

**EFFECTO DE DOS PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE
LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ÑAMPI
(*Colocasia esculenta* var. antiquorum) EN DOS ZONAS
PRODUCTORAS DE LA REGIÓN HUETAR NORTE.**

LUIS GUSTAVO ACOSTA ROJAS



Carrera de Ingeniería en Agronomía
Tecnológico de Costa Rica
Sede Regional San Carlos
2005-2018

Trabajo Final de Graduación presentando a la Escuela de Agronomía
como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura
en Ingeniería en Agronomía

**TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

2017

**EFFECTO DE DOS PROGRAMAS DE FERTILIZACIÓN SOBRE
LA CALIDAD Y EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ÑAMPI
(*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) EN DOS ZONAS
PRODUCTORAS DE LA REGIÓN HUETAR NORTE.**

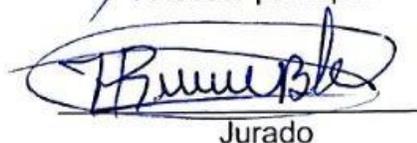
LUIS GUSTAVO ACOSTA ROJAS

Aprobado por lista de miembros evaluadores:

Ing. Agr. Arnoldo Gadea Rivas, M. Sc.


Asesor principal

Ing. Agr. Parménides Furcal Berigüete, M. Sc.


Jurado

Ing. Agr. Sergio Torres Portuguez, M. Sc.


Jurado

Ing. Agr.-Zulay Castro Jiménez, MGA


Coordinadora
Trabajos Finales de Graduación

Ing. Agr. Alberto Camero Rey, M. Sc.


Director
Escuela de Agronomía

2017

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la fuerza, entusiasmo y confianza para concluir toda esta etapa

A mi Familia

A mi padre, por apoyarme siempre y en todo momento, por ser un modelo a seguir en mi vida y por estar siempre a mi lado y enseñarme tantas cosas de las cuales hoy siento orgullo.

A mi madre, por estar siempre a mi lado guiándome y aconsejándome en todo momento, por enseñarme tantas cosas de la vida y por estar siempre a mi lado apoyándome incondicionalmente.

A mis hermanas, por estar siempre a mi lado y por ser parte importante de esta meta.

AGRADECIMIENTO

Primero a Dios por hacer que todo esto fuera posible, y darme la fuerza y motivación para no rendirme.

A mi familia, por darme siempre el apoyo necesario para cumplir todas mis metas.

A todos mis profesores, buenos y malos, por ser parte de mi aprendizaje tanto en el ámbito profesional como personal. Especialmente a Arnoldo Gadea que fue un colaborador y consejero de este proyecto.

A Vinicio “Orejas” y Carlos “Burro” por ayudarme siempre en todo lo que fue el trabajo de campo realizado en el proyecto.

A mis compañeros de generación 2011 por estar siempre conmigo en todos estos años en el TEC.

A todas aquellas personas que, aunque no ingresamos en mismo año fueron grandes compañeros: Paúl, Tencho, Zoncho, Calambres, Lapa, Daniel, Salomón, Machaco, Condorito, Sancho, Alicia, Carvajal y todos los demás, Muchas Gracias

A Yendry Jiménez y Andrea González por todo el apoyo y ayuda que me brindaron.

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	i
TABLA DE CONTENIDOS	ii
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general	3
1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Fertilidad del suelo	4
2.2. Características Físicas	4
2.3. Características Químicas	5
2.4. Función de los nutrientes en la planta.....	6
2.4.1. Nitrógeno (N)	6
2.4.2. Fósforo (P)	6
2.4.3. Potasio (K)	6
2.4.4. Magnesio (Mg).....	6
2.5. Absorción de nutrientes por parte de la planta.....	7
2.6. Curvas de absorción	9
2.7. Programas de fertilización.....	10
2.8. Rendimiento de cultivo de ñampí	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1. Universo de estudio.....	13
3.2. Periodo de estudio	14
3.3. Diseño experimental y de muestreo	14
3.4. Descripción de unidad experimental y área experimental.....	14
3.5. Descripción de los tratamientos	16
3.6. Aplicación de los tratamientos.....	18
3.7. Establecimiento y desarrollo del ensayo	20

