $2b \times 3a$, 6 tratamientos, 4 repeticiones, 24 unidades experimentales. Se aplicó donde “b” es abono y siendo b1: turba y b2: estiércol de cuy. Por otra parte, se aplicó un factorial “a” Niveles de fertilización, siendo a1: Nivel de fertilización alto y a2: Nivel de fertilización medio y a3: Nivel de fertilización bajo.

En resultados se reporta que, no hay significancia estadística en la interacción del factor A y factor B con niveles de fertilización. Que es a nivel alto siendo superior estadísticamente, seguido como el segundo lugar corresponde a nivel de fertilización medio y el tercer lugar con nivel de fertilización bajo.

Palabras claves: *Aloe vera* - Abono orgánico – Fertilización - Rendimiento

INTRODUCCION

La sábila (*Aloe vera* L.) tiene importancia por tener muchos principios activos medicinales y usados en la medicina tradicional y moderna, por tanto, su cultivo va logrando grandes perspectivas sociales, económicos y medio ambientales.

La sábila por ser un cultivo xerófilo, que resiste climas secos y escasez de agua, es factible extender su cultivo a ambientes donde se dan estas condiciones, como es el caso de ceja de selva en Cusco; sin embargo, es necesario tomar atención a la nutrición del suelo para obtener altos potenciales de rendimiento.

El alto potencial de rendimiento puede generar expectantes beneficios económicos para los agricultores, porque, en una hectárea puede establecerse hasta 30 mil plantas y a partir de 1 año y medio se empieza con las primeras cosechas, siendo hasta cuatro a cinco cortes por año, eso llevaría a una alta rentabilidad económica para los agricultores del valle de Yanatile.

Sin embargo, como todo cultivo, requiere de mejoras en el manejo agronómico, siendo en este caso, la disponibilidad de nutrientes en el suelo, para garantizar la producción sostenible en el tiempo. En esta perspectiva, se planteó el presente trabajo de investigación, con el propósito de medir el potencial productivo de la sábila (*Aloe vera*) inducidos con abonos orgánicos más los niveles de fertilizantes químicos, y como resultado disponer de esta tecnología para los agricultores del Valle de Yanatile.

La aplicación de tres niveles de fertilización en la evaluación de rendimiento de pencas de *Aloe vera* permite a obtener mejores resultados reales en este cultivo, de modo que, aplicando las tecnologías de producción crea impactos reales de producción de este cultivo *Aloe vera* en beneficio del agricultor de las cuencas del valle de Yanatile, como también de sus aledaños.

Con el presente trabajo de investigación se obtuvo resultados concernientes a rendimiento de pencas de sábila, como también, sus comportamientos agronómicos, con la aplicación de abonos orgánicos y tres niveles de fertilización, de esa forma crear parámetros de producción favorable para el cultivo de *Aloe vera*.

La autora.

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION

1.1 Planteamiento de problema

La sábila (*Aloe vera*) es un cultivo que puede desarrollarse desde 1500 m de altitud hasta 2500 m de altitud a campo abierto. El Valle de Yanatile en la provincia de Calca se encuentra en este rango de altitud, por lo que existe la alta probabilidad de promover este cultivo a nivel comercial. No se ha encontrado información para esta zona, acerca de la producción comercial, con el uso de abonos orgánicos y fertilización química y la interacción de estas dos fuentes de nutrientes, por lo tanto, se plantea la investigación de la aplicación de dos abonos orgánicos y tres niveles de fertilización alto, medio y bajo que, permitirá en este cultivo conocer el rendimiento en pencas (hojas) cosechados de *Aloe vera* cultivadas bajo las condiciones ambientales del sector Ipal en el valle de Yanatile. Para llevar el proyecto, se plantean las siguientes preguntas de investigación

1.2 Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de dos abonos orgánicos y tres niveles de fertilización en la producción y características agronómicas de pencas de sábila (*Aloe vera* L.) en la localidad de Ipal- Distrito Yanatile – Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el rendimiento de producción de pencas de sábila cultivadas con la aplicación de abono turba y estiércol de cuy con tres niveles de fertilización en condiciones de campo abierto?
- b) ¿Cuáles son las características agronómicas de la sábila cultivadas con el abono de turba y estiércol de cuy y tres niveles de fertilización en condiciones de campo abierto?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION

2.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos abonos orgánicos y tres niveles de fertilización y características agronómicas de producción de pencas de la sábila (*Aloe vera*) cultivadas a campo abierto en la localidad de Ipal – Distrito Yanatile – Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el rendimiento de producción de pencas de la sábila aplicados con turba, estiércol de cuy y tres niveles de fertilización en condiciones de campo abierto.
- b) Registrar las características agronómicas de sábila cultivados con turba y estiércol de cuy y tres niveles de fertilización en condiciones de campo abierto.

2.3. Justificación

En el distrito de Yanatile y sus zonas aledañas se presentan condiciones ambientales favorables, tanto climáticas como edáficas, que constituyen un escenario propicio para el establecimiento y desarrollo del cultivo de sábila (*Aloe vera L.*) a nivel comercial. La disponibilidad de suelos fértiles, sumada a la presencia de tierras agrícolas manejadas por los agricultores locales, ofrece una oportunidad para diversificar la producción agrícola con un cultivo de alto potencial económico. En este sentido, la promoción de la sábila se plantea como una alternativa viable y rentable frente a otros cultivos tradicionales que, en la actualidad, presentan limitadas perspectivas de sostenibilidad y rentabilidad en los mercados locales, regionales e internacionales.

Asimismo, la incorporación de tecnologías de manejo, como el uso de sustratos orgánicos y diferentes niveles de fertilización, permitirá demostrar incrementos significativos en el rendimiento de producción de pencas de sábila. Estos resultados no solo aportarán evidencia técnica y científica sobre el comportamiento productivo de la especie en el contexto local, sino que también constituirán un incentivo para que los agricultores adopten el cultivo como parte de sus estrategias de diversificación productiva y de mejora en sus ingresos familiares.

La relevancia de impulsar el cultivo de sábila se fundamenta, además, en la creciente demanda internacional y nacional de sus derivados, dada su versatilidad de uso en distintos sectores: medicinal, farmacéutico, cosmético, alimenticio y de bebidas. Su carácter industrial y la valorización que está alcanzando en los mercados, posicionan a la sábila como un cultivo estratégico que puede contribuir al desarrollo económico sostenible del distrito de Yanatile.

De esta manera, la investigación y promoción del cultivo de sábila en la zona no solo permitirá aprovechar las ventajas agroecológicas del territorio, sino que también fortalecerá la seguridad económica de las familias agricultoras, fomentará la innovación tecnológica en el manejo agrícola y generará nuevas oportunidades de inserción en cadenas de valor orientadas a la agroindustria.

III. HIPOTESIS

3.1. Hipótesis General

El efecto de dos abonos orgánicos con tres niveles de fertilización en producción y características agronómicas de sábila (*Aloe vera L.*) en Ipal - Distrito Yanatile – Cusco, muestran diferencias entre ellos.

3.2. Hipótesis Específicas

- La fertilización con abono turba y estiércol de cuy muestra el rendimiento superior en producción de pencas de la sábila, con respecto a la fertilización de nivel bajo.
- La sábila cultivados con turba y estiércol de cuy y tres niveles de fertilización muestran características agronómicas superior a nivel de fertilización bajo en condiciones de campo.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1 Antecedente internacional

Karthika *et al.* (2022), señalan que el uso de fertilizantes orgánicos mejora significativamente el rendimiento de *Aloe vera*. En la investigación titulada “*Crecimiento y rendimiento de Aloe vera en respuesta a diferentes fertilizantes orgánicos o abonos*”, presentada en Eastern University, Sri Lanka, se muestran claramente que los abonos orgánicos son más eficientes en comparación con los fertilizantes químicos. Esta investigación se presentó en un diseño de bloque completo al azar (RCBD) en el campo experimental de cultivos de la Eastern University of Sri Lanka, como un experimento en bolsas de polietileno, con cinco tratamientos y cuatro réplicas, desarrollado entre noviembre de 2019 y marzo de 2020. Los tratamientos fueron: T1 (control), T2 (compost), T3 (estiércol de vaca), T4 (fertilizante líquido orgánico comercial) y T5 (Jeewamirta). La metodología empleada fue experimental, con diseño completamente al azar, en condiciones controladas. La muestra estuvo compuesta por plantas de *Aloe vera* cultivadas en macetas, y se evaluaron variables como altura, número de hojas, peso fresco y peso seco. Los instrumentos utilizados fueron fichas de recolección de datos, cintas métricas y balanzas analíticas.

Resultados: En casi todos los parámetros de crecimiento y rendimiento se mostró un aumento significativo con los tratamientos de compost (T2) y estiércol de vaca (T3), en comparación con otros tratamientos. Sin embargo, entre los tratamientos T2 y T3 no hubo diferencias significativas en el peso total de la piel de la hoja, el peso fresco total de la raíz y el peso de la piel de la hoja más grande.

Conclusiones: Teniendo en cuenta los parámetros de crecimiento, rendimiento y el factor económico clave (peso seco del gel), se recomienda el uso de compost y estiércol de vaca para mejorar el cultivo de *Aloe barbadensis*, lo cual reafirma que los abonos orgánicos son una alternativa eficaz y sostenible frente a los fertilizantes químicos.

Islam *et al.* (2023) afirman que la combinación de abonos orgánicos con fertilizantes químicos mejora significativamente el crecimiento y rendimiento de Aloe vera. En la investigación titulada “*Crecimiento y rendimiento de Aloe vera (L.) Burm.f. influenciado por abonos orgánicos y fertilizantes químicos*”, presentada en la Universidad de Dhaka, Bangladesh, se evaluó la influencia

de los abonos orgánicos (10 ton ha^{-1}), nitrógeno (50 y 100 kg ha^{-1}), fósforo (10 y 20 kg ha^{-1}) y potasio (30 y 60 kg ha^{-1}) en el crecimiento y rendimiento de Aloe

vera (L.) Burm.f. (*Aloe barbadensis Mill.*). El experimento se llevó a cabo utilizando un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones y once tratamientos, incluyendo combinaciones con y sin fertilizantes NPK. La muestra consistió en plantas de Aloe vera cultivadas en campo. Los instrumentos utilizados fueron fichas de evaluación agronómica, cintas métricas, balanzas de precisión y análisis de laboratorio para nitrógeno y proteínas.

Resultados: Se registraron los mejores valores de crecimiento en el tratamiento con aplicación de compost (ACI 10 ton ha^{-1}) más N 50, P 10 y K 30 kg ha^{-1} , con una longitud de hoja de 18 cm, área foliar de 23,40 cm^2 por planta e índice de área foliar de 0,06. Por otro lado, el mayor peso fresco (78,23 g/planta) y peso seco (9,58 g/planta) se observaron con el tratamiento GTS 10 ton ha^{-1} . Este mismo tratamiento también presentó la mayor concentración de nitrógeno foliar (2,69 %) y el mayor contenido proteico en hojas (16,84 %).

Conclusiones: El uso combinado de abono orgánico tipo GTS a razón de 10 ton ha^{-1} , con o sin NPK, mejora significativamente el rendimiento, crecimiento y contenido proteico del Aloe vera. Por tanto, se recomienda el uso de abonos orgánicos como una estrategia eficiente y sostenible para el cultivo de esta especie.

Gul *et al.* (2023) señalan que el uso de abonos orgánicos y la variación de los intervalos de riego influyen significativamente en el crecimiento y producción de gel de Aloe vera. En la investigación titulada “*Respuesta del crecimiento y producción de gel de Aloe vera a abonos orgánicos e intervalos de riego*”, presentada en la Universidad de Agricultura de Peshawar, Pakistán, se llevó a cabo un experimento en el Vivero Ornamental del Departamento de Horticultura

durante el año 2014. El estudio consistió en dos factores: el Factor A fueron los intervalos de riego — $I_1 = 15$ días, $I_2 = 30$ días e $I_3 = 45$ días— asignados a las parcelas principales; y el Factor B fueron los abonos orgánicos — O_1 : control, O_2 : compost de hojas, O_3 : estiércol de aves de corral (MP), y O_4 : compost de hongos— asignados a subparcelas, aplicados a una dosis de 20 ton ha^{-1} . Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (RCBD) con arreglo de parcelas divididas y tres réplicas. La muestra estuvo conformada por plantas de Aloe vera cultivadas bajo condiciones agroclimáticas de Peshawar. Los instrumentos utilizados fueron cintas métricas, balanzas digitales y fichas de registro de parámetros morfológicos y de rendimiento.

Resultados: Los intervalos de riego cada 15 días (I_1) registraron el mejor desarrollo en número de hojas (9,9), altura de planta (34,5 cm), longitud de hoja (36,8 cm), área foliar (173,5 cm^2), peso foliar (181,3 g) y producción de gel (149,3 g/hoja), con un 80,8 % de supervivencia. En cuanto a los abonos orgánicos, el estiércol de aves de corral (O_3) resultó en el mayor número de hojas (11,0), altura de planta (41,6 cm), longitud de hoja (39,5 cm), área foliar (247,8 cm^2), peso de hoja (207,3 g), contenido de gel (174,7 g/hoja) y un 71,5 % de supervivencia.

Conclusiones: La interacción significativa entre el estiércol de aves de corral y el riego cada 15 días dio como resultado el máximo rendimiento: número de hojas (11,7), altura de planta (43,3 cm), longitud de hoja (46,3 cm), área foliar (270,6 cm^2), peso de hoja (227,3 g) y contenido de gel (189,3 g/hoja). Se concluye que esta combinación mejora sustancialmente el crecimiento, la biomasa y la producción de gel de Aloe vera, siendo altamente recomendable para zonas semiáridas como Peshawar.

4.1.2 Antecedente nacional

Chávez Lecca (2019) señala que las mezclas adecuadas de compost hortícola y sustrato de aguaje favorecen el enraizamiento y crecimiento vegetativo en plantones de Aloe vera “sábila”. En la investigación titulada “*Compost orgánico y sustrato de aguaje en el almacigado de hijuelos sobre el desarrollo de plantones de Aloe vera ‘Sábila’ en Iquitos, Loreto – 2018*”, presentada en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se evaluó el

comportamiento del crecimiento vegetativo y la obtención de plantones de sábila en vivero, cultivado bajo las condiciones climáticas de la región Loreto. La investigación fue de tipo cuantitativo, prospectivo, transversal, analítico y de nivel explicativo (causa – efecto). Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 20 repeticiones, utilizando unidades experimentales homogéneas. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, diámetro de planta, longitud, ancho y diámetro de hojas basales, cantidad de hojas, tamaño y número de raíces laterales, y peso total de planta.

Resultados: Las mezclas con mayor proporción de compost hortícola propiciaron un mayor diámetro de planta y de hojas basales, un mejor enraizamiento y un crecimiento vegetativo más vigoroso.

Conclusiones: Las combinaciones de compost hortícola y sustrato de aguaje mejoran significativamente el desarrollo de plantones de sábila, favoreciendo la producción de material de almacigado de calidad. Esta práctica representa una alternativa eficiente para viveros en la Amazonía peruana, con potencial para fortalecer la cadena productiva del Aloe vera en zonas tropicales.

Vásquez Vargas (2019) expone que la proporción entre suelo hortícola y carbón vegetal como sustrato afecta el desarrollo vegetativo de Aloe vera “sábila”. En la investigación titulada “*Relación suelo hortícola y carbón vegetal en el desarrollo vegetativo de Aloe vera ‘sábila’, en un sistema de recirculación nutritiva (PVC), en Iquitos, Loreto – 2018*”, presentada en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se evaluó el efecto del tipo de sustrato sobre el crecimiento en condiciones tropicales utilizando un sistema de recirculación nutritiva. La investigación fue de tipo cuantitativo, prospectivo, transversal, analítico y de nivel explicativo (causa-efecto). El principal factor de estudio fue la proporción de suelo hortícola y carbón vegetal (tipo de sustrato), evaluado a través de cinco grupos de tratamiento (A, B, C, D y E). Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con 10 repeticiones, considerándose un diseño monofactorial. La muestra consistió en plantas de Aloe vera cultivadas en un sistema hidropónico con tuberías de PVC. Las variables evaluadas incluyeron altura de planta, ancho de planta, longitud de hoja basal, ancho de hoja basal, diámetro de hoja basal y peso de hoja basal.

Resultados: Los tratamientos con proporciones adecuadas de sustrato

orgánico (suelo + carbón vegetal) mostraron diferencias estadísticas significativas en altura de planta, ancho de planta, largo de hoja basal y peso de hoja basal. En cambio, para el ancho y diámetro de hoja basal no se observaron efectos significativos.

Conclusiones: Los sustratos orgánicos, en proporciones adecuadas de suelo hortícola y carbón vegetal, mejoran significativamente el rendimiento vegetativo de *Aloe vera* en condiciones tropicales. Esta combinación permite un desarrollo más vigoroso de las plantas en sistemas de recirculación nutritiva (PVC), lo cual representa una alternativa eficiente para viveros hidropónicos en la región Loreto.

4.1.3 Antecedente Regional.

García Valle (2022) indica que la textura del suelo y el uso de bioestimulantes influyeron significativamente en el establecimiento de plantones de sábila en Ipal, distrito de Yanatile (Cusco). En la investigación titulada *“Impacto de dos clases texturales con dos bioestimulantes en el establecimiento de sábila (Aloe vera) en la localidad de Ipal – distrito Yanatile, Cusco”*, desarrollada en la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco durante los años 2020–2021, se evaluó el efecto de dos clases texturales de suelo (franco arcilloso y franco arenoso) y dos tipos de bioestimulantes sobre el comportamiento agronómico del cultivo de sábila. El experimento se realizó bajo condiciones de campo definitivo en la localidad de Ipal, empleando un diseño completamente al azar con 12 tratamientos y 10 plantas por parcela, considerando el efecto de bordes.

En la primera evaluación (a los 60 días de establecimiento), se analizaron variables como peso de raíces, número de raíces contráctiles, longitud y diámetro de raíz contráctil. En la segunda evaluación (a los 120 días), se midieron el número, altura y diámetro de yemas, además de las variables radiculares ya mencionadas. Para modificar la textura original del suelo de franco arcilloso a franco arenoso, se aplicaron 112 palas de arena por unidad experimental, sumando un total de 1344 palas equivalentes a 7.5 m³ de arena para todo el experimento.

Resultados: Los tratamientos con textura franco arenosa y aplicación de

bioestimulantes mostraron diferencias significativas en la mayoría de variables evaluadas, registrando mejor desarrollo radicular y formación de yemas.

Conclusiones: La incorporación de arena para mejorar la textura del suelo, junto al uso de bioestimulantes, permite un mejor establecimiento y crecimiento inicial de *Aloe vera* en campo definitivo, siendo esta una alternativa tecnológica viable para mejorar la productividad del cultivo en condiciones agroecológicas del distrito de Yanatile, provincia de Calca, Cusco.

4.2. Bases teóricas

a) Historia de la sábila.

La sábila (*Aloe vera* L.) es una de las plantas medicinales más antiguas utilizadas por la humanidad. Su origen se remonta a África y la Península Arábiga, desde donde se difundió hacia Asia y Europa a través de rutas comerciales antiguas (Surjushe *et al.*, 2008).

Desde el Antiguo Egipto, la sábila fue conocida como la “planta de la inmortalidad”, utilizada en rituales funerarios, cosmética y medicina. El papiro Ebers (alrededor del 1550 a. C.) ya documentaba su uso en tratamientos para quemaduras y heridas. Igualmente, se ha registrado que personajes históricos como Nefertiti y Cleopatra empleaban gel de sábila como parte de sus rutinas de belleza (Surjushe *et al.*, 2008).

Durante la Grecia clásica, médicos como Dioscórides y Galeno recomendaron su uso para tratar úlceras, infecciones de la piel y trastornos digestivos. Más adelante, Plinio el Viejo en su *Historia Natural* destacó sus propiedades purgantes y regenerativas (Lamberts, 2021).

En la Edad Media y la expansión europea, los árabes, españoles y jesuitas contribuyeron a su propagación por el continente americano. Cristóbal Colón la llevó en sus viajes por el Nuevo Mundo como parte del botiquín para su tripulación. Incluso se dice que Alejandro Magno conquistó la isla de Socotra para abastecer a sus soldados de *Aloe vera* para curar sus heridas (Lamberts, 2021).

4.2.1. Morfología de la planta de sábila

La sábila, conocida científicamente como *Aloe vera* (L.) Burm.f. y también identificada como *Aloe barbadensis* Miller, es una planta perenne suculenta ampliamente cultivada por sus propiedades medicinales, cosméticas y agroindustriales. Morfológicamente, pertenece a la familia Asphodelaceae y al orden Asparagales. Es originaria de regiones semiáridas del norte de África y se ha naturalizado en diversas partes del mundo, incluyendo América Latina (Vásquez Piña, 2002).

A. Descripción general

La planta presenta un hábito de crecimiento en roseta basal, de la cual emergen entre 12 a 20 hojas carnosas de color verde claro o glauco. En condiciones óptimas, las hojas pueden alcanzar entre 30 a 60 cm de largo y de 5 a 10 cm de ancho, dependiendo de factores agroecológicos y del tipo de manejo agronómico (Molero-Paredes & Viloria, 2020).

Carece de un tallo verdadero visible, siendo su crecimiento acaulescente. Desde la base surgen hijuelos o brotes laterales que le permiten una propagación vegetativa natural, útil tanto para la regeneración del cultivo como para la multiplicación comercial (Vásquez Piña, 2002; Garro Monge, 2004).

B. Sistema radicular

La raíz de *Aloe vera* es fasciculada y superficial. Se caracteriza por su capacidad de absorber humedad en suelos de baja retención hídrica. Estudios como el de Silva et al. (2014) evidencian la existencia de asociaciones micorrízicas que optimizan la absorción de fósforo y otros nutrientes esenciales en condiciones de estrés hídrico.

C. Hojas: estructura y fisiología

Cada hoja es triangular, alargada y de bordes aserrados con espinas de aproximadamente 2 mm. Están formadas por tres capas bien diferenciadas:

1. **Epidermis externa:** recubierta por una cutícula cerosa que reduce la pérdida de agua por transpiración.
2. **Células secretoras de látex** (acíbar): ubicadas justo debajo de la epidermis, segregan una sustancia amarga de color amarillento rica en

antraquinonas, especialmente aloína.

Parénquima central: también denominado "gel", compuesto por polisacáridos, aminoácidos, enzimas, vitaminas y un 98 % de agua. Es la parte más utilizada con fines terapéuticos y cosméticos (Garro Monge, 2004; Vásquez Piña, 2002).

Esta disposición anatómica permite que *Aloe vera* realice un metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM), una adaptación que le permite cerrar estomas durante el día para minimizar la transpiración y abrirlos por la noche para captar CO₂, lo cual es típico en plantas xerofíticas (Silva et al., 2014).

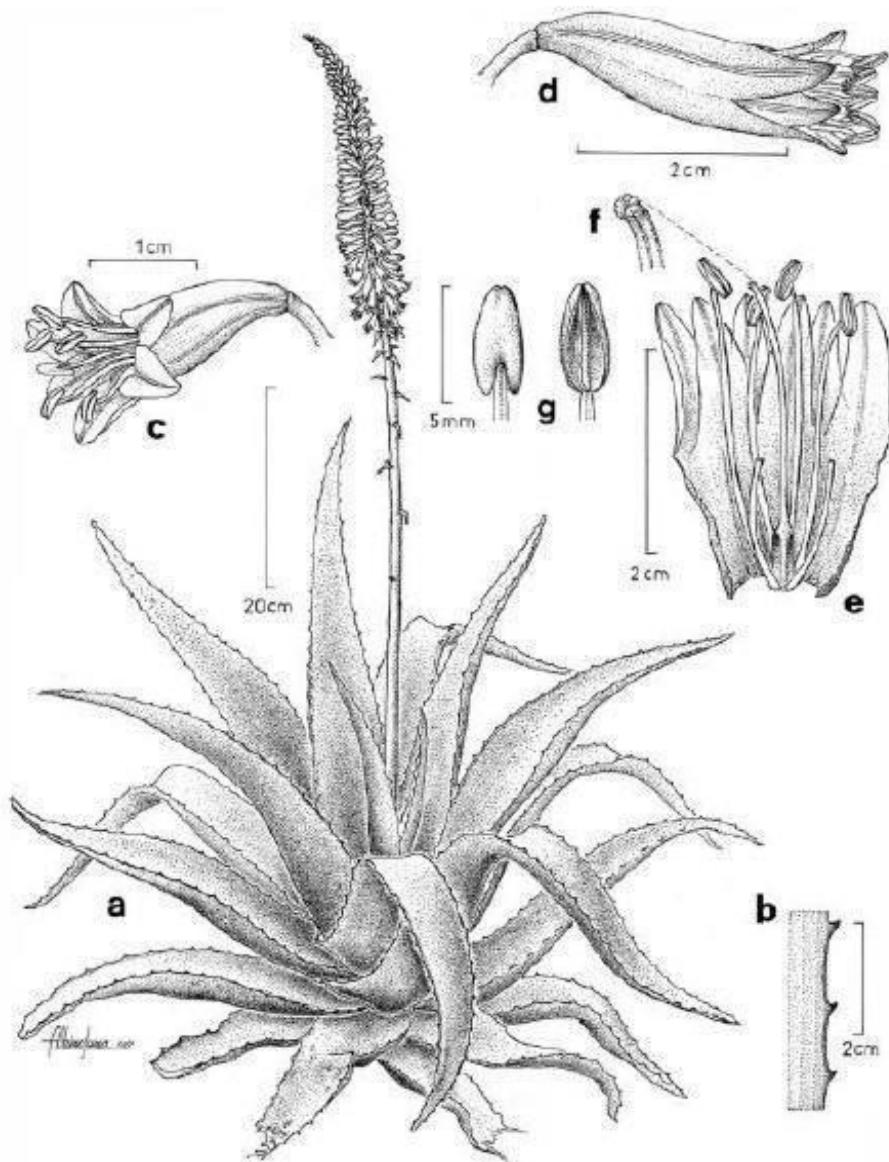
D. Inflorescencia y reproducción

En estado adulto (3 a 4 años), la planta desarrolla un escapo floral central que puede alcanzar hasta 100 cm de altura. La inflorescencia es una espiga con flores tubulares de color amarillo o anaranjado, y una cápsula como fruto que contiene semillas pequeñas (Molero-Paredes & Viloria, 2020). Sin embargo, en la producción comercial, la propagación se realiza por hijuelos, lo que asegura uniformidad genética y mayor eficiencia productiva (Vásquez Piña, 2002).

E. Importancia agronómica de la morfología

Las características morfológicas de *Aloe vera* son determinantes para el rendimiento productivo. Variables como el número de hojas, su longitud, el peso fresco y el contenido de gel son comúnmente utilizadas en investigaciones para evaluar el efecto de fertilizantes y sustratos sobre su desarrollo, como ocurre en estudios realizados bajo condiciones controladas (Molero-Paredes & Viloria, 2020). Asimismo, el estado de las raíces contráctiles y el desarrollo foliar permiten predecir la adaptabilidad del cultivo a distintos suelos y clima.

Morfología de la planta de *Aloe vera*



- a. Hábito. -b. Detalle del margen de la hoja. -c. y -d. Flor. -e. Flor mostrando androceo y gineceo. -f. Detalle del estigma. -g. Antera

Fuente: Sanchez-Ken, Gabriel. (2010).

https://www.researchgate.net/figure/Aloe-vera-a-Habito-b-Detalle-del-margen-de-la-hoja-c-y-d-Flor-e-Flor-fig1_216393056

4.3. Clasificación botánica.

Según clasificación de Arthur Cronquis: Actualizado por (Ampuero 2005)

| | | |
|----------|---|----------------------------|
| Reino | : | Plantae |
| División | : | Magnoliophyta |
| Clase | : | Liliopsida |
| Orden | : | Liliales |
| Familia | : | Liliaceae |
| Género | : | <i>Aloe</i> |
| Especie | : | <u><i>Aloe vera L.</i></u> |

Nombre común: Sábila.

4.3.1. Partes de la planta de sábila.

A. Raíz

La raíz de la sábila es fasciculada, fibrosa y poco profunda. Generalmente se encuentra cerca de la superficie del suelo, lo cual facilita su adaptación a ambientes secos, ya que puede aprovechar la humedad superficial. Esta estructura cumple funciones importantes de anclaje, absorción de agua y nutrientes, y en condiciones óptimas puede generar raíces contráctiles que ayudan al mejor desarrollo de la planta en suelos arenosos o sueltos (Vásquez Piña, 2002; Ramírez *et al.*, 2021).

B. Tallo

El tallo es muy corto y está reducido, de forma que no se eleva por encima del suelo, lo que permite que las hojas se dispongan en forma de roseta basal. Este tallo es difícilmente visible, pero cumple un rol de sostén para las hojas y constituye el punto de crecimiento de la planta (Reynolds, 2004).

C. Hojas

Las hojas son la parte más característica y aprovechada de la sábila. Son carnosas, lanceoladas, dispuestas en roseta, con márgenes dentados por espinas pequeñas y duras. Poseen una epidermis cerosa que reduce

la transpiración y ayuda a conservar agua. Internamente, cada hoja se divide en tres capas:

- La cutícula o epidermis externa, protectora.
- El látex o acíbar, una savia amarilla amarga que contiene aloína, con propiedades laxantes.
- El gel o pulpa, una sustancia mucilaginosa, rica en polisacáridos, vitaminas y aminoácidos, de gran valor medicinal y cosmético (Eshun & He, 2004; Boudreau & Beland, 2006).

D. Inflorescencia y flor

La planta desarrolla una inflorescencia en racimo o espiga, que emerge del centro de la roseta. Las flores son tubulares, hermafroditas, de color amarillo o anaranjado, dependiendo de la variedad, y son polinizadas principalmente por abejas. La floración ocurre una vez que la planta ha alcanzado su madurez fisiológica (alrededor de los 3 años) (Reynolds, 2004; Vinson *et al.*, 2005).

E. Fruto y semilla

El fruto es una cápsula alargada, trilocular, que al madurar se abre para liberar las semillas. Las semillas son planas, negras y aladas, pero la reproducción natural más común en cultivo es a través de hijuelos (propagación vegetativa) (Ramachandra & Srinivasa, 2008).

4.3.2. Especies de sábila *Aloe vera*

El género *Aloe* comprende alrededor de 500 especies suculentas, pertenecientes a la familia Asphodelaceae, muchas de las cuales presentan propiedades medicinales, ornamentales y cosméticas. De todas ellas, la especie *Aloe vera* es la más conocida y utilizada a nivel mundial debido a su alta concentración de compuestos bioactivos y su facilidad de cultivo en condiciones semiáridas y tropicales (Reynolds, 2004; Ramachandra & Srinivasa, 2008).

A. *Aloe vera* (L.) Burm.f.

También conocida como *Aloe barbadensis* Miller, es la especie más cultivada a nivel comercial. Se caracteriza por sus hojas gruesas, suculentas, con márgenes espinosos y un gel interior de alto valor medicinal. Esta especie ha sido domesticada por sus propiedades curativas, cicatrizantes, hidratantes y digestivas. Es originaria del norte de África, pero se ha adaptado en zonas de América, Asia y Europa (Boudreau & Beland, 2006).

B. Otras especies destacadas del género *Aloe*

Aunque el término “sábila” suele usarse como sinónimo de *Aloe vera*, existen otras especies del género *Aloe* con importancia botánica, agrícola y farmacológica. Entre las más relevantes destacan:

| Especie | Nombre común | Uso principal |
|-------------------------|----------------------|---|
| <i>Aloe ferox</i> | Aloe del Cabo | Producción de acíbar; más amargo que el de <i>A. vera</i> |
| <i>Aloe arborescens</i> | Aloe candelabro | Ornamental, uso terapéutico alternativo |
| <i>Aloe perryi</i> | Aloe de Socotra | Rica en aloína; usada tradicionalmente en Yemen |
| <i>Aloe chinensis</i> | Aloe chino | Usada en medicina tradicional oriental |
| <i>Aloe saponaria</i> | Aloe jabonoso | Cosmético, medicinal y ornamental |
| <i>Aloe brevifolia</i> | Aloe de hojas cortas | Uso decorativo y en jardinería |

Fuente: Molero-Paredes & Viloria, 2020

Estas especies pueden diferenciarse por sus características morfológicas (tamaño, coloración, floración), contenido químico, hábitat y tolerancia a distintas condiciones edafoclimáticas. No todas producen gel apto para consumo o uso medicinal, y muchas de ellas están sujetas a regulaciones de conservación debido a su vulnerabilidad ecológica (Newton, 2001; Molero-Paredes & Viloria, 2020).

C. Importancia de la identificación taxonómica

La diferenciación correcta entre especies es vital para el manejo agronómico, ya que no todas presentan los mismos niveles de aloína, acemanano o compuestos bioactivos. *Aloe vera* es la más inocua y ampliamente estudiada para uso farmacéutico y alimentario, mientras que

especies como *A. ferox* requieren un procesamiento más cuidadoso debido a su contenido más alto de compuestos antraquinónicos (Vinson *et al.*, 2005; Eshun & He, 2004).

Manejo agronómico del cultivo *Aloe vera*

El manejo agronómico es el conjunto de prácticas destinadas a optimizar el desarrollo, productividad y sostenibilidad de un cultivo. En la sábila (*Aloe vera* L.), planta suculenta de importancia medicinal e industrial, el adecuado manejo del suelo, la fertilización, el riego, el control fitosanitario y la cosecha permiten obtener un rendimiento elevado y sostenible. Este cultivo puede desarrollarse eficientemente en climas cálidos y secos, con altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 2,000 m.

Esta especie se adapta mejor a suelos ligeros y bien drenados, con textura franca o franca-arenosa, y requiere temperaturas entre 20 °C y 30 °C para su desarrollo óptimo. Presenta tolerancia a la sequía, pero no a las heladas ni al exceso de humedad (FAO, 2018).

Propagación

La propagación de la sábila se realiza principalmente mediante hijuelos que emergen en la base de la planta madre. Este método vegetativo asegura uniformidad genética y facilidad de adaptación al campo. Los hijuelos deben tener al menos 15 cm de altura y tres hojas bien formadas para ser trasplantados con éxito (Palacios, 2017).

Preparación del terreno y siembra

La preparación del terreno incluye una labranza profunda de 20 a 30 cm para facilitar el desarrollo radicular, seguida de una nivelación superficial para favorecer la infiltración de agua. Se recomienda enriquecer el suelo con materia orgánica como compost o estiércol de cuy a razón de 5 a 10 toneladas por hectárea. El espaciamiento ideal entre plantas es de 0.80 metros entre plantas y 1.0 metro entre surcos, permitiendo una adecuada aireación y eficiencia en las labores culturales (Lozano y Vásconez, 2015).

Fertilización

La sábila responde positivamente tanto a la fertilización orgánica como a la inorgánica. La aplicación de compost, humus de lombriz o estiércol mejora la estructura del suelo, aporta nutrientes y promueve la actividad microbiana. Estudios recientes han demostrado que el uso combinado de fertilizantes orgánicos e inorgánicos mejora el rendimiento foliar, el peso fresco de las hojas y la eficiencia en el uso de nutrientes.

Un ensayo realizado con vermicompost y Azotobacter, junto con el 50 % de la dosis química recomendada de NPK, mostró un incremento significativo en el número y peso de hojas respecto a tratamientos con fertilizantes químicos solos (Ahmad et al., 2016). Del mismo modo, la incorporación de virutas de sábila compostadas como sustrato orgánico ha mejorado el desarrollo radicular y el crecimiento vegetativo en condiciones de campo (Jaramillo, 2024).

Según las recomendaciones de la FAO, las dosis óptimas de fertilización inorgánica para sábila en campo son de 80–150 kg/ha de nitrógeno (N), 50–80 kg/ha de fósforo (P_2O_5) y 50–100 kg/ha de potasio (K_2O), distribuidas en forma fraccionada (FAO, 2018).

Riego

Aunque la sábila es una planta tolerante a la sequía por su naturaleza suculenta, requiere riegos complementarios en etapas críticas de desarrollo o en períodos prolongados sin precipitaciones. Se recomienda el riego por goteo o por surcos, con una frecuencia de 10 a 15 días, dependiendo de la evapotranspiración del cultivo y la textura del suelo.

El exceso de agua puede favorecer la aparición de enfermedades radiculares como la pudrición del cuello, por lo que debe evitarse el encharcamiento (Hasanuzzaman et al., 2008).

Control de malezas, plagas y enfermedades

El manejo fitosanitario en el cultivo de sábila (*Aloe vera L.*) es fundamental para garantizar su productividad y calidad. El control de malezas debe realizarse de forma mecánica o manual, especialmente después de las lluvias, ya que el uso de herbicidas no está recomendado por el riesgo de dañar la planta. En cultivos extensivos, se puede emplear acolchado orgánico con residuos vegetales o plásticos negros, lo cual ayuda a conservar la humedad

del suelo y reduce el crecimiento de malezas sin recurrir a químicos (MolCE, 2020; Santos, 1995, citado en Cristiano *et al.*, 2016).

En cuanto a plagas, aunque la sábila es resistente por su contenido en compuestos bioactivos, puede ser atacada por cochinilla algodonosa (*Dactylopius coccus*), áfidos, trips (*Thrips tabaci*) y escamas. Estas plagas succionan la savia y debilitan la planta, generando deformaciones en las hojas y producción de melaza, lo cual favorece el desarrollo de hongos saprófitos como el moho negro. Para su control, se recomienda el uso de extractos naturales como aceite de neem, jabón potásico o soluciones acuosas con alcohol. En casos severos, se puede emplear control biológico con insectos benéficos como crisopas o mariquitas (Wikifarmer, 2024).

Respecto a enfermedades, las más comunes en sábila son las manchas foliares causadas por *Alternaria alternata* y *Fusarium solani*, así como la pudrición del cuello o basal asociada a condiciones de exceso de humedad y deficiente drenaje. Estas afecciones provocan necrosis foliar y pérdida de tejido, reduciendo la calidad comercial del cultivo. El control preventivo incluye el uso de herramientas desinfectadas, evitar el riego por aspersión, mejorar la ventilación y aplicar fungicidas naturales como el azufre o bicarbonato de sodio en solución foliar (MolCE, 2020).