3.8. Variables evaluadas	21
3.9. Calidad:.....	21
3.9.1. Peso de los cormelos:.....	21
3.9.2. Número de cormelos:.....	22
3.10. Rendimiento:.....	22
3.11. Relación beneficio/costo	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
4.1. Efecto de la fertilidad natural del suelo sobre la calidad del ñampí.....	23
4.1.1. Peso promedio de los cormelos.....	23
4.1.2. Número de Cormelos.....	23
4.1.3. Rendimiento.....	24
4.2. Comparación entre los tres tratamientos de cada finca	26
4.2.1. Peso promedio de los cormelos.....	26
4.2.2. Número de cormelos.....	27
4.2.3. Rendimiento.....	30
4.3. Relación beneficio/costo (B/C).....	34
5. CONCLUSIONES	37
6. RECOMENDACIONES.....	38
7. LITERATURA CITADA	39
8. ANEXOS.....	44

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
<u>1.</u>	Resultado del análisis de suelos en finca Agua Azul de la Fortuna y finca La Vega de Florencia. 2016	13
<u>2.</u>	Relación de bases obtenida en finca Agua Azul en la Fortuna y finca la Vega en Florencia 2017.	14
<u>3.</u>	Determinación de programa de fertilización basado en la absorción de nutrimentos de las estructuras del subsuelo en ñampí (Gadea, 2001). 2016	17
<u>4.</u>	Dosis, momentos, fórmulas y cantidad de fertilizantes aplicados en todos los tratamientos. 2016.....	17
<u>5.</u>	Dosis por planta del programa de fertilización convencional utilizado por los agricultores de la zona Huetar Norte. 2016.	18
<u>6.</u>	Dosis por planta de programa de fertilización creado para el experimento basado en la curva de absorción en Santa Clara de Florencia (Gadea, 2001). 2016.....	19
<u>7.</u>	Efecto de la fertilidad natural del suelo en el peso promedio de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017	23
<u>8.</u>	Efecto de la fertilidad natural del suelo en la cantidad promedio de cormelos de primera y segunda calidad y el número de cormelos por planta en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017.....	24
<u>9.</u>	. Efecto de la fertilidad natural del suelo en el rendimiento de ñampí (Kg/ha) de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017	24
<u>10.</u>	Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en el peso promedio de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017.....	27

<u>11.</u> Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en la cantidad de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017.....	29
<u>12.</u> Efecto de la fertilidad natural del suelo y dos programas de fertilización sobre el rendimiento total de ñampí en dos fincas de la Región Huetar Norte. 2017.....	32
<u>13.</u> Rendimiento del ñampí en t/ha bajo los tres tratamientos evaluados dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017.....	33
<u>14.</u> Relación beneficio/costo de ñampí de primera calidad para finca Agua Azul en la Fortuna. 2017	35
<u>15.</u> Relación beneficio/costo de ñampí de primera calidad para finca La Vega en Florencia. 2017.....	35
<u>16.</u> Relación beneficio/costo del ñampí de segunda calidad para finca Agua Azul en la Fortuna. 2017.	35
<u>17.</u> Determinación de la relación beneficio/costo del ñampí de segunda calidad para finca La Vega en Florencia. 2017	36

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1.	Forma de los elementos para la absorción de nutrientes por parte de la planta.....	8
2.	Croquis de la Distribución de los tratamientos en finca Agua Azul en la Fortuna	15
3.	Croquis de la distribución de los tratamientos en finca La Vega en Florencia.....	15
4.	Unidad experimental delimitada por repeticiones de los tratamientos en finca La Vega en Florencia. 2016	16
5.	Distribución del fertilizante en el suelo al momento de aplicación al ñampí en finca Agua Azul de la Fortuna. 2016.....	19
6.	A) Efecto del herbicida en finca Agua Azul de la Fortuna. B) Efecto del herbicida en finca La Vega de Florencia. C) Germinación normal después de la aplicación del herbicida en la Vega de Florencia. 2016.....	20
7.	A) Parcela La Vega en Florencia sin desyerbar. B) Parcela La Vega en Florencia desyerbada. C) Parcela Agua Azul en la Fortuna sin desyerbar. D) Parcela Agua Azul en la Fortuna desyerbada. 2016.....	21
8.	Sistema de clasificación empírica de ñampí realizada en Santa Clara de Florencia: A) Cormelo pequeño de primera calidad. B) Cormelo mediano de primera calidad. C) Cormelo grande de primera calidad. 2017	22
9.	Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en el número promedio de cormelos por planta en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017.....	30
10.	Comparación de la precipitación semanal en Santa Clara de Florencia con respecto a la evotranspiración semanal del cultivo. 2016-2017.	34

RESUMEN

La investigación se realizó en finca Agua Azul en La Fortuna de San Carlos, Alajuela, Costa Rica y finca La Vega en La Vega de Florencia de San Carlos, Alajuela, Costa Rica, en donde se evaluó la respuesta en calidad y rendimiento del ñampí (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) expuesto a la fertilidad natural del suelo y a dos programas de fertilización. El experimento incluyó tres tratamientos, un testigo absoluto al cual no se realizó ninguna fertilización, un tratamiento de fertilización convencional, el cual constó de 58 Kg/ha de N, 51 Kg/ha de P₂O₅ y 76 Kg/ha de K₂O, y un tercer tratamiento con una fertilización creada a partir de la curva de absorción del cultivo el cual consistió en 81 Kg/ha de N, 53 Kg/ha de P₂O₅, 109 Kg/ha de K₂O y 18 Kg/ha de MgO. En ambos tratamientos las aplicaciones se realizaron a las cuatro, doce y 20 semanas después de la siembra. Se utilizó un Diseño Bloques Completos al Azar y las variables fueron analizadas mediante un Análisis de Varianza y prueba de Medias LSD al 90% y 95%. Se presentaron diferencias significativas en cuanto al peso promedio de los cormelos de primera calidad $98,24 \pm 2,7$, en donde el tratamiento sin fertilización alguna de finca Agua Azul fue superior al tratamiento sin fertilización alguna de finca La Vega. Además, para la variable cantidad de cormelos de primera ($91,5 \pm 6,9$), y segunda calidad ($553,2 \pm 9,8$), el rendimiento de primera ($1993,7 \pm 181,9$), y de segunda calidad ($4688,1 \pm 254,8$), el tratamiento basado en la curva de absorción en finca Agua Azul fue el que presentó los mayores valores. La relación beneficio/costo mostró que el tratamiento sin aplicación alguna en cormelos de primera calidad presentó el valor más elevado ($B/C=1,3$), para esta relación, mientras que el tratamiento bajo la fertilización basada en la curva de absorción en cormelos de primera calidad tuvo el valor más bajo para esta relación ($B/C=0,34$).

Palabras clave: Programa de fertilización, Ñampí, Rendimiento, Calidad, Relación costo/beneficio, *Colocasia esculenta* var. *antiquorum*, absorción de nutrimentos, N, P, K, Mg