Una plaga especialmente destructiva es el ácaro del aloe (*Aceria aloinis*), conocido por inducir formaciones tumorales llamadas “cáncer del aloe” o agallas. Estos daños son irreversibles y comprometen totalmente la producción de la hoja. El control implica la eliminación inmediata de plantas infestadas, y en algunos casos, el uso controlado de acaricidas como abamectina o productos a base de azufre (UCNFA, 2010).

El enfoque más adecuado para el manejo sanitario de *Aloe vera* es el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE), el cual combina prácticas culturales, biológicas y físicas para minimizar el uso de agroquímicos y conservar la salud del ecosistema del cultivo (Wikifarmer, 2024).

Cosecha

La cosecha de la sábila se inicia entre los 8 y 10 meses después del

trasplante, recolectando las hojas más externas y maduras. Se recomienda realizar cortes limpios en la base foliar para evitar daños a la planta y permitir su regeneración.

En condiciones adecuadas de manejo, una planta puede producir entre 8 y 12 pencas al año, con un peso promedio de 800 a 1,200 gramos por hoja (Lozano y Vásquez, 2015).

Requerimientos edafoclimáticos.

Arancibia (2016) menciona lo siguiente:

- a. **Suelo.** - Puede crecer bien en suelos con poca fertilidad y materia orgánica. La profundidad de suelo mínima necesaria es de 50 cm, ya que sus raíces son superficiales.
- b. **Clima.** - Puede crecer bien en zonas con temperatura que fluctúe de 15 a 25 grados, la humedad relativa de 60 a 80 % y precipitaciones de lleguen hasta 120 mm
- c. **Altitud.** - Se adapta a alturas de 0-1.500 metros sobre el nivel del mar, pudiendo llegar incluso hasta los 2.500 m.
- d. **Riego.** - Al ser una planta suculenta es muy resistente a la falta de agua y en general a la sequía, pero al igual que la tuna es necesario regar para obtener altos rendimientos y hojas de calidad.
- e. **pH.** - El *Aloe vera* requiere de suelos cuyo pH sea ligeramente ácido como también alcalino neutro (Cholota, 2013).
- f. **Requerimiento nutricional.** - Necesitan de diecisésis elementos químicos esenciales para su metabolismo, crecimiento y desarrollo que, satisfacen tres necesidades: a) en ausencia de un elemento nutritivo, una planta sería incapaz de completar su ciclo de vida; b) la función del elemento no puede realizarla otro elemento y c) el elemento debe realizar una función metabólica específica dentro de la planta. El carbono (C), el hidrógeno (H) y el oxígeno (O) constituyen cerca de 95% del peso seco de una planta y se transforman en carbohidratos, mediante la fotosíntesis, la cual se realiza en los cloroplastos de las células, utilizando la luz como fuente de energía (Zúñiga, 2013).

Los catorce elementos restantes representan entre 3 y 5% del peso seco

de una planta y se clasifican en macro y micronutrientes. El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K), son los elementos primarios; el calcio (Ca), el magnesio (Mg) y Azufre, (S) son los elementos secundarios: los elementos hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (Bo) y molibdeno (M) son los micro elementos. El fertilizante puede aplicarse en banda o al boleo, incorporando directamente al suelo y cerca de las raíces de la planta. Para obtener 150 t/ha de sábila comercial, se requiere el nivel de fertilización 299.2 hk de N, 69.3 kg de P2O5 y 578.7 kg de K2O (INIFAP, 2013)

(CONACYT, 2007), indica, con la incorporación del estiércol, residuos de cosecha de plantas cultivadas, es posible lograrlo, la productividad de los cultivos, ya que, al incorporarse con el suelo, inician su descomposición por la acción de los microorganismos presentes. Al descomponerse, actúan como mejoradores físicas y químicas y permiten que los nutrientes puedan ser asimilados, a la vez que se retiene una mayor humedad en el suelo. Una de las alternativas de utilización en la agricultura como abono orgánico lo constituye el compost, que es el producto.

4.4. Beneficios de la sábila (*Aloe vera*)

El *Aloe vera L.*, también conocida como sábila, es una planta suculenta reconocida mundialmente por sus múltiples propiedades medicinales, cosméticas, agroindustriales y ecológicas. Su uso se remonta a civilizaciones antiguas como la egipcia, griega, china y mesoamericana, que ya aprovechaban su gel por sus efectos cicatrizantes, hidratantes y antiinflamatorios. En la actualidad, la sábila representa un cultivo estratégico tanto en sistemas agrícolas tradicionales como tecnificados por su alta demanda en las industrias farmacéutica, cosmética, alimentaria y agrícola.

Desde el punto de vista **medicinal**, el gel de sábila contiene más de 75 compuestos bioactivos, entre ellos polisacáridos (como el acemanano), vitaminas (A, C, E y del complejo B), minerales (zinc, calcio, magnesio, etc.), enzimas y aminoácidos esenciales. Estos compuestos le otorgan propiedades antibacterianas, antifúngicas, antivirales, cicatrizantes, inmunomoduladoras y laxantes suaves. Su aplicación tópica es ampliamente utilizada para el tratamiento de quemaduras, heridas, psoriasis y dermatitis, mientras que su consumo oral ha sido vinculado a la mejora del tránsito intestinal, el control

glucémico y el fortalecimiento del sistema inmune (Reynolds y Dweck, 1999).

En el ámbito **cosmético**, el gel de sábila es valorado por su capacidad hidratante, regeneradora y antioxidante. Se emplea como ingrediente base en la elaboración de cremas, champús, jabones, lociones y protectores solares. Su acción sobre la piel favorece la cicatrización, atenúa manchas, disminuye la irritación y promueve la síntesis de colágeno y elastina, contribuyendo al mantenimiento de una piel sana y rejuvenecida (Vázquez *et al.*, 2015).

En cuanto a los **beneficios agroindustriales**, el *Aloe vera* puede utilizarse como materia prima para la fabricación de bioinsumos, extractos vegetales con acción insecticida y bioestimulante, así como en la elaboración de bebidas nutracéuticas, jugos y cápsulas de gel liofilizado. Además, por su bajo requerimiento hídrico y tolerancia a suelos marginales, constituye una alternativa de diversificación productiva en zonas áridas y semiáridas (Rodríguez *et al.*, 2016).

Finalmente, la sábila presenta un valor **ecológico** relevante, ya que su cultivo contribuye a la conservación del suelo al reducir la erosión y mejorar su cobertura, además de requerir poca agua para su desarrollo. Esta característica la convierte en una planta ideal para la reforestación de áreas degradadas, prácticas de agricultura sostenible y adaptación al cambio climático en zonas vulnerables (FAO, 2018).

4.4.1. Propiedades nutricionales y funcionales del *Aloe vera*.

El gel de *Aloe vera*, extraído del tejido parenquimatoso interior de sus hojas, está compuesto en un 98–99 % por agua. El 1–2 % restante contiene una rica combinación de compuestos activos, incluyendo más de 75 nutrientes y alrededor de 200 metabolitos secundarios, entre ellos polisacáridos, aminoácidos, enzimas, vitaminas, minerales y antraquinonas (Reynolds & Dweck, 1999).

En cuanto a su valor nutricional, el gel contiene vitaminas hidrosolubles como la vitamina C y las del complejo B (B1, B2, B6, B12), así como vitaminas liposolubles como la A y E. También aporta minerales esenciales como calcio, magnesio, zinc, potasio, hierro y sodio, que cumplen funciones claves en procesos metabólicos y enzimáticos del organismo humano (Rodríguez, Pérez

& Torres, 2016).

Además, contiene al menos 18 aminoácidos, incluyendo varios esenciales como lisina, leucina y valina, lo cual contribuye a la regeneración celular y al mantenimiento de tejidos. Junto con ello, el gel posee enzimas como la amilasa, lipasa, bradiquinasa y catalasa, que participan en procesos digestivos y muestran efectos antiinflamatorios a nivel tópico y sistémico (Hamman, 2008).

Desde el punto de vista funcional, el *Aloe vera* es fuente del polisacárido acemannan, un glucomanano acetilado con actividad inmunomoduladora, antiinflamatoria y prebiótica. Este compuesto estimula la fagocitosis, mejora la absorción intestinal y contribuye a la regeneración del epitelio gástrico (Radha & Laxmipriya, 2015).

Asimismo, los compuestos fenólicos como la aloína y la emodina ambas antraquinonas presentes principalmente en la capa peridérmica presentan actividades antioxidantes, antimicrobianas y laxantes suaves. Estos compuestos contribuyen a neutralizar los radicales libres y prevenir el daño oxidativo en tejidos (Vázquez, Avila, Segura & Escalante, 2015).

Por estas razones, el *Aloe vera* es ampliamente utilizado en la industria nutracéutica, farmacéutica y cosmética, en productos orientados al cuidado digestivo, la mejora del sistema inmune y la protección de la piel (Jaramillo, 2024).

Abono

El abono es un componente clave en el manejo agronómico de la sábila (*Aloe vera* L.), ya que aporta los nutrientes esenciales que la planta requiere para su óptimo crecimiento, rendimiento y producción de metabolitos secundarios como el gel y la aloína. La sábila responde favorablemente tanto a fertilizantes orgánicos como inorgánicos, sin embargo, el uso de abonos orgánicos ha demostrado ventajas significativas en términos de sostenibilidad, salud del suelo y calidad del cultivo (Kumar *et al.*, 2021).

Entre los abonos orgánicos más recomendados se encuentran el estiércol de animales (como el de cuy, vacuno o gallinaza), el compost y el humus de lombriz. Estos materiales mejoran la estructura del suelo, incrementan su capacidad de retención de agua y liberan nutrientes de forma gradual, lo que

reduce la lixiviación y mejora la eficiencia en la absorción por parte de la planta (Siddiqui *et al.*, 2022).

Estudios recientes han evidenciado que la aplicación de vermicompost, combinada con biofertilizantes como *Azotobacter* y *Phosphobacteria*, incrementa significativamente el número de hojas, el peso fresco y seco, y el contenido de gel en *Aloe vera* en comparación con tratamientos exclusivamente químicos. Además, estas prácticas contribuyen a la actividad microbiana del suelo y a la regeneración natural de nutrientes (Ahmad *et al.*, 2016).

La aplicación recomendada de abono orgánico varía entre 5 y 10 toneladas por hectárea para estiércoles bien compostados, distribuidos antes de la siembra o trasplante. Cuando se utiliza fertilización inorgánica, se sugiere una dosis base de 80–150 kg/ha de nitrógeno (N), 50–80 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 50–100 kg/ha de potasio (K₂O), aplicados de forma fraccionada para maximizar su absorción (FAO, 2018).

El enfoque actual se dirige hacia el uso de fertilización integrada, que combina abonos orgánicos, biofertilizantes y dosis reducidas de químicos, lo cual permite mantener la productividad del cultivo, disminuir el impacto ambiental y fomentar la agricultura ecológica (Kumar *et al.*, 2021).

Estiércol.

El estiércol es un abono orgánico tradicionalmente utilizado en la agricultura por su alto contenido en materia orgánica y nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio. En el cultivo de sábila (*Aloe vera* L.), su aplicación mejora la estructura física del suelo, favorece la retención de humedad, incrementa la actividad biológica y promueve el crecimiento vegetal. El uso de estiércol compostado es preferible, ya que reduce la carga de patógenos, semillas de malezas y compuestos fitotóxicos (González *et al.*, 2019).

El estiércol de cuy ha ganado relevancia como alternativa eficiente, especialmente en zonas altoandinas, por su alta concentración de nitrógeno y su rápida descomposición. En comparación con el estiércol vacuno o de ave, el de cuy ofrece una relación carbono/nitrógeno equilibrada que facilita la disponibilidad de nutrientes en el suelo, especialmente durante las primeras

etapas de desarrollo de la sábila (Torres *et al.*, 2020).

Diversos estudios han demostrado que la aplicación de estiércol en dosis de 5 a 10 toneladas por hectárea mejora el crecimiento de la planta, incrementa el número de hojas, la biomasa foliar y el contenido de gel. Además, su efecto residual prolongado reduce la necesidad de fertilización química adicional y disminuye la huella ambiental del cultivo (Kumar *et al.*, 2021).

El manejo adecuado del estiércol implica su compostaje durante al menos 30 a 60 días antes de su incorporación al campo. Esto garantiza una mineralización eficiente de los nutrientes y evita el riesgo de quemaduras radiculares por exceso de amoníaco o sales. Su combinación con otros sustratos, como turba o fibra de coco, puede potenciar sus beneficios agronómicos (FAO, 2018).

Fertilizante

El uso de fertilizantes en el cultivo de *Aloe vera* es esencial para garantizar un adecuado desarrollo vegetativo, aumentar el rendimiento de hojas y maximizar la producción de gel, principio activo de gran valor comercial. Los fertilizantes aportan macro y micronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn), esenciales para el metabolismo de la planta (FAO, 2018).

Entre los fertilizantes inorgánicos más utilizados en sábila destacan el nitrato de amonio, el fosfato diamónico y el cloruro de potasio, aplicados en dosis fraccionadas para evitar pérdidas por lixiviación. La dosis recomendada, según estudios realizados en campo, oscila entre 80 y 150 kg/ha de N, 50–80 kg/ha de P₂O₅ y 50–100 kg/ha de K₂O, distribuidos en tres aplicaciones: tras el trasplante, a los 3 meses y a los 6 meses (Ahmad *et al.*, 2016).

Sin embargo, el uso exclusivo de fertilizantes químicos puede degradar la estructura del suelo y reducir su actividad biológica a largo plazo. Por ello, se promueve el uso de fertilización integrada, que combina abonos orgánicos (como compost o estiércol) con fertilizantes minerales en dosis reducidas, lo cual mejora la eficiencia en el uso de nutrientes y reduce el impacto ambiental (Kumar *et al.*, 2021).

La combinación de fertilizante químico con biofertilizantes como

Azotobacter o *Bacillus subtilis* ha demostrado ser eficaz en incrementar el peso foliar, el número de pencas y el contenido de mucílago, especialmente en suelos con baja fertilidad inicial (Siddiqui *et al.*, 2022).

Una fertilización equilibrada debe ir acompañada de análisis del suelo previos a la siembra, para ajustar las dosis con base en la disponibilidad de nutrientes y las necesidades específicas del cultivo. Además, prácticas complementarias como el riego eficiente y el control de malezas mejora la absorción de fertilizantes por parte de la sábila (González *et al.*, 2019).

Macronutrientes esenciales: Nitrógeno, Fósforo y Potasio

El crecimiento y productividad del cultivo de *Aloe vera* dependen en gran medida de un adecuado suministro de macronutrientes esenciales, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K). Estos elementos son fundamentales para el desarrollo foliar, la acumulación de gel, la resistencia al estrés y la calidad del producto final (FAO, 2018).

Nitrógeno (N): Este elemento es crucial para la síntesis de proteínas, clorofila y enzimas, promoviendo un crecimiento vegetativo vigoroso. En sábila, el nitrógeno aumenta el número de hojas y el contenido de gel. Sin embargo, su exceso puede inducir un crecimiento desequilibrado y aumentar la susceptibilidad a enfermedades. Se recomienda una aplicación de 80 a 150 kg/ha de nitrógeno en dosis fraccionadas a lo largo del ciclo del cultivo (Ahmad *et al.*, 2016).

Fósforo (P): Es esencial en la formación de raíces, transferencia de energía (ATP) y maduración celular. En *Aloe vera*, el fósforo mejora la formación de raíces adventicias y fortalece la estructura de la planta, lo que es crucial durante la etapa de establecimiento. Una dosis promedio recomendada está entre 50 y 80 kg/ha de P_2O_5 (Kumar *et al.*, 2021).

Potasio (K): Este nutriente favorece la regulación osmótica, el transporte de nutrientes y la síntesis de compuestos secundarios como los mucílagos y aloína. Su aplicación aumenta el grosor de las hojas, mejora la resistencia a la sequía y prolonga la vida postcosecha. En sábila, se recomiendan dosis de 50 a 100 kg/ha de K_2O , en combinación con nitrógeno y fósforo (Siddiqui *et al.*, 2022).

Para obtener resultados óptimos, es indispensable realizar un análisis del suelo antes de aplicar fertilizantes, ajustar las dosis según la disponibilidad nutricional y monitorear los síntomas de deficiencia o toxicidad. Una fertilización balanceada, adaptada a las condiciones locales, contribuye no solo a mejorar el rendimiento del cultivo, sino también a su sostenibilidad (FAO, 2018).

4.4.2. Turba

La turba es un abono orgánico ampliamente utilizado en la horticultura debido a su alta capacidad de retención de agua, buena aireación y contenido en materia orgánica. Está compuesta principalmente por restos vegetales parcialmente descompuestos, acumulados en condiciones de anegamiento y baja oxigenación. Su estructura porosa y pH moderadamente ácido favorecen la germinación, el enraizamiento y el desarrollo inicial de diversas especies, incluyendo *Aloe vera* (Raviv *et al.*, 2002).

En el cultivo de sábila, la turba ha demostrado mejorar significativamente las propiedades físicas del suelo, aligerando su textura y facilitando el desarrollo radicular. También contribuye a mantener la humedad durante períodos secos, aspecto clave para una planta suculenta como la sábila, que aunque tolera la sequía, responde mejor a condiciones de humedad moderada y constante (Bachman & Metzger, 2008).

Estudios recientes señalan que la mezcla de turba con perlita o vermiculita mejora aún más la estructura del sustrato, potenciando la aireación sin comprometer la retención de agua. Cuando se utiliza en combinación con fertilización orgánica, como compost o humus de lombriz, se observa una mejora notable en el crecimiento foliar y el contenido de gel en *Aloe vera*, lo que impacta directamente en su rendimiento comercial (Abad *et al.*, 2001).

Si bien la turba es efectiva, su uso extensivo plantea preocupaciones ambientales debido a que proviene de ecosistemas frágiles como los humedales. Por esta razón, actualmente se promueve su uso racional o su reemplazo parcial con alternativas sostenibles como compost, fibra de coco o sustratos reciclados (Schmilewski, 2009).

4.4.3. Estiércol de cuy

El estiércol de cuy es una fuente importante de materia orgánica utilizada en sistemas agrícolas de pequeña y mediana escala, especialmente en regiones andinas. Se caracteriza por su alta concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, así como una buena proporción de materia seca, lo que favorece su rápida descomposición y mineralización en el suelo (Salazar *et al.*, 2021).

En el cultivo de *Aloe vera*, el uso de estiércol de cuy como fertilizante orgánico mejora significativamente la fertilidad del suelo, promueve el desarrollo radicular y aumenta el rendimiento foliar. Este efecto se debe a la mejora en la estructura del suelo, el aumento de la capacidad de retención de agua y la estimulación de la actividad microbiana, elementos fundamentales para el desarrollo óptimo de una planta suculenta (Flores & Morales, 2018).

Estudios realizados en condiciones de campo han demostrado que la aplicación de entre 5 y 10 toneladas por hectárea de estiércol de cuy puede incrementar la biomasa y el contenido de gel de sábila en comparación con suelos no enmendados. Además, su uso continuo mejora el pH de suelos

ácidos y aporta micronutrientes esenciales como calcio, magnesio y zinc (Paucar *et al.*, 2022).

Además de sus beneficios agronómicos, el uso de estiércol de cuy representa una alternativa económica y sostenible para los pequeños productores, al ser un subproducto fácilmente disponible en zonas altoandinas. Esta práctica promueve la agricultura circular y reduce la dependencia de fertilizantes químicos, alineándose con los principios de sostenibilidad agroecológica (Barrera & Ríos, 2019).

4.5. Niveles de fertilización

4.5.1. Urea

Rubi (2021) afirma que el Nitrógeno (N) es el elemento químico que influye directamente en la producción agrícola en forma cuantitativa y cualitativa. Aumenta el área foliar, expansión foliar, grosor de hojas y tasa de fotosíntesis. El suministro de N mejora el proceso fotosintético y en consecuencia, se incrementa la duración del área foliar, tasa de asimilación neta, producción de biomasa y rendimiento.

Las deficiencias de este elemento reducen la producción de materia seca porque, disminuye la radiación interceptada por él dosel vegetal y la eficiencia de conversión de esta energía en biomasa.

El N es absorbido por las plantas principalmente en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Las plantas utilizan estas dos formas en sus procesos de crecimiento. Casi todo el N que absorben se halla en forma de nitrato. Existen dos razones: la primera, el nitrato es móvil en el suelo y se desplaza en el agua hacia las raíces de las plantas, donde es absorbido. Además, el amonio está ligado a la superficie de las partículas del suelo y no se puede mover hacia las raíces.

La segunda, en condiciones adecuadas de temperatura, aireación, humedad y pH del suelo, los microorganismos transforman todas las formas de nitrógeno del suelo en nitrato

4.5.2. Fosfato Di amónico

La fertilización es uno de los factores agronómicos más importantes para asegurar un buen rendimiento en el cultivo de *Aloe vera*. Esta planta, aunque tolerante a suelos marginales y condiciones secas, responde positivamente a la aplicación adecuada de nutrientes, especialmente nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), que inciden directamente en la producción de biomasa foliar, contenido de gel y regeneración de hojas (Kumar et al., 2017).

Estudios han demostrado que la sábila presenta un mejor desarrollo vegetativo cuando se aplica una fertilización equilibrada con fuentes orgánicas e inorgánicas. En condiciones de campo, las dosis recomendadas varían según

el tipo de suelo, pero se ha encontrado que niveles de 100 kg/ha de nitrógeno, 60 kg/ha de fósforo (P_2O_5) y 80 kg/ha de potasio (K_2O) son óptimos para promover un crecimiento vigoroso y mejorar la calidad del gel (FAO, 2018).

Por otro lado, el uso de fertilización orgánica, como compost, humus de lombriz o estiércoles (cuy, ovino o bovino), contribuye a una liberación más lenta y sostenida de nutrientes. Investigaciones indican que el uso de 10 toneladas/ha de compost o 5 toneladas/ha de estiércol de cuy puede ser comparable a dosis moderadas de fertilizantes químicos, con beneficios adicionales para la salud del suelo (Jaramillo, 2024; Flores & Morales, 2018).

También se han realizado ensayos con fertilización mixta, aplicando el 50% de la dosis química combinada con abonos orgánicos, logrando un mayor peso de hojas, mayor número de pencas y un aumento del contenido de aloína en el gel. Este manejo integrado permite reducir el uso de químicos, manteniendo la productividad y promoviendo la sostenibilidad del cultivo (Ahmad *et al.*, 2016).

Finalmente, es fundamental considerar la etapa fenológica de la planta al momento de aplicar fertilizantes. Se recomienda fraccionar la aplicación de nutrientes durante el ciclo vegetativo, iniciando con nitrógeno en la etapa de establecimiento, seguido por fósforo en la fase de crecimiento activo, y potasio hacia la maduración para fortalecer la calidad del producto final (Hasanuzzaman *et al.*, 2008).

4.6. Definición de términos

Abono orgánico: Material de origen natural (restos vegetales, estiércoles, compost) que se incorpora al suelo para mejorar su fertilidad, estructura y capacidad de retención de humedad. Favorece la actividad microbiana y la nutrición vegetal sin afectar negativamente al ambiente (FAO- t), 2017).

Crecimiento vegetativo: Desarrollo físico de la planta en altura, hojas y estructura

Deshierbe: Consiste en retirar plantas no deseadas, conocidas como mala hierba. Estas plantas son retiradas porque pueden ocasionar desventajas en la producción del cultivo.

Estiércol: Es un proceso de compostaje de los desechos de los animales menores.

Fertilización: Proceso de aplicación de nutrientes esenciales a las plantas.

Gel de sábila: Sustancia viscosa interna de la hoja usada para fines medicinales.

Parcela experimental: Permite el estudio dinámico de los procesos erosivos, son esencialmente instrumento del campo que permiten medir la

producción.

Penca: tienen forma de ovoide, elíptica u oblonga alcanzando una longitud de 30-35 cm y 18-25 cm de ancho.

Rendimiento: Cantidad de producto obtenida por unidad de planta o superficie.

Orgánico: Medio natural o artificial que proporciona soporte y nutrientes

Sábila: Es una planta herbácea perenne, que produce grandes estolones y raíces fasciculadas, sus hojas son gruesas y carnosas de color verde estrechamente lanceoladas, se agrupan formando rosetas, son sésiles y envainadoras en la base, enteras y bordes con dientes espinados

Turba: Acumulación de materia orgánica, que corresponde a materia vegetal en distintos estados de degradación bajo condiciones sin oxígeno y de alta saturación de agua.

Riego: Se trata del transporte de agua hasta la parcela ya sea manualmente o con algún material.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

5.1. Aspectos generales de la investigación

5.1.1 Tipo de Investigación

Corresponde a descriptivo experimental porque se usa un diseño experimental para medir la respuesta de las variables y se describe el comportamiento agronómico y productivo de la sábila (*Aloe vera L*)

5.1.2 Ubicación espacial

El siguiente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Ipal en el terreno del agricultor Juan de Dios García Gil a 3 km de la carretera del distrito de Yanatile.

5.1.3 Ubicación política

| | |
|-----------|------------|
| Región | : Cusco |
| Provincia | : Calca |
| Distrito | : Yanatile |
| Localidad | : Ipal |

5.1.4 Ubicación Geográfica

| | |
|----------|---------------------|
| Altitud | : 1357 m |
| Longitud | : 72° 16' 40" oeste |
| Latitud | : 12° 40' 54" sur |

5.1.5 Ubicación Hidrográfica

| | |
|-------------|-----------------|
| Cuenca | : Yanatile |
| Subcuenca | : Paltaybamba |
| Microcuenca | : Monte Salvado |

5.1.5. Ubicación temporal

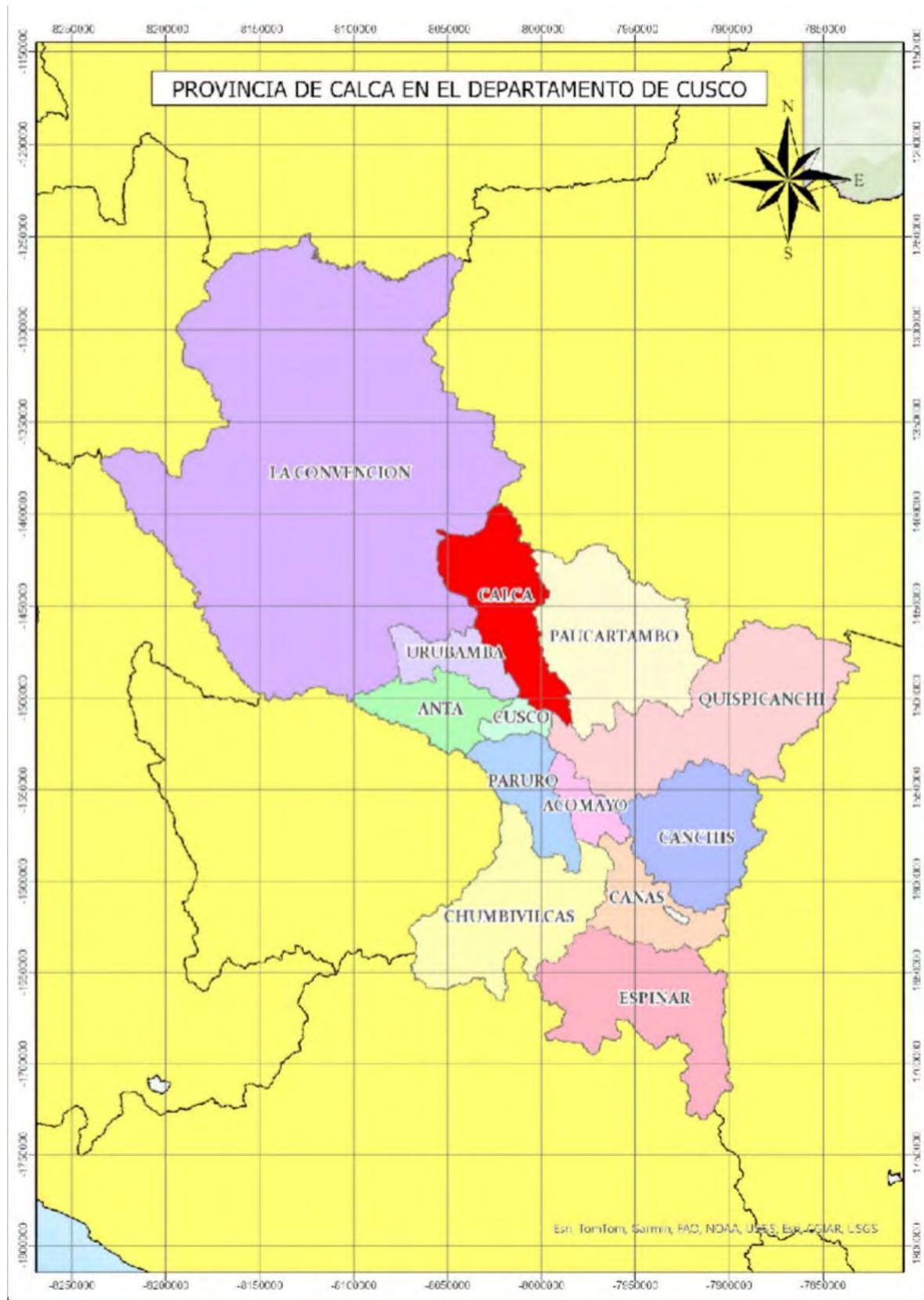
Inicio: Enero del 2022 Instalación del experimento y aplicación de sustratos Orgánicos – Aplicación de Niveles de Fertilización, Urea, Fosfato di amónico.
Final: Junio del 2023 (cosecha)

5.1.6. Ubicación ecológica

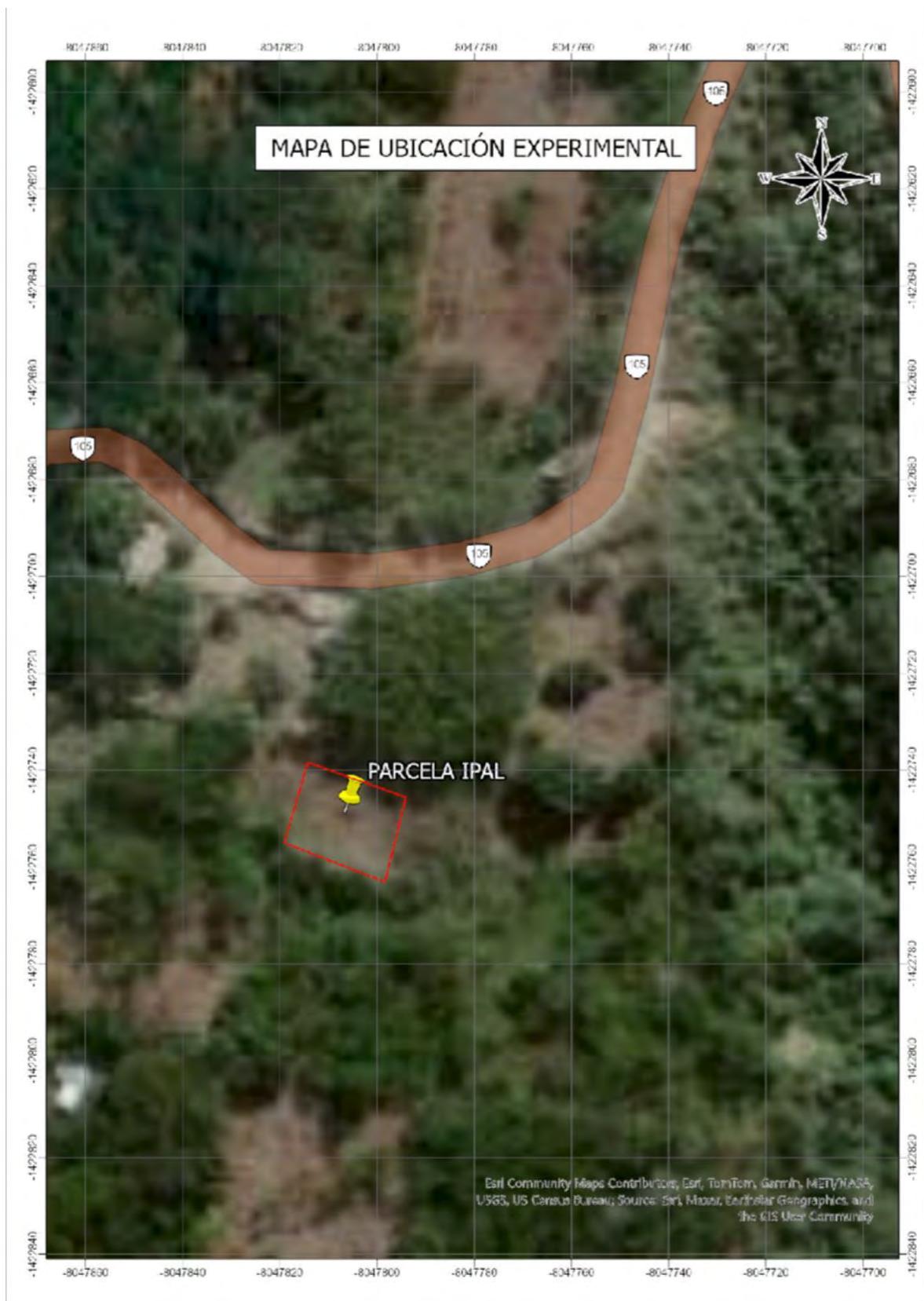
Según Holdridge A, la zona de vida del ámbito de influencia del trabajo de investigación, es bosque húmedo tropical (bmh)



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

5.2. Materiales y Métodos

5.2.1 Insumos agrícolas

- Urea (%) 46 de N
- Fosfato Di amónico (%) 18-46 (N, P2O5)

5.2.2 Abonos orgánicos

- Estiércol de cuy
- Turba

5.2.3 Equipos

- Cámara fotográfica
- Balanza
- Calculadora
- Vernier digital
- Regla milimétrica

5.2.4 Herramientas

- Navaja
- Kjituichi
- Pico

5.2.5 Materiales de gabinete

- Libreta de campo
- Información bibliográfica
- Paquete estadístico

5.2.6 Métodos.

5.2.6.1 Diseño Experimental

Se adoptó para el presente trabajo de investigación el diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con arreglo de factores de 2B x 3A con 6 tratamientos y 4 repeticiones, siendo en 24 unidades experimentales.

5.2.7 Factores en estudio (2 abonos orgánicos x 3 niveles de fertilización)

Estas dosis de abonamiento y fertilización fueron sugeridas y analizadas por la Asesora Dr. Catalina Jiménez Aguilar y el Ing. Jose Gabriel Garcia Valle, como consecuencia de su trabajo de investigación en este cultivo.

Factor B: Sustratos

b1: 1000 kg Turba

b2: 1500 kg Estiércol de cuy

Factor A: Niveles de fertilización.

| | |
|----------------|------|
| a1:156-100-197 | Alto |
|----------------|------|

| | |
|--------------|-------|
| a2:70-50-100 | Medio |
|--------------|-------|

| | |
|-------------|------|
| a3:00-00-00 | Bajo |
|-------------|------|

5.2.8 Tratamientos

Para los tratamientos y las combinaciones los abonos orgánicos y los niveles de los fertilizantes se proyectaron a la hectárea, a partir de estas cantidades se calcularon para las parcelas y plantas individuales, dispuestas en el experimento.