ABSTRACT

The research was carried out in Agua Azul farm in La Fortuna de San Carlos, Alajuela, Costa Rica and La Vega farm in La Vega, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, where the response on quality and yield of the ñampí was evaluated (*Colocasia esculenta* var. *Antiquorum*) exposed to natural soil fertility and to two fertilization programs. The experiment included three treatments, an absolute control to which no fertilization was performed, a conventional fertilization treatment, consisting of 58 kg / ha of N, 51 kg / ha of P₂O₅ and 76 kg / ha of K₂O, and one Third treatment with a fertilization created from the absorption curve of the crop, which consisted of 81 kg / ha of N, 53 kg / ha of P₂O₅, 109 kg / ha of K₂O and 18 kg / ha of MgO. In both treatments applications were performed at four, twelve and 20 weeks after sowing. A Complete Blocks Design was used and the variables were analyzed using a Variance Analysis and LSD Means test at 90% and 95%. There were significant differences in the average weight of the first-quality corms $98,24 \pm 2,7$, where the treatment without any fertilization of Agua Azul farm was superior to the treatment without fertilization of the La Vega farm. In addition, for the variable quantity of first (91.5 ± 6.9) and second quality (553.2 ± 9.8), the first yield ($1993,7 \pm 181,9$) and second (4688.1 ± 254.8), the treatment based on the absorption curve in the Agua Azul farm was the one that presented the highest values. The benefit / cost ratio showed that the treatment without any application in first quality corms presented the value (B / C = 1.3) for this ratio, whereas the treatment under fertilization based on the absorption curve in first quality corms had the lowest value for this ratio (B / C = 0.34).

Key words: Fertilization program, Nampí, Performance, Quality, Cost / benefit ratio, *Colocasia esculenta* var. *antiquorum*, nutrient absorption, N, P, K, Mg

1. INTRODUCCIÓN

Para el año 2050 se espera que la población mundial haya aumentado en 2300 millones de personas. Por esto, se prevé que la producción de alimentos debe aumentar en 70% para suplir las necesidades alimentarias. Esto implica que se debe de aumentar la productividad, intensificar las áreas que ya están cultivadas, dejando como última opción el aumento en áreas dedicadas al cultivo, esto debido a que el crecimiento urbano para albergar tal número de habitantes va a ocupar muchísimo espacio. Parte de los requerimientos para aumentar la producción agrícola en las mismas áreas es la fertilización de los cultivos, y no solo fertilizarlos, si no hacerlo de la mejor manera posible (FAO 2009).

Para el buen desarrollo de cualquier cultivo es necesaria la presencia de elementos químicos que nutran la planta. De todos los elementos químicos presentes en el planeta, solo algunos son considerados esenciales para las plantas, debido a que forman parte de los procesos fisiológicos, bioquímicos y metabólicos necesarios para el buen funcionamiento de ellas. Estos elementos esenciales deben encontrarse en lo que se denomina un contenido óptimo, el cual se da cuando todos los elementos necesarios se encuentran en la zona que rodea las raíces y que además se encuentren en la concentración y forma adecuada (Kass 2007).

Según Bruulsema *et al.* (2012), un manejo responsable de los nutrientes es la clave para realizar una buena fertilización. Este manejo responsable está dictado por cuatro requisitos muy importantes, la fuente correcta, la dosis adecuada, aplicada en el momento idóneo, en el lugar indicado.

La fuente correcta asegura una oferta balanceada de nutrientes que además puedan adaptarse a las propiedades del suelo. La dosis adecuada evaluando la oferta de nutrientes en las fuentes y la demanda del cultivo, el momento idóneo como requisito para evaluar la dinámica de toma de nutrientes por parte del cultivo y determinar los momentos en los que se corre el mayor riesgo de pérdidas, el lugar indicado debe de ser aquel en donde se encuentre la mayor cantidad de raíces para lo cual se debe de conocer el patrón de distribución de estas (Bruulsema *et al.* 2012).

Parte de los requisitos para la obtención de buenos rendimientos en la agricultura es la aplicación de una fertilización equilibrada, en la cual los elementos

aplicados cubran con las necesidades del cultivo y se evite la presencia de antagonismos entre estos, logrando ojalá una mejora en la eficiencia de las formulas aplicadas (FAO 2002).

En el momento en que una planta nace, crece y muere en un mismo sitio, los nutrientes que ha extraído son reincorporados al mismo sitio por la descomposición de esta. Esto no ocurre en el caso de los sembradíos con fines comerciales ya que una parte de la producción de biomasa por parte de la planta es extraída para la venta, por ende, estamos extrayendo mayor cantidad de nutrientes que los que son reincorporados. Por otro lado, las prácticas de manejo como la mecanización y el control de las malezas generan condiciones en la superficie del suelo que promueven la lixiviación y la erosión, ocasionando que existan perdidas en la capacidad del suelo de nutrir la planta (Primavesi 1982).

El ñampí (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) es una planta herbácea de uno a dos metros de altura la cual cuenta con un cormo central del cual brotan el pseudotallo, las raíces y los cormelos. Esta planta es originaria de Asia central y se adapta muy bien a los climas tropicales (Onwueme 1999).

Según el Censo Agropecuario (2014), en Costa Rica se cultivan 2 261 ha de ñampí, de las cuales más de 50% se encuentran en la provincia de Alajuela, principalmente en la Región Huetar Norte. La producción nacional de ñampí en su mayoría es utilizada para la exportación. En el 2010, el país logró exportar 8 193 toneladas de ñampí, siendo el principal comprador Estados Unidos (CNP,2011) citado por (Corrales 2011).

El ñampí es de alta producción de biomasa. Según Morales (2007) puede llegar a producir de 5 a 9 t/ha de producto comercializable, de los cuales solo algunos son seleccionados para la exportación, debido a características como tamaño, peso y apariencia, las cuales son fijadas por el mercado. Los cormelos que no cubren los estándares de calidad de exportación pasan a ser semilla la cual puede ser vendida. Por otro lado, el cormo central es de gran tamaño y puede ser utilizado para la alimentación humana, animal o bien como semilla de muy buena calidad.

El ñampí, en Costa Rica, es un cultivo de pequeños y medianos agricultores, al cual se le realizan prácticas de manejo convencional, en donde el agricultor generalmente aplica los mismos productos, en los mismos momentos y las mismas

cantidades. Dentro de estas prácticas de manejo podemos encontrar los planes de fertilización, de los que existen diversas recetas de fertilización, tales como las propuestas por Morales (2007), Solano & Guzmán (2010) y Wielemaker (1992), y que estas difieren entre sí en cuanto a las fórmulas y cantidades a aplicar.

Es evidente que estas recetas de fertilización, al igual que los momentos, son sugeridas por los autores citados anteriormente, sin justificar el porqué de dichas recomendaciones. Esto conlleva a que el agricultor realice labores sin tener un fundamento fuerte que las respalde. Se desconoce si las cantidades aplicadas pueden ser reducidas o deben aumentarse; si el momento en que se aplican es el apropiado; si la proporción de nutrimentos en cada momento tiene efectos en el rendimiento y calidad. Por esto se hace necesario analizar si la fertilización basada en una valoración de absorción de nutrimentos (Gadea 2001) permite ajustar la fertilización tradicional en dosis y momento de aplicación, sin detrimento del rendimiento y la calidad del ñampí.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la implementación de dos programas de fertilización sobre la calidad y el rendimiento del ñampí en dos zonas productoras de la Región Huetar Norte de Costa Rica.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la fertilidad natural del suelo sobre la calidad y el rendimiento del ñampí.
- Comparar la respuesta en calidad y rendimiento del ñampí, sometido a dos programas de fertilización al suelo.
- Estimar el efecto de los dos programas de fertilización sobre la rentabilidad del cultivo de ñampí en dos zonas productoras de la Región Huetar Norte.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Fertilidad del suelo

En términos generales, la fertilidad es la capacidad que tiene un suelo de suplir nutrimentos para las plantas. Al ser el suelo el producto de la interacción de factores y procesos formadores, el resultado en cuanto a características físicas, químicas y biológicas proporcionará las características necesarias para suplir a las plantas de un sustrato del cual pueden obtener agua y minerales para sobrevivir. Existen grandes diferencias entre los suelos de cada lugar, ya que el suelo no es homogéneo, y si bien puede tener atributos en algún aspecto, en otros puede ser deficiente. Estas diferencias están dadas porque el suelo está compuesto por cuatro materiales básicos (agua, aire, minerales y materia orgánica), los que van a definir las características físicas, biológicas y químicas, lo cual le va a proporcionar mayor o menor grado de fertilidad, es decir, van a definir la disponibilidad de los nutrientes para las plantas (Sánchez 2007, Sullivan 2004).