Cuadro 1. Tratamientos con abonos orgánicos y fertilizantes proyectadas a la hectárea

| TRATAMIENTOS | | DESCRIPCION |
|---------------------|--------------------|--|
| CLAVE | COMBINACION | |
| T1 | a1b1 | 1000 kg Turba Con Un Nivel De Fertilización Alto |
| T2 | a1b2 | 1000 kg Turba Con Un Nivel De Fertilización Medio |
| T3 | a2b1 | 1000 kg Turba Con Un Nivel De Fertilización Bajo |
| T4 | a2b2 | 1500 kg Estiércol De Cuy Con Un Nivel De Fertilización Alto |
| T5 | a3b1 | 1500 kg Estiércol De Cuy Con Un Nivel De Fertilización Medio |
| T6 | a3b2 | 1500 kg Estiércol De Cuy Con Un Nivel De Fertilización Bajo |

5.2.9 Variables e indicadores:

Variables para rendimiento

| Variables | Indicadores |
|-----------------------|--------------------|
| Rendimiento total | T./ha |
| Peso fresco de pencas | Kg/planta |

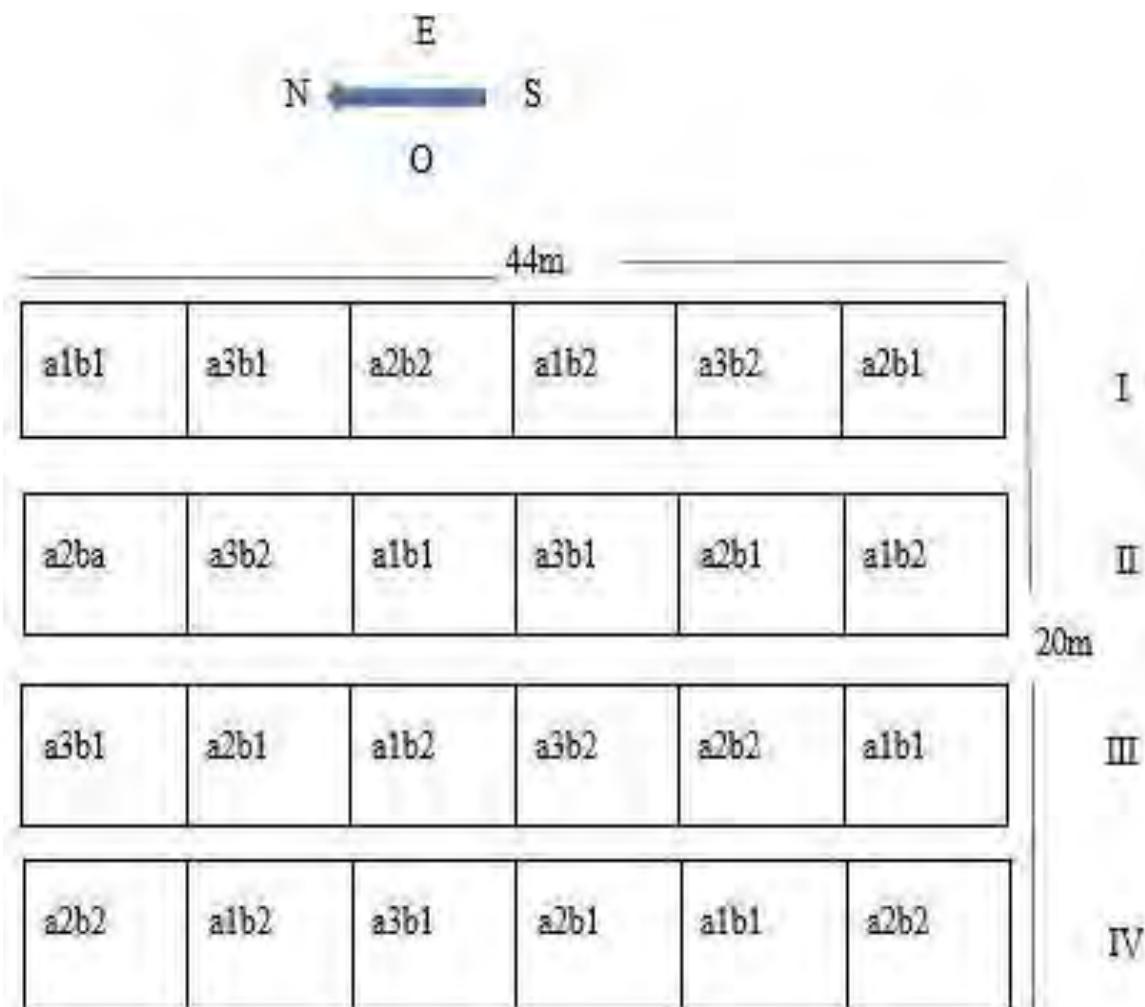
Variables para comportamiento agronómico

| Variables | Indicadores |
|--------------------------|----------------------------------|
| Pencas maduras | Numero de pencas maduras /planta |
| Altura de pencas maduras | Cm/planta |
| Ancho de pencas maduras | Cm/planta |

Variable independiente: Fertilizantes y abono orgánico

Variable dependiente: Cultivo de sábila

Croquis y ubicación de los tratamientos del campo experimental



5.2.10. Características del campo experimental Campo experimental.

| | |
|----------------------------|----------------------|
| Largo | : 44 m |
| Ancho | : 20 m |
| Ancho de calles interiores | : 2 m |
| Ancho de calles Exteriores | : 1m |
| Área total | : 880 m ² |

Área neta del experimento

| | |
|-----------|----------------------|
| Area neta | : 504 m ² |
| Largo | : 42 m |
| Ancho | : 3m |
| Bloque | : 126 m ² |

Parcelas:

| | |
|-------|-------------------|
| Largo | : 7m |
| Ancho | : 3m |
| Área | :21m ² |

Densidad:

| | |
|---------------------------------|-----------------|
| Densidad entre plantas | : 1.00 x 0.75 m |
| Numero plantas/ parcela | : 28 |
| Número de plantas a evaluarse | : 10 |
| Número de plantas/bloque | : 168 |
| Número de plantas /experimento: | 672 |

5.3. Conducción de la investigación

5.3.1 Descripción del cultivo en la parcela experimental.

El experimento se implementó en cultivo de sábila de edad de 2 años, en plantas que había terminado su crecimiento y estaba en la etapa de producción y maduración de pencas, siendo un cultivo permanente y sujeto a varias frecuencias de cosecha, se ha determinado realizar esta investigación de abonamiento combinado con los fertilizantes químicos.

5.3.2 Manejo del cultivo.

Deshierbo

Las malezas fueron controladas manualmente, con el uso de Kjituhi, de acuerdo a la necesidad de control, evitando que se genere la competencia con el cultivo. Esta labor se realizó en las siguientes fechas, el 2 de enero, 3 de abril, 7 de julio y 2 de octubre del 2022

Fotografía 1: Deshierbo de malezas



Riego

El riego se administró cada vez que sea necesario, para que las plantas no entren en estrés hídrico. El riego cuando sea necesario se administró manualmente con una manguera y las frecuencias han dependido del requerimiento de la humedad en el suelo. Se aplicó el riego en las siguientes fechas: el 6 de junio, 3 de julio, 7 de agosto, 4 de septiembre, 2 de octubre del año 2022.

Fotografía 2. Riego de parcelas con manguera



5.3.3 Aplicación de los tratamientos fertilizantes y abono.

Se aplicó urea, fosfato di amónico una sola vez, el 9 de enero del 2022, y en la etapa de floración

5.3.3.1 Determinación de cantidades de fertilizantes y abonos por experimento, parcela y plantas

En el cuadro 2, se muestra el cálculo de la cantidad de fertilizantes y sustratos por hectárea y luego por experimento, en base a los niveles de fertilización y cantidad de sustrato establecidos por hectárea.

Cuadro 2. Cálculo de la cantidad de fertilizantes y abonos que se aplicó por planta, en base a las cantidades de fertilizantes y abonos que se ha calculado por experimento.

| Fertilizantes | 156-100-197 (N-P-K) | | 70-50-100 (N-P-K) | |
|--|---------------------|------------------------------------|--------------------------|----------------|
| | Kg/ha | Kg/Experimento (turba y estiércol) | Kg/ha | Kg/Experimento |
| Fosfato Diamónico: 18 % de N y 46 % de P₂O₅ | 217 | 3.6 | 110 | 1 |
| Urea 46% de N | 328 | 5.5 | 167 | 2.8 |
| Abonos | Turba | | Estiércol de Cuye | |
| | Kg/ha | Kg/Experimento | Kg/ha | Kg/Experimento |
| | 1000 | 50.4 | 1500 | 75.6 |

5.3.3.2 Aplicación de abonos orgánicos

Se aplicó los abonos de turba y estiércol de cuya de manera manual, en base a las cantidades establecidas para cada planta, para ello se pesó en una balanza y luego se utilizó un envase para medir y aplicar la cantidad de sustrato por planta. Esta actividad se realizó el 6 de enero del 2022.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes y abonos calculadas por nivel de fertilización por el área experimental, parcela y por planta

| Fertilizantes | 156-100-197 (N-P-K) | | 70-50-100 (N-P-K) | |
|--------------------------|---|------------|---|-----------|
| | Kg/Experimento (turba y estiércol) 224 plantas | gr/ Planta | Kg/ Experimento (turba y estiércol) 224 plantas | gr/planta |
| Fosfato Diamónico | 3.6 | 16 | 1 | 4.5 |
| Urea 46% de N | 5.5 | 24.5 | 2.8 | 12.5 |
| Abonos | Turba | | Estiércol de Cuye | |
| | Kg/Experimento 336 plantas | gr/Planta | Kg/Experimento y 336 plantas | gr/Planta |
| | 50.4 | 15 | 75.6 | 22.5 |

Fotografía 3. Aplicación de abonos orgánico en la etapa de crecimiento



5.3.3.3 Fertilizantes químicos

De la misma forma con las cantidades establecidas para cada fertilizante, se pesó en la balanza, la cantidad de fertilizantes por planta y luego se determinó un envase para medir y así aplicar por cada planta. En momento de deshierbo se aplicaron el Urea y Fosfato Diamónico mezclados por cada planta.

Fotografía 4. Aplicación de fertilizantes químicos en la etapa de crecimiento



5.3.3. Evaluación de variables

Al pasar los cinco meses transcurridos desde la fertilización y cuando las plantas alcanzaron a la madurez fisiológica y organoléptica, se realizó la evaluación de las variables a cada penca. Toda la evaluación se realizó en el mes de junio del año 2023.

- Número de pencas maduras**

En 10 plantas por parcela y 30 parcelas por tratamiento, se prosiguió al conteo de numero de pencas que estén maduras fisiológicamente y aptas para

su comercialización. Los datos fueron recogidos en un registro establecido, esta evaluación se realizó el 1 de junio del 2023.

Fotografía 5. Conteo de numero de pencas previa a la cosecha



- Altura y ancho de pencas maduras**

En 10 plantas por parcela y 30 plantas por tratamiento, se realizó la medida de la altura y ancho de pencas maduras, con la ayuda de una wincha en centímetros y milímetros, la altura se mide desde la inserción de la penca al raquis principal hasta el ápice, mientras, el ancho se midió en el tercio medio de la penca. La medida se tomó en la penca que se encuentra en el tercio medio de la planta. Los datos fueron tomados en un registro elaborado para ese fin. Esta evaluación se realizó 2 de junio del 2023.

Fotografía 6: Mediciones de las dimensiones de pencas



- Peso fresco de pencas**

En 10 plantas por parcela y 30 plantas por tratamiento se pesó las pencas del tercio medio de la planta, siendo una penca del tercio medio de la planta, con la ayuda de una balanza gramera digital. El peso de las pencas se determina en las mismas pencas que se han establecido para medir la altura y ancho. Se elaboró un registro para recoger los datos del peso de las pencas. Esta evaluación se realizó el 3 de junio del 2023.

Fotografía 7. Pesado de pencas para determinar el rendimiento



- **Rendimiento total**

Para el rendimiento, primero se estableció el número de pencas por parcela, luego por tratamiento en el experimento, el peso de pencas por parcela en seguida se proyectó por hectárea. El rendimiento se determinó por el número de pencas comerciales y también por el peso de pencas comerciales.

Fotografía 8. Pesado de pencas para el rendimiento total por parcela



Primero se determinó el peso de la penca comercial, luego la producción y peso de la sábila comercial por parcela, luego por experimento y finalmente se proyectó a la hectárea. Para ello es utilizado las fórmulas correspondientes.

VI.RESULTADOS

5.1. RESULTADOS

Después de haber realizado oportunamente la aplicación de los tratamientos y el manejo agronómico del cultivo, asimismo, los factores ambientales que han sido favorables para el desarrollo del cultivo en el tiempo de la experimentación. En consecuencia, se presentan los resultados obtenidos.

5.1.1. Rendimiento de pencas por parcelas y tratamiento.

TABLA N° 1: VARIABLE AGRONÓMICA PESO DE PENCAS EN (t/ha)

| TRATAMIENTOS | BLOQUES | | | | Σ | μ |
|--------------|---------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | I | II | III | IV | | |
| a1b1 | 18.510 | 18.500 | 18.430 | 16.520 | 71.960 | 17.990 |
| a1b2 | 17.510 | 16.400 | 15.510 | 16.420 | 65.840 | 16.460 |
| a2b1 | 17.530 | 16.500 | 18.400 | 16.410 | 68.840 | 17.210 |
| a2b2 | 13.320 | 15.300 | 14.400 | 13.300 | 56.320 | 14.080 |
| a3b1 | 15.610 | 14.620 | 15.320 | 14.300 | 59.850 | 14.963 |
| a3b2 | 13.500 | 14.420 | 12.500 | 13.400 | 53.820 | 13.455 |
| Σ | 95.980 | 95.740 | 94.560 | 90.350 | 376.630 | |
| μ | 15.997 | 15.957 | 15.760 | 15.058 | | 15.693 |

Nota: El cuadro resumen de peso de pencas, nos indica que en promedio es de 15.693 (t/ha) (TABLA N° 1)

TABLA N° 2: ANVA FACTORIAL 2BX3A PESO DE PENCAS EN (t/ha)

| F de V | GL | SC | CM | FC | FT | | SIGN |
|----------|----|---------|---------|-------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| BLOQUES | 3 | 3.4141 | 1.1380 | 1.73 | 3.29 | 5.42 | NS |
| FACTORA | 2 | 36.4186 | 18.2093 | 27.67 | 3.68 | 6.36 | ** |
| FACTOR B | 1 | 25.3587 | 25.3587 | 38.53 | 4.54 | 8.68 | ** |
| A * B | 2 | 3.4620 | 1.7310 | 2.63 | 3.68 | 6.36 | NS |
| ERROR | 15 | 9.8720 | 0.6581 | | | | |
| TOTAL | 23 | 78.5255 | | | | | |

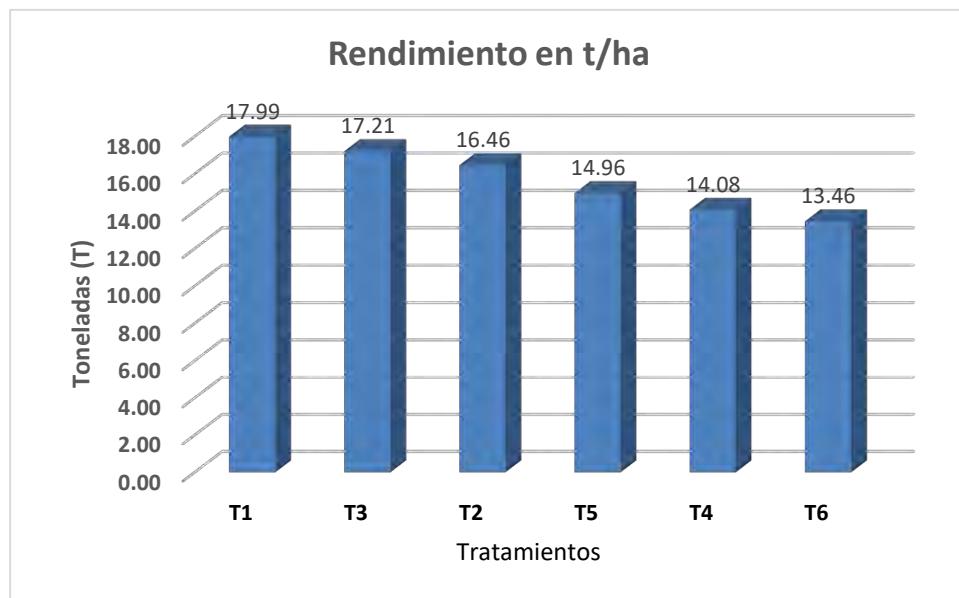
CV: 5.17%

Nota: El análisis de varianza para peso de pencas en t/ha, indica que para bloques no existen diferencias con 99% de probabilidades a favor. Para los tratamientos, factor A, factor B, existen diferencias con 99 % de probabilidades a favor, no existen diferencias al 99% de probabilidades para la interacción AxB. El coeficiente de variabilidad fue de 5.17%; lo que nos indica la confiabilidad de los datos (TABLA N°)

TABLA N°3 : PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha)

| OM | RENDIMIENTO EN (t/ha) | TUKEY | |
|----------------------------|-----------------------|-------|----------------------------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | T1 | 17.99 | a |
| II | T3 | 17.21 | a |
| III | T2 | 16.46 | ab |
| IV | T5 | 14.96 | bc |
| V | T4 | 14.08 | c |
| VI | T6 | 13.46 | c |
| ALS _{(T)(0.05)} = | | 1.655 | ALS _{(T)(0.01)} = |
| | | | 2.130 |

GRÁFICO N°1 PESO DE PENCAS EN (t/ha)

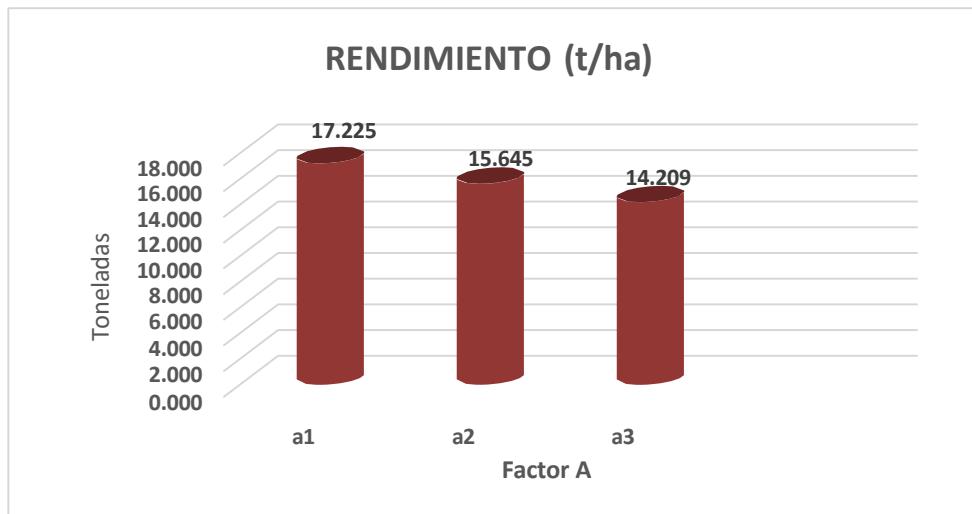


La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que los tratamientos T1, T3 y T2; con rendimientos de 17.99; 17.21 y 16.46 t/ha de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los tratamientos T2 y T5 con rendimientos de 16.46 y 14.96 t/ha de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior y superior al resto de tratamiento, finalmente el grupo formado por los T5, T4 y T6; con rendimientos de 14.96; 14.08 y 13.46 t/ha de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el último lugar todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N°3 y GRÁFICO N°1).

TABLA N° 4: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR A

| OM | RENDIMIENTO EN (t/ha) | TUKEY | |
|-----|-----------------------|--------|---------------------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | a1 | 17.225 | a |
| II | a2 | 15.645 | b |
| III | a3 | 14.209 | c |
| | $ALS_{(T)(0.05)} =$ | 1.053 | $ALS_{(T)(0.01)} =$ |
| | | | 1.385 |

GRÁFICO N° 2: PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR A

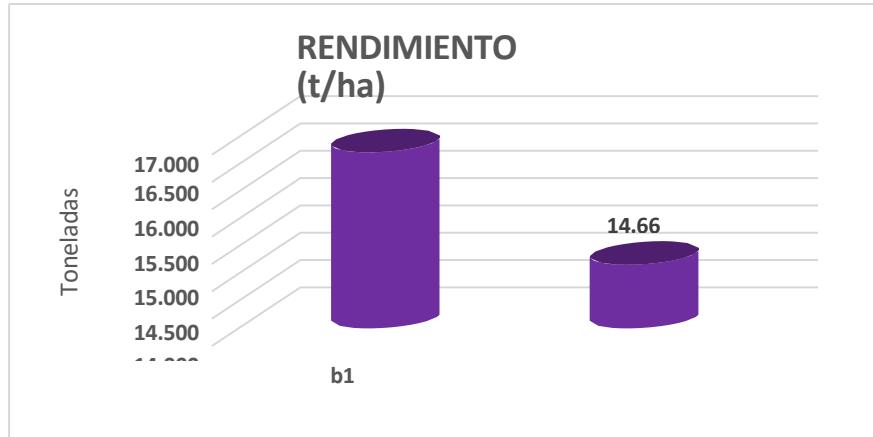


Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **a₁**(**nivel de fertilización alto**: 156-100-197 de N-P₂O₅-K₂O); con un rendimiento de 17.225 t/ha de peso de pencas, ocupa el primer lugar, siendo superior al resto de los tratamientos, así mismo, el factor **a₂**(**nivel de fertilización medio**: 70-50-100 de N- P₂O₅-K₂O) con un rendimiento de 15.645 th/ha de peso de pencas, ocupa el segundo lugar, siendo inferior al tratamiento anterior y superior al tratamiento **a₃**, finalmente el factor **a₃**(**nivel de fertilización bajo**: 00 – 00 – 00 N-P₂O₅-K₂O) con un rendimiento de 14.209 t/ha, ocupa el último lugar todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 3 y GRÁFICO N° 1)

TABLA N° 5: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR B

| OM | RENDIMIENTO EN (t/ha) | TUKEY | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|-------|
| | | 0.0 | 0.01 |
| I | b1 | 16.721 | a |
| II | b2 | 14.665 | b |
| $ALS_{(T)(0.05)} =$ | 0.705 | $ALS_{(T)(0.01)} =$ | 0.977 |

GRÁFICO N° 3: PESO DE PENCAS EN (t/ha) FACTOR B



Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **b₁**(turba de 1000 kg/ha) con un rendimiento de penca de 16.721 t/ha, ocupa el primer lugar y es superior al factor **b₂**(estiércol de cuy de 1500 kg/ha) con un rendimiento de 14.665 t/ha de peso de pencas, todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 4 y GRAFICO N° 2).

2. VARIABLE AGRONÓMICA PESO DE PENCAS EN (g/planta)

TABLA N° 6: VARIABLE AGRONÓMICA PESO DE PENCAS EN (g/planta)

| TRATAMIENTO S | BLOQUES | | | | Σ | μ |
|------------------|---------|---------|---------|---------|----------|--------|
| | I | II | III | IV | | |
| a1b1 | 500.80 | 490.71 | 541.61 | 551.63 | 2084.75 | 521.19 |
| a1b2 | 432.51 | 435.61 | 532.62 | 440.51 | 1841.25 | 460.31 |
| a2b1 | 480.71 | 460.61 | 320.81 | 400.71 | 1662.84 | 415.71 |
| a2b2 | 325.02 | 315.15 | 320.20 | 310.17 | 1270.54 | 317.64 |
| a3b1 | 323.51 | 315.15 | 255.41 | 230.32 | 1124.39 | 281.10 |
| a3b2 | 251.53 | 151.32 | 161.35 | 152.32 | 716.52 | 179.13 |
| Σ | 2314.08 | 2168.55 | 2132.00 | 2085.66 | 8700.29 | |
| μ | 385.68 | 361.43 | 355.33 | 347.61 | | 362.51 |

Nota: El cuadro resumen de peso de pencas, nos indica que en promedio es de 362.51 (g/planta) (TABLA N° 5)

TABLA N° 7: ANVA FACTORIAL 2BX3A PESO DE PENCAS EN (g/planta)

| F de V | GL | SC | CM | FC | FT | | SIGN |
|----------|----|-------------|-------------|-------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| BLOQUES | 3 | 4869.2439 | 1623.0813 | 0.72 | 3.29 | 5.42 | NS |
| FACTOR A | 2 | 271932.7281 | 135966.3640 | 60.58 | 3.68 | 6.36 | ** |
| FACTOR B | 1 | 45385.2945 | 45385.2945 | 20.22 | 4.54 | 8.68 | ** |
| A * B | 2 | 2058.3901 | 1029.1950 | 0.46 | 3.68 | 6.36 | NS |
| ERROR | 15 | 33664.5092 | 2244.3006 | | | | |
| TOTAL | 23 | 357910.1658 | | | | | |

CV: 13.07%

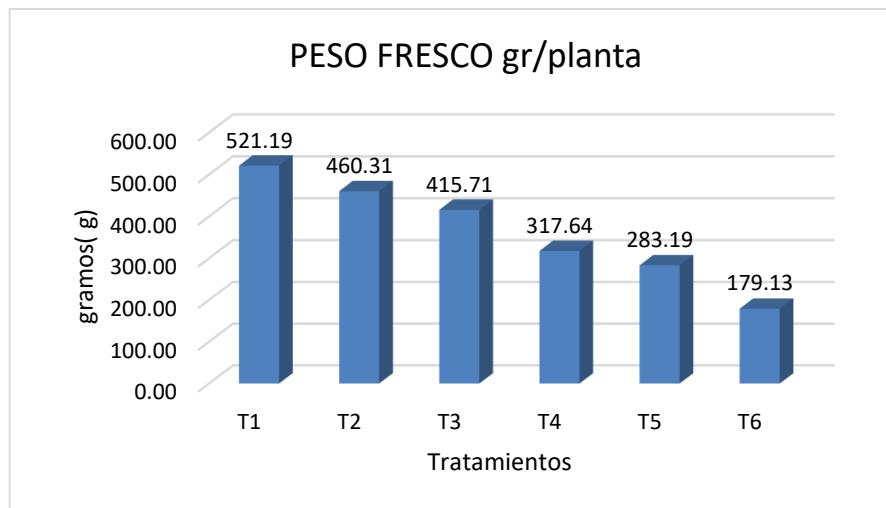
Nota: El análisis de varianza para peso de pencas en g/planta, indica que para bloques no existen diferencias con 99% de probabilidades a favor. Para los tratamientos, factor A, factor B, existen diferencias con 99 % de probabilidades a favor, no existen diferencias al 99% de probabilidades para la interacción AxB. El coeficiente de variabilidad fue de 13.07%; lo que nos indica la confiabilidad de los datos (TABLA N° 7).

TABLA N°8: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta)

| OM | PESO FRESCO gr/planta | TUKEY | |
|-----|-----------------------|---------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | T1 | 521.19 | a |
| II | T2 | 460.31 | ab |
| III | T3 | 415.71 | b |
| IV | T4 | 317.64 | c |
| V | T5 | 283.19 | c |
| VI | T6 | 179.13 | d |
| | | 125.517 | |

ALS_{(T)(0.05)}= 97.545 ALS_{(T)(0.01)}=

GRAFICO N°4: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta)

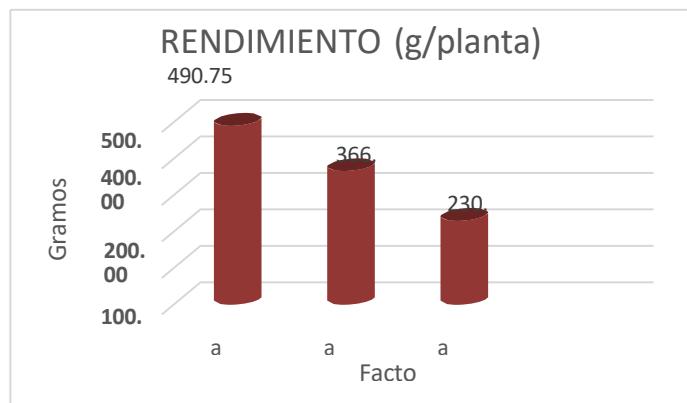


La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que los tratamientos T1, T2 y T3; con rendimientos de 521.19; 460.31 y 415.71 g/planta de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los tratamientos T3 y T4 con rendimientos de 415.71 y 317.64 g/planta de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior y superior al resto de tratamiento, seguidamente grupo formado por los tratamientos T4 y T5 con rendimientos de 317.64 y 283.19 g/planta de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el tercer lugar, finalmente el grupo formado por los T5 y T6; con rendimientos de 283.19 y 179.13 g/planta de peso de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el último lugar todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N°8 y GRÁFICO N°4).

TABLA N° 9: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR A

| OM | RENDIMIENTO EN (g/planta) | TUKEY | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | a1 | 490.75 | a |
| II | a2 | 366.67 | b |
| III | a3 | 230.11 | c |
| $ALS_{(T)(0.05)} = 61.470$ | | $ALS_{(T)(0.01)} = 80.899$ | |

GRÁFICO N° 5: PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR A

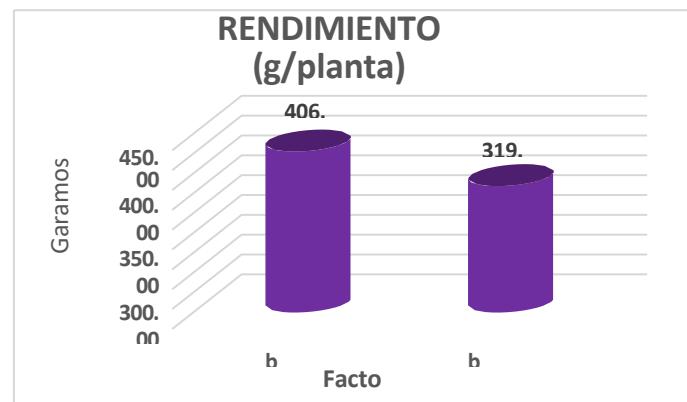


Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **a₁**(**nivel de fertilización alto**); con un rendimiento de 490.75 g/planta de peso de pencas, ocupa el primer lugar, siendo superior al resto de tratamientos, así mismo el factor **a₂**(**nivel de fertilización medio**) con un rendimiento de 366.67 g/planta de peso de pencas, ocupa el segundo lugar siendo inferior al tratamiento anterior y superior al tratamiento **a₃**,finalmente el factor **a₃**(**nivel de fertilización bajo**) con un rendimiento de 230.11 g/planta, ocupa el último lugar todo esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 8 y GRÁFICO N° 3).

TABLA N° 10: PRUEBA DE TUKEY PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR B

| OM | RENDIMIENTO EN (g/planta) | TUKEY | |
|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | b ₁ | 406.00 | a |
| II | b ₂ | 319.03 | b |
| ALS _{(T)(0.05)} = | 41.164 | ALS _{(T)(0.01)} = | 57.028 |

GRÁFICO N° 6: PESO DE PENCAS EN (g/planta) FACTOR B



Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **b₁**(**turba**) con un rendimiento de penca de 406.00 g/planta, ocupa el primer lugar y es superior al factor **b₂**(**estiércol de cuy**) con un rendimiento de 319.03 g/planta de peso de pencas, todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 9 y GRAFICO N° 4).

3. VARIABLE AGRONÓMICA NUMERO DE PENCAS/PLANTA

TABLA N° 11: VARIABLE AGRONÓMICA NUMERO DE PENCAS/PLANTA

| TRATAMIENTO S | BLOQUES | | | | Σ | μ |
|------------------|---------|-------|-------|-------|----------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| a1b1 | 5.01 | 4.51 | 5.15 | 6.20 | 20.87 | 5.22 |
| a1b2 | 4.51 | 4.32 | 4.15 | 4.08 | 17.06 | 4.27 |
| a2b1 | 4.51 | 4.40 | 4.20 | 4.08 | 17.19 | 4.30 |
| a2b2 | 3.51 | 3.41 | 3.58 | 3.60 | 14.10 | 3.53 |
| a3b1 | 3.51 | 4.82 | 3.21 | 3.32 | 14.86 | 3.72 |
| a3b2 | 2.82 | 2.34 | 3.58 | 4.32 | 13.06 | 3.27 |
| Σ | 23.87 | 23.80 | 23.87 | 25.60 | 97.14 | |
| μ | 3.98 | 3.97 | 3.98 | 4.27 | | 4.05 |

Nota: El cuadro resumen de número de pencas/planta, nos indica que en promedio es de 04.05 (TABLA N° 10)

TABLA N° 12: ANVA FACTORIAL 2BX3A NUMERO DE PENCAS/PLANTA

| F de V | GL | SC | CM | FC | FT | | SIGN |
|----------|----|---------|--------|------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| BLOQUES | 3 | 0.3848 | 0.1283 | 0.36 | 3.29 | 5.42 | NS |
| FACTOR A | 2 | 6.4853 | 3.2426 | 9.15 | 3.68 | 6.36 | ** |
| FACTOR B | 1 | 3.1538 | 3.1538 | 8.90 | 4.54 | 8.68 | ** |
| A * B | 2 | 0.2593 | 0.1296 | 0.37 | 3.68 | 6.36 | NS |
| ERROR | 15 | 5.3137 | 0.3542 | | | | |
| TOTAL | 23 | 15.5969 | | | | | |

CV: 14.71%

Nota: El análisis de varianza para número de pencas/planta, indica que para bloques no existen diferencias con 99% de probabilidades a favor. Para los tratamientos, factor A, factor B, existen diferencias con 99 % de probabilidades a favor, No existen diferencias al 99% de probabilidades para la interacción AxB. El coeficiente de variabilidad fue de 14.71%; lo que nos indica la confiabilidad de los datos (TABLA N° 12)

TABLA N° 13: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS MADURAS/PLANTA

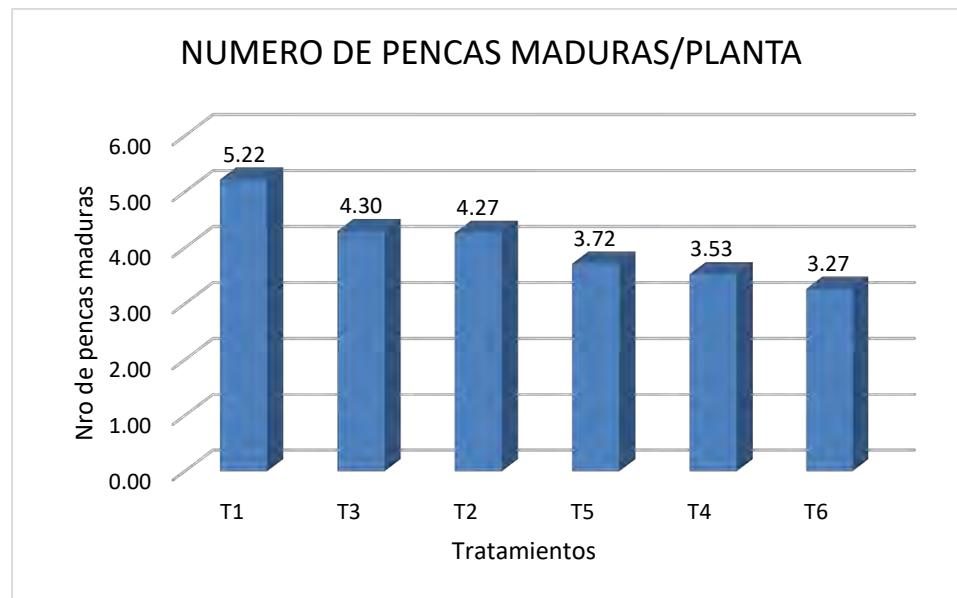
| OM | NUMERO DE PENCAS MADURAS/PLANTA | TUKEY | |
|-----|------------------------------------|-------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | T1 | 5.22 | a |
| II | T3 | 4.30 | ab |
| III | T2 | 4.27 | ab |
| IV | T5 | 3.72 | b |
| V | T4 | 3.53 | b |
| VI | T6 | 3.27 | b |

ALS_{(T)(0.05)}= 1.214

ALS_{(T)(0.01)}=

1.562

GRÁFICO N°7 NUMERO DE PENCAS MADURAS/PLANTA

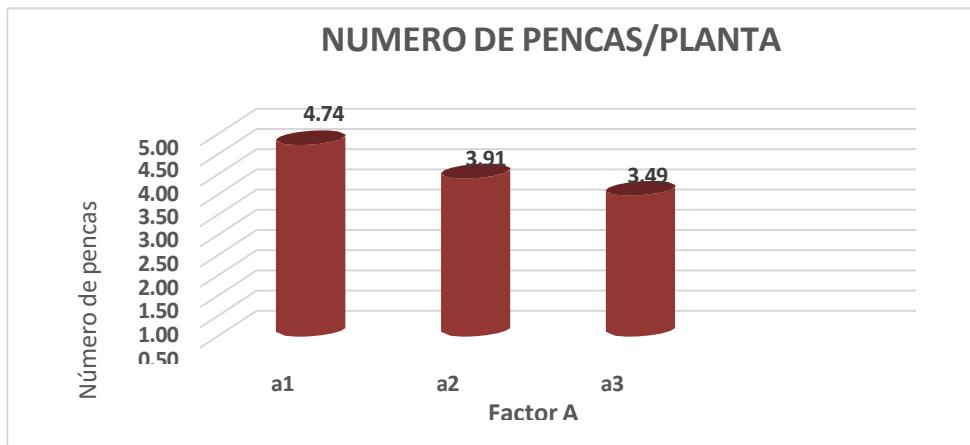


La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que los tratamientos T1, T3 T2 y T5; con rendimientos de 5.22; 4.30; 4.27 y 3.72 pencas maduras/planta, son estadísticamente iguales y ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los tratamientos T3, T2, T5, T4 y T6 con rendimientos de 4.30; 4.27; 3.72; 3.53 y 3.27 pencas maduras/planta, son estadísticamente iguales y ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior, todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N°13 y GRÁFICO N°7.).

TABLA N° 14: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR A

| OM | NUMERO DE | | TUKEY | |
|---------------|-----------|---------------|-------|------|
| | | PENCAS/PLANTA | 0.05 | 0.01 |
| I | a1 | 4.74 | a | A |
| II | a2 | 3.91 | b | Ab |
| III | a3 | 3.49 | c | B |
| ALS(T)(0.05)= | 0.772 | ALS(T)(0.01)= | 1.016 | |

GRÁFICO N° 8: NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR A

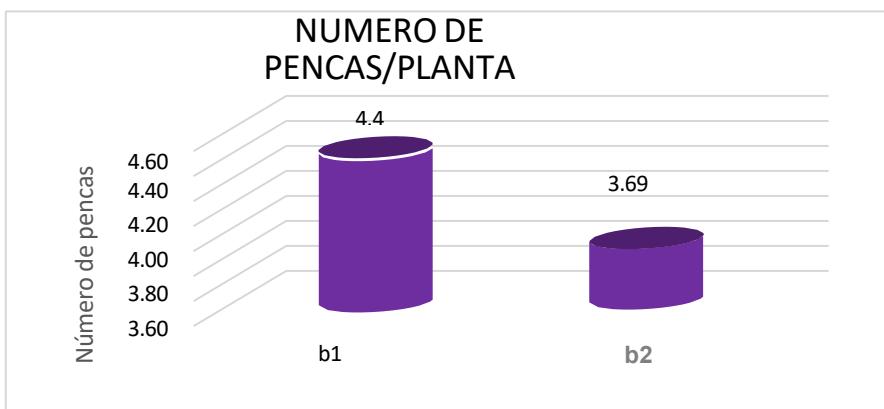


Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que grupo formado por el factor **a₁**(**nivel de fertilización alto**); y el factor **a₂**(**nivel de fertilización medio**) con un rendimientos de 4.74 y 3.91 pencas/planta en promedio, son estadísticamente iguales entre si y ocupan el primer lugar, siendo superiores al grupo formado por , los tratamientos factor **a₂**(**nivel de fertilización medio**) y factor **a₃**(**nivel de fertilización bajo**) con un rendimientos de 3.91 y 3.53 pencas/planta en promedio, ocupa el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 13 y GRÁFICO N° 5).

TABLA N° 15: PRUEBA DE TUKEY NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR B

| OM | NUMERO DE PENCAS/PLANTA | TUKEY | |
|----|----------------------------|-------|----------------------------------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | b1 | 4.41 | a |
| II | b2 | 3.69 | b |
| | ALS _{(T)(0.05)} = | 0.517 | ALS _{(T)(0.01)} = 0.716 |

GRÁFICO N° 9: NUMERO DE PENCAS/PLANTA FACTOR B



Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **b₁**(**turba**) con un rendimiento de 4.41 pencas/planta en promedio, ocupa el primer lugar y es superior al factor **b₂**(**estiércol de cuy**) con un rendimiento de 3.69 pencas/planta en promedio, todo esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 14 y GRAFICO N° 6).

4. VARIABLE AGRONÓMICA ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA

TABLA N° 16: VARIABLE AGRONÓMICA ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA.

| S | TRATAMIENTO | | BLOQUES | | Σ | μ |
|-------------|-------------|--------|---------|--------|----------|--------------|
| | I | II | III | IV | | |
| a1b1 | 60.51 | 60.53 | 64.58 | 60.41 | 246.03 | 61.51 |
| a1b2 | 60.53 | 59.44 | 40.32 | 30.49 | 190.78 | 47.70 |
| a2b1 | 51.32 | 58.43 | 57.33 | 50.32 | 217.40 | 54.35 |
| a2b2 | 50.41 | 45.51 | 30.82 | 35.44 | 162.18 | 40.55 |
| a3b1 | 50.32 | 50.15 | 40.32 | 40.51 | 181.30 | 45.33 |
| a3b2 | 30.51 | 35.32 | 40.30 | 39.36 | 145.49 | 36.37 |
| Σ | 303.60 | 309.38 | 273.67 | 256.53 | 1143.18 | |
| μ | 50.60 | 51.56 | 45.61 | 42.76 | | 47.63 |

Nota: El cuadro resumen de altura de pencas maduras centímetros/planta, nos indica que en promedio es de 47.63 ver (TABLA N° 15)

TABLA N°17: ANVA FACTORIAL 2BX3A ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA.

| F de V | GL | SC | CM | FC | FT | | SIGN |
|----------|----|-----------|----------|-------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| BLOQUES | 3 | 312.7877 | 104.2626 | 1.95 | 3.29 | 5.42 | NS |
| FACTOR A | 2 | 756.9357 | 378.4679 | 7.07 | 3.68 | 6.36 | ** |
| FACTOR B | 1 | 891.5766 | 891.5766 | 16.66 | 4.54 | 8.68 | ** |
| A * B | 2 | 31.4443 | 15.7221 | 0.29 | 3.68 | 6.36 | NS |
| ERROR | 15 | 802.7392 | 53.5159 | | | | |
| TOTAL | 23 | 2795.4835 | | | | | |

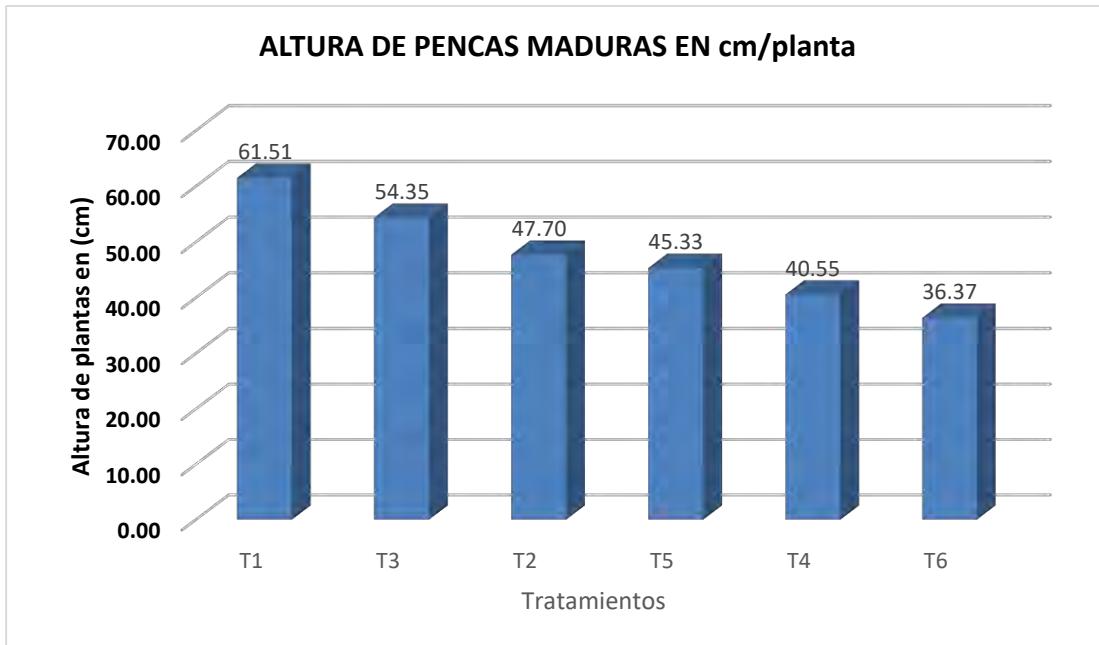
CV: 15.36%

Nota: El análisis de varianza para altura de pencas maduras en centímetros/planta, indica que para bloques no existen diferencias con 99% de probabilidades a favor. Para los tratamientos, factor A, factor B, existen diferencias con 99 % de probabilidades a favor, No existen diferencias al 99% de probabilidades para la interacción AxB. El coeficiente de variabilidad fue de 15.36%; lo que nos indica la confiabilidad de los datos (TABLA N° 17).

TABLA N° 18: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas)

| OM | ALTURA DE PENCAS MADURAS EN cm/planta | | TUKEY | |
|----------------------------|---------------------------------------|--------|----------------------------|--------|
| | | 0.05 | 0.01 | |
| I | T1 | 61.51 | a | a |
| II | T3 | 54.35 | ab | a |
| III | T2 | 47.70 | abc | ab |
| IV | T5 | 45.33 | bc | ab |
| V | T4 | 40.55 | bc | B |
| VI | T6 | 36.37 | c | B |
| ALS _{(T)(0.05)} = | | 14.924 | ALS _{(T)(0.01)} = | 19.203 |

GRÁFICO N°10 ALTURA DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas)

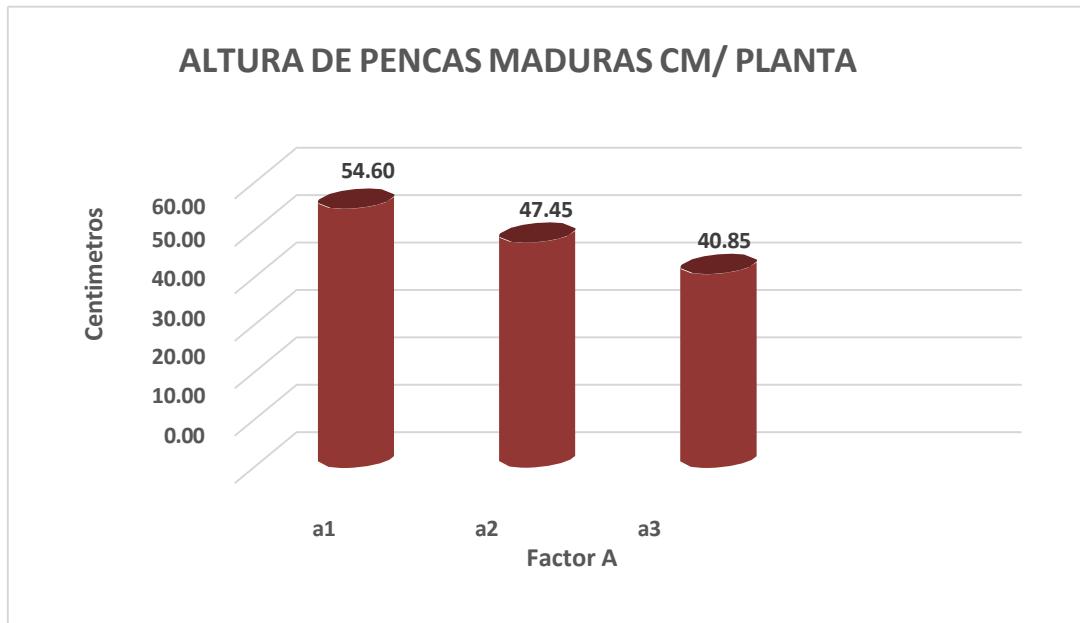


La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que los tratamientos T1, T3 T2 y T5; con rendimientos de 61.51; 54.35; 47.70 y 45.33 cm/plantas de altura de pemas maduras , son estadísticamente iguales y ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los tratamientos T2, T5, T4 y T6 con rendimientos de 47.70; 45.33; 40.55 y 36.37 cm/plantas de altura de pemas maduras, son estadísticamente iguales y ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior, todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 18 y GRÁFICO N°10).

TABLA N°19: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A.

| OM | ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA | TUKEY | |
|-----|-------------------------------------|-------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | a1 54.60 | A | A |
| II | a2 47.45 | Ab | Ab |
| III | a3 40.85 | B | B |

GRÁFICO N°11. ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A

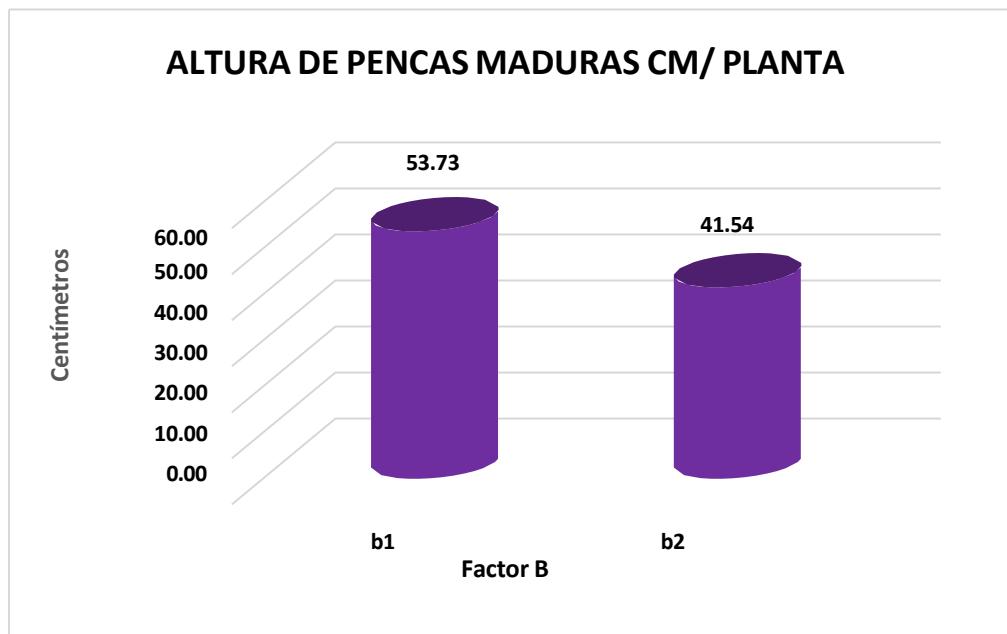


Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el grupo formado por el factor **a₁**(**nivel de fertilización alto**) y el factor **a₂**(**nivel de fertilización medio**); con una altura de pencas maduras de 54.60 y 47.45 centímetros, ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los factores **a₂**(**nivel de fertilización medio**) y **a₃**(**nivel de fertilización bajo**) con una altura de pencas maduras de 47.45 y 40.85 centímetros, ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior, todo esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 18 y GRÁFICO N°07).

**TABLA N°20: PRUEBA DE TUKEY ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA
FACTOR B.**

| OM | ALTURA DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA | TUKEY | |
|----------------------------|--|----------------------------|-------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | b1 | 53.73 | a |
| II | b2 | 41.54 | b |
| ALS _{(T)(0.05)} = | 6.356 | ALS _{(T)(0.01)} = | 8.806 |

GRÁFICO N°12 ALTURA DE PENCAS MADURAS/CM PLANTA) FACTOR B.



Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **b1(turba)** con una altura de pencas maduras de 53.73 centímetros, ocupa el primer lugar y es superior al factor **b2(estiércol de cuy)** con una altura de pencas maduras de 41.54 centímetros, todo esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 19 y GRAFICO N°08).

5. VARIABLE AGRONÓMICA ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA

TABLA N° 21: VARIABLE AGRONÓMICA ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA.

| TRATAMIENTO S | BLOQUES | | | | Σ | μ |
|------------------|---------|-------|-------|-------|----------|-------|
| | I | II | III | IV | | |
| a1b1 | 8.51 | 9.32 | 9.35 | 8.53 | 35.71 | 8.93 |
| a1b2 | 7.32 | 7.51 | 7.84 | 9.32 | 31.99 | 8.00 |
| a2b1 | 8.32 | 7.35 | 8.42 | 8.51 | 32.60 | 8.15 |
| a2b2 | 6.32 | 5.41 | 5.32 | 8.41 | 25.46 | 6.37 |
| a3b1 | 5.43 | 6.32 | 7.32 | 7.41 | 26.48 | 6.62 |
| a3b2 | 5.32 | 4.81 | 6.44 | 5.55 | 22.12 | 5.53 |
| Σ | 41.22 | 40.72 | 44.69 | 47.73 | 174.36 | |
| μ | 6.87 | 6.79 | 7.45 | 7.96 | | 7.27 |

Nota: El cuadro resumen de ancho de pencas maduras en centímetros/planta, nos indica que en promedio es de 7.27 ver (TABLA N° 20)

TABLA N° 22: ANVA FACTORIAL 2BX3A ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/ PLANTA.

| F de V | GL | SC | CM | FC | FT | | SIGN |
|----------|----|---------|---------|-------|------|------|------|
| | | | | | 0.05 | 0.01 | |
| BLOQUES | 3 | 5.3672 | 1.7891 | 3.04 | 3.29 | 5.42 | NS |
| FACTOR A | 2 | 22.8013 | 11.4007 | 19.35 | 3.68 | 6.36 | ** |
| FACTOR B | 1 | 9.6520 | 9.6520 | 16.38 | 4.54 | 8.68 | ** |
| A * B | 2 | 0.8264 | 0.4132 | 0.70 | 3.68 | 6.36 | NS |
| ERROR | 15 | 8.8388 | 0.5893 | | | | |
| TOTAL | 23 | 47.4858 | | | | | |

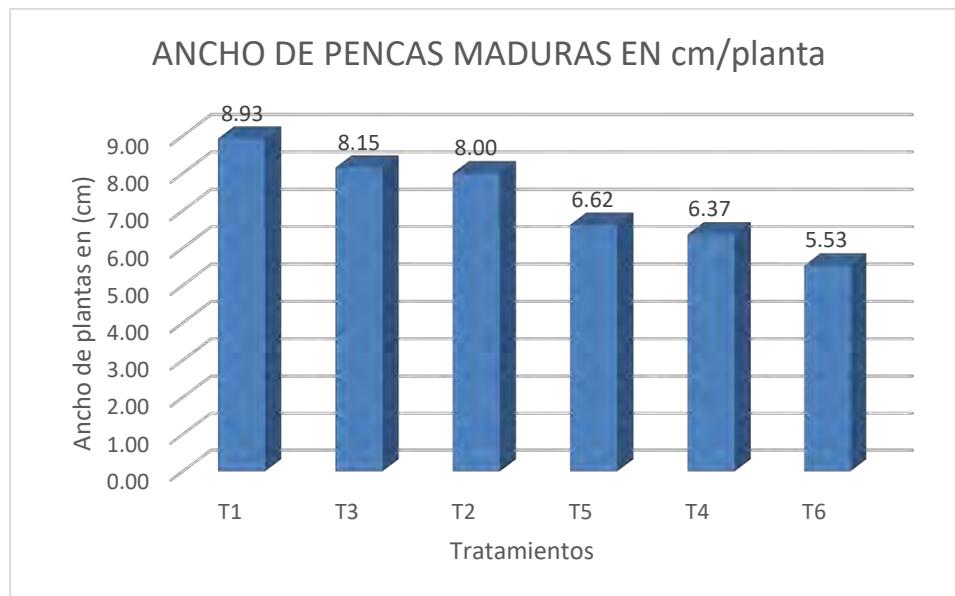
CV: 10.57%

Nota: El análisis de varianza para ancho de pencas maduras en centímetros/planta, indica que para bloques no existen diferencias con 99% de probabilidades a favor. Para los tratamientos, factor A, factor B, existen diferencias con 99 % de probabilidades a favor, No existen diferencias al 99% de probabilidades para la interacción AxB. El coeficiente de variabilidad fue de 10.57%; lo que nos indica la confiabilidad de los datos (TABLA N° 22).

TABLA N°23: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas)

| OM | ANCHO DE PENCAS MADURAS EN cm/planta | | TUKEY | |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | | | 0.05 | 0.01 |
| I | T1 | 8.93 | a | a |
| II | T3 | 8.15 | ab | ab |
| III | T2 | 8.00 | ab | ab |
| IV | T5 | 6.62 | bc | bc |
| V | T4 | 6.37 | c | bc |
| VI | T6 | 5.53 | c | c |
| ALS _{(T)(0.05)} = | | 1.566 | ALS _{(T)(0.01)} = | 2.015 |

GRÁFICO N°13 ANCHO DE PENCAS MADURAS EN (cm/plantas)

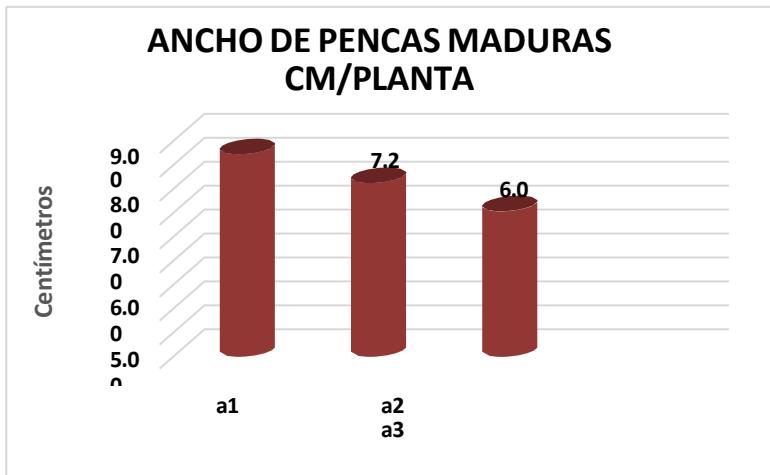


La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que los tratamientos T1, T3 y T2; con rendimientos de 8.93; 8.15 y 8.00 cm/planta de ancho de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el primer lugar, siendo superiores al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los tratamientos T3, T2, T5 y T4 con rendimientos de 8.15; 8.00; 6.62 y 6.37 cm/planta de ancho de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el segundo lugar siendo inferior al grupo anterior y superior al resto de tratamiento, finalmente el grupo formado por los T5, T4 y T6; con rendimientos de 6.62; 6.37 y 5.53 cm/planta de ancho de pencas, son estadísticamente iguales y ocupan el último lugar todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 23 y GRÁFICO N°13.).

TABLA N° 24: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A.

| ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA | | | | |
|-----------------------------------|----|-------|----------------------------|-------|
| OM | | TUKEY | | |
| | | 0.05 | 0.01 | |
| I | a1 | 8.46 | A | a |
| II | a2 | 7.26 | B | ab |
| III | a3 | 6.08 | B | b |
| ALS_{(T)(0.05)}= | | 0.996 | ALS _{(T)(0.01)} = | 1.311 |

GRÁFICO N° 14: ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR A

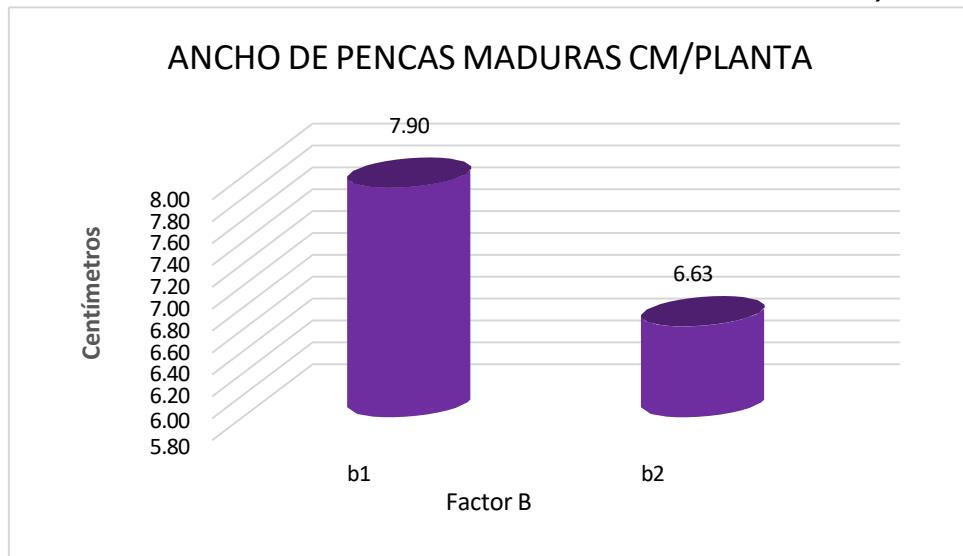


Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que grupo formado por los factores **a₁**(**nivel de fertilización alto**) y **a₂**(**nivel de fertilización medio**) ; con un ancho de pencas maduras de 8.46 y 7.26 centímetros, ocupa el primer lugar, siendo superior al resto de tratamientos, así mismo el grupo formado por los factores **a₂**(**nivel de fertilización medio**) y **a₃**(**nivel de fertilización bajo**) con un ancho de pencas maduras de 7.26 y 6.08 centímetros, ocupan el segundo lugar siendo inferiores al grupo anterior todo esto con un 99% de confianza. (TABLA N° 23 y GRÁFICO N° 9).

TABLA N° 25: PRUEBA DE TUKEY ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA FACTOR B.

| OM | ANCHO DE PENCAS MADURAS CM/PLANTA | TUKEY | |
|----|-----------------------------------|---------------------------|------|
| | | 0.05 | 0.01 |
| I | b1 | 7.90 | a |
| II | b2 | 6.63 | b |
| | $ALS_{(T)(0.05)} = 0.667$ | $ALS_{(T)(0.01)} = 0.924$ | |

GRÁFICO N° 15: ANCHO DE PENCAS MADURAS/CM PLANTA) FACTOR B.



Nota: La prueba de Tukey al 99% de confianza indica que el factor **b₁(turba)** con un ancho de pencas maduras de 7.90 centímetros, ocupa el primer lugar y es superior al factor **b₂(estiércol de cuy)** con un ancho de pencas maduras de 6.63 centímetros, todo esto con un 99% de probabilidades a favor. (TABLA N° 24 y GRAFICO N° 10).

5.2 DISCUSION

La investigación se ha realizado en una campaña donde los factores climáticos han tenido comportamiento dentro del rango normal, con la precipitación regular que no ha mostrado sequias prolongadas. Por otro lado, se ha tenido, los cuidados necesarios en el uso de la metodología para la aplicación de los tratamientos, asimismo, los datos cuantitativos han sido registrados en su oportunidad durante las evaluaciones planificadas según los objetivos planteados en el proyecto. Bajo estas consideraciones, se reportan resultados por objetivos, donde se destaca que las fuentes orgánicas como la turba y el estiércol de cuy y las combinaciones con fertilizantes propuestas han mostrado sinergia en la producción de pencas de la sábila.

Como se demuestra en los cuadros y el análisis de ANVA y Tukey, visualiza la significancia en que la Turba (1000 kg/ha) con nivel alto de fertilización de 156 unidades de nitrógeno y 100 unidades de fosforo) y estiércol de cuy (1500 kg/ha) con nivel alto de fertilización (156 unidades de nitrógeno y 100 unidades de fosforo) con rendimientos de 17, 225 t/ha y 16, 721 t/ha respectivamente, han tenido efecto sumatorio en el desarrollo (tamaño y peso) de pencas, lo que significo producción superior estadísticamente, con respecto al testigo y otros tratamientos de turba con nivel bajo de fertilización y estiércol de cuy y con nivel bajo de fertilizantes.

También estos tratamientos han mostrado tendencia superior en características agronómicas cuantitativamente registradas como: pencas en 490 gramos por planta, número de pencas maduras por planta, ancho y largo de pencas, con respecto al testigo.

Los resultados por hectárea anteriormente mencionados, confirman las afirmaciones vertidas por los autores como: Abad *et al.*, 2001; Flores y Morales, 2018; Paucar *et al.*, 2022; Rubi, 2021; Ahmad *et al.*, 20216 y Hasanuzzaman *et al.*, 2008, que indican que el aporte de la turba, estiércol de cuy, la Urea y Fosfato Di Amonico, son fuentes orgánicas y químicas que mejoran la disponibilidad de nutrientes en el suelo y hacen mas sostenibles el incremento de rendimiento del cultivo por hectárea.

La Por otro lado, la tendencia de estos resultados es similar a los resultados reportados por (Oliverio, 2014) que, usando 50% lombri-compuesto a base de pulpa

de café y 50% arena de río observo mayor incremento del crecimiento y desarrollo de plantones sábila en vivero. También, (Cholata, 2013), indica que el sustrato de aguaje dio condiciones favorables al mejor desarrollo de hijuelos de sábila con buenas características agronómicas. Asimismo, (Calzada y Pedroza, 2004) indican, el tratamiento alto y bajo de niveles de fertilización, más el estiércol de cuy en dosis alto, reportaron rendimiento superior de cladodios a otros tratamientos. El aporte de abonos orgánicos es inminente en la mejora de la calidad nutricional del suelo y el efecto inmediato en el desarrollo de los cultivos y la relación directa en el rendimiento; en esa tendencia (Vera, 2014) indica que el estiércol de ganado vacuno a 8t/ha y dos aplicaciones de biol reporto 24, 316 tn/ha de producción de tubérculos de oca, siendo ampliamente superior al testigo, por otro lado, (Taype, 2018) usando estiércol de cuy reporta rendimiento superior de brócoli con respecto al testigo.

Los resultados obtenidos en la presente investigación y los resultados demostrados por otras investigaciones afianzan que, el uso de abonos orgánicos como fuente de nutrientes mayores y menores más la fertilización química complementaria, dotan mejores ventajas comparativas en la nutrición del suelo y por ende el mejor desarrollo de las plantas, siendo mayor ventaja en plantas semipermanentes y permanentes como es el cultivo de la sábila.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo con nuestros objetivos planteados y lo observado en la presente investigación, se concluye que:

Para el objetivo específico 1. El análisis estadístico al 99 % y el orden de méritos registrados con la prueba de Tukey, los tratamientos de 1000 kg de turba más el nivel de fertilizante 156 – 100 – 197 con 1000 kg de turba más el nivel de fertilizante 70 – 50 – 100; y 1500 kg de estiércol de cuy más el nivel de fertilizante 156 – 100 – 197, promovieron en sábila rendimientos de 17.990, 17.210 y 16.460 tn/ha respectivamente, siendo estadísticamente superiores con respecto a otros tratamientos e incluido el testigo. Resultados que afirman la hipótesis.

Para el objetivo específico 2. El análisis estadístico al 99 % y el orden de méritos registrados con la prueba de Tukey. Los tratamientos de 1000 kg de turba más el nivel de fertilizante 156 – 100 – 197, 1000 kg de turba más el nivel de fertilizante 70 – 50 – 100; y 1500 kg de estiércol de cuy más el nivel de fertilizante 156 – 100 – 197, mostraron mejor desarrollo de las pencas y estadísticamente superior a los otros tratamientos, siendo la variación para los tres mejores tratamientos en número de pencas de 4.2 a 5.2 pencas por planta; el largo de las pencas vario de 47.6 a 61.5 cm y para el ancho de 7.9 a 8.9 cm. Los otros tratamientos tuvieron valores menores en número de pencas, largo y ancho. Resultados que afirman la hipótesis.

RECOMENDACIONES

- En Yanatile, continuar con los trabajos de investigación usando otros tipos de fertilizantes comerciales.
- Continuar los trabajos de investigación utilizando otras fuentes de abonos orgánicos.
- Mediante la investigación realizar costos de producción del cultivo en relación al uso de sustratos y fertilizantes
- Mediante la investigación realizar estudios de mercadotecnia, determinando mecanismos de comercialización más factibles para los agricultores.
- Promover hacia los Agricultores los resultados de la presente investigación.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ARANCIBIA, D. (2016) Aloe vera Manejo del cultivo y usos. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Proyecto FIAPYT-2016-0151 “Utilización de especies vegetales suculentas con potencial agro productivo como alternativa de diversificación sustentable en zonas áridas.
- BARBARO, L. (2014) Evaluación de sustratos formulados con corteza de pino, pinocha y turba subtropical. Cienc. suelo vol.32 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires dic. 2014
- BARREROS, E. (2017). “efecto de la relación carbono/nitrógeno en el tiempo de descomposición del abono de cuy (*Cavia porcellus*), enriquecido.” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
- CHOLOTA, O. (2013). Universidad Técnica de Ambato. Evaluación de sustratos para el enraizamiento de plántulas de sábila (Aloe vera). Tesis de Ingeniería Agronómica.
- CARPANO, M. (2009) Caracterización morfoanatómica comparativa entre *Aloe vera* (L.) Burm. F., *Aloe arborescens* Mill., *Aloe saponaria* Haw. y *Aloe ciliaris* Haw. (Aloeaceae).
- CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT). (2007) Uso y Aprovechamiento de Abonos Orgánicos e Inocuidad. ISBN: 978-968-9304-13-5. Argentina
- DAVILA E. DE. (2019) Dos ambientes climáticos tropicales y su relación con la ecofisiología de Aloe Vera “Sábila” San Martin Y Llorente- Perú. 2018”. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- DURAN, B. (2005). Efecto del acolchado plástico, fertilización nitrogenada y composta orgánica en el crecimiento y desarrollo de sábila *aloe barbadensis miller* con riego por goteo automatizado. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, vol. IV, núm. 1, 2005, pp. 1-7 Universidad Autónoma Chapingo Durango, México

EL ALOE VERA (Aloe Barbadensis Miller) como componente de alimentos Funcionales: Rev Chil Nutr Vol. 32, No 3, Diciembre 2005

FORTIS, M. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.3 Núm.6 1 de noviembre - 31 de diciembre, 2012 p. 1203-1216

GARCÍA, S. (2006) SÁBILA (Aloe vera) En la especialidad de HORTICULTURA Buenavista, Saltillo, Coahuila, México mayo de 2006.

GARCÍA, V, JG. (2023) Impacto de dos clases texturales con dos bioestimulantes en el establecimiento de sábila (Aloe vera) en la localidad de Ipal-distrito Yanatile-Cusco. Tesis Universitaria de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

GUZMAN, M. (2011) "Efecto de cuatro dosis de Fosfato Diamónico (18- 46-0) sobre las Características Agronómicas y Bromatológicas del Forraje de Morera (*Morus nigra L.*) en el Fundo Zungarococha". Universidad Nacional de la Amazonia Peruana Facultad de Agronomía Instituto Nacional de Investigación Forestales, Agrícolas y

PECUARIAS (INIFAP). (2013) Nutrición de agave tequilana y manejo de los fertilizantes en un sistema de producción intensiva (riego por goteo) SBN: 978-607-37-0066-5 CLAVE INIFAP/CIRNE/A-517 Primera Edición 2013

KARLANIAN, M. (2011). Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas del Ibicuy (Entre Ríos, Argentina). Agriscientia vol.28 no.2 Córdoba jul./dic. 2011.

MACHADO, J. (2018). Efecto de diferentes frecuencias y dosis de riego por goteo en el cultivo de sábila en el Municipio Colina del estado Falcón. Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía, vol. 3, núm. 5, 2018 Fundación Koinonía, Venezuela.

MOLERO, T. (2013) Tasa de propagación de plantas de Aloe vera (L.) Burm.f.del occidente de Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2013, 30: 392-409

NAVARRO, M. (2013) Efecto de los tratamientos de gel de aloe, aplicados en pre o post-recolección sobre la calidad de frutos de hueso y uva de mesa diana.

REV. BRAS. FARMACOGN. 19 (1B) (2009). Farmacobotánica,

Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, Calle 47 Y 115 (1900) La Plata,
Buenos Aires, Argentina

RODRÍGUEZ, I. (2006). Beneficios del Aloe Vera I. (sábila) en las afecciones de la piel. Rev Cubana Enfermer v.22 n.3 Ciudad de la Habana jul.-sep. 2006

RUBÍ, M. (2021) Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.10 no.8 Texcoco nov./dic. 2019 Epub 05-Feb-2021

SEMPERTEGUI, M. (2020). Manejo Agronómico del cultivo de sábila Aloe vera y sus procesos agroindustriales. Universidad Técnica de Babahoyo Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica.

HERNÁNDEZ C. J (2015). Evaluación del cultivo de sábila y distribución espacial de macroinvertebrados del suelo, en el centro-norte de campeche. el colegio de la frontera sur tesis Thaxcala - Mexico.

GARCIA. M. L. I; SANCHEZ. A. S y BAUTISTA. C, A (2020). Combinación de hongos micorrízicos y fertilización fosforada en el crecimiento de dos agaves silvestres. Terra Latinoam [online]. 2020, vol.38, n.4, pp.771-780. Epub 12-Feb-2021. ISSN 2395-8030. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.702>.

PAREDES P. A V y GUZMAN B. Z R (2024). Revisión bibliográfica del efecto de la adición de estiércol bovino en la producción agrícola.- Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador. 2024

ZUÑIGA E. L (2013). Nutrición de Agave tequilana y manejo de los fertilizantes en un sistema de producción intensiva (riego por goteo) Programa de Investigación Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del Campo Experimental Las Huastecas –CIRNE-INIFAP-SAGARPA

YEPEZ M. L (1993). Frecuencia Optima de Riego y Fertilización en Aloë vera L.- L

*Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda", Centro de Investigaciones en Ecología y Zonas Aridas. Apdo. 7506, Coro, Ven. Turrialba Vol. 43, No. 4, 1993, pp. 261-267. <https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9687/A0792e04-05.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS

TIPO DE ANALISIS: FERTILIDAD Y MECANICO

PROCEDENCIA MUESTRA: Ipal – Yanatile- Calca

SOLICITANTE: NAYRUTH PINEDO GARCIA

ANALISIS DE FERTILIDAD:

| N | CLAVE | C.E. mmhos/cm | pH | M.O. % | N TOTAL % | P ₂ O ₅ ppm | K ₂ O ppm |
|----|-------------------|------------------|------|-----------|--------------|--------------------------------------|-------------------------|
| 01 | SUELO AGRICOLA | 0.11 | 6.60 | 1.30 | 0.065 | 15 | 88 |

ANALISIS MECANICO:

| N | CLAVE | ARENA % | LIMO % | ARCILLA % | CLASE TEXTURAL |
|----|----------------|------------|-----------|--------------|---------------------|
| 01 | SUELO AGRICOLA | 35 | 35 | 30 | FRANCO ARCILLOSO |

CUSCO, 15 DE JUNIO DE 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE AGRONOMIA Y CIENCIA
CENTRO DE INVESTIGACION EN SUELOS Y ABONOS


Mgt. Arcadio Calderon Choquechambi
DIRECTOR

**DETERMINACION DE CANTIDADES DE FERTILIZANTES Y ABONOS POR
EXPERIMENTO Y PARCELA**

| Fertilizantes | 156-100-197 (N-P-K) | | 70-50-100 (N-P-K) | |
|--|---------------------|---|-------------------|---------------------------------------|
| | Kg/ha | Kg/ Experimento (turba y estiércol) | Kg/ ha | Kg/Experimento |
| Fosfato Diamónico: 18 % de N y 46 % de P_2O_5 | 217 | 217kgx168m ² /10000 $m^2= 3.6kg$ | 110 | $217 \times 168 / 10000 = 1kg$ |
| Urea 46 % de N. | 328 | 328kgx168m ² /10000 $m^2= 5.5kg$ | 167 | $167 \times 168 / 10000m^2 = 2.8kg$ |
| Abonos | Turba | | Estiércol de Cuye | |
| | Kg/ha | Kg/Experimento | Kg/ha | Kg/Experimento |
| | 1000 | 1000kgx504m ² /10000 $m^2=50.4kg$ | 1500 | $1500 \times 504 / 10000m^2 = 75.6kg$ |

DETERMINACION DE CANTIDADES DE FERTILIZANTES POR PLANTA

| Fertilizantes | 156-100-197 (N-P-K) | | 70-50-100 (N-P-K) | |
|--|--|-------------------------------|--|--------------------------------------|
| | Kg/Experimento (turba y estiércol) 224 plantas | gramos/ Planta | Kg/Experi- ento (turba y estiércol) 224 plantas | gramos/ planta |
| Fosfato | | | | 1000grx1/224 |
| Diamónico | | | | plta=4.5 |
| 18% de N y | | | | gr/plta |
| 46% de P₂O₅ | 3.6 | 3600x1/224plta.=16gr/p Lta | 1 | |
| Urea 46 % de N | 5.5 | 24plta=24.5gr/ plta. | 2.8 | 2800grx1/224p lta=12.5gr/plta |
| Abonos | Turba | | Estiércol de Cuye | |
| | Kg/Experimento 336 plantas | gr/Planta | Kg/Experimento y 336 plantas | gr/Planta |
| | 50.4 | 1/336plta=15 gr/plta | 75.6 | 7560grx1/336 plta=22.5gr/plt a |

ANEXO: GALERIA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 9: Extracción de turba.



Fotografía 10: Aplicación de estiércol de cuye.



Fotografía 11: Aplicación de turba y estierco de cuye a las unidades experimentales en estudio.



Fotografía 12. Aplicación de fertilizantes a las unidades experimentales.



Fotografía 13. Deshierbe de malezas en el campo experimental.



Fotografía 14. Equipos y materiales para realizar las evaluaciones de las variables



Fotografía 15. Aplicación de riego manualmente con una manguera.



Fotografía 16. Corte de pencas para su respectivo estudio y análisis.



Fotografía 17. Evaluación de peso fresco de penca



Fotografia 18. Evaluación de altura de pencas.



Fotografía 19. Evaluación de ancho de pencas



Fotografía 20. Evaluación de numero de pencas