Un buen suelo debe permitir el desarrollo y extensión de las raíces dentro de él; debe poseer la cantidad suficiente de nutrientes para el desarrollo idóneo de la planta, retener suficiente agua disponible para la planta evitando la resequedad, disponer de suficientes espacios aireados y, por último, que no posea sustancias tóxicas que vayan a ser perjudiciales para la planta (Primavesi 1982).

2.2. Características Físicas

Las características físicas del suelo pueden afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas, debido a la facilidad que le presenta el suelo a las raíces para crecer. Además, que dependiendo de características como textura y estructura se dará la acumulación de agua y la liberación de nutrientes para la planta (Sánchez 2007).

Las características físicas del suelo están dadas por la naturaleza de la roca madre y del proceso de meteorización del cual se formaron, esto afecta la movilización de los elementos presentes en el suelo. Por otro lado, el tamaño de las partículas (textura) va a afectar procesos químicos del suelo, ya que a medida que el suelo se meteoriza y sus partículas se vuelven más pequeñas y esto lo va volviendo más susceptible a procesos de alteraciones químicas que afectan la

fertilidad de este, ya que se pierde la estabilidad química del suelo debido a factores físicos de este (Rucks *et al.* 2004).

Otro de los factores físicos que ejercen un efecto sobre la planta es la estructura del suelo, la cual define la forma en que se agrupan las partículas de arena, limo y arcilla. La estructura del suelo se puede clasificar en esférica, laminar, bloque o prismas, las cuales dan cabida a la formación de seis tipos de estructuras esferoidal, migajonosa, placas, bloques, prismática y columnar. Estos definen que tanto se va a poder mover el aire y agua dentro del suelo (Millar *et al.* 1972).

La estructura del suelo se forma por la agrupación de granos simples o de condiciones masivas, las cuales por medio de los coloides presentes en el suelo se mantienen agrupadas, dentro de los materiales coloidales forman como pegamento para las partículas del suelo se encuentran los minerales arcillosos, los óxidos coloidales de hierro y manganeso y la materia orgánica. La unión de estos materiales coloidales se da en el momento en que el agua entre los coloides se evapora generando así que el espacio entre las partículas se vaya disminuyendo hasta que se dé el contacto entre las cargas de los coloides, generando así la unión de estos (Millar *et al.* 1972).

2.3. Características Químicas

Dentro de las características químicas del suelo existe gran cantidad, como el pH, este puede afectar enormemente la disponibilidad de nutrientes para la planta, como por ejemplo el nitrógeno, fósforo, potasio, molibdeno y boro, ya que dependiendo si el pH es alto o bajo estos pueden o no formar precipitados en el suelo, he imposibilita la absorción de estos por parte de la planta (Kass 2007).

Las arcillas constituyen gran parte de la fracción mineral del suelo, además estas poseen una gran capacidad de mostrar cargas negativas las cuales absorben las cargas catiónicas de muchos elementos, fijándolos de esta manera a la estructura del suelo y haciendo de difícil acceso para la planta. Esto es debido a que estas se derivan de minerales primarios como los feldspatos. Existen arcillas 2:1, 2:2 y 1:1, esto hace referencia a una capa de tetraédrica de silicato y otra octaédrica de Aluminio (Sánchez 2007).

La disponibilidad de nutrientes tiene una relación con la materia orgánica, el nitrógeno puede ser inmovilizado según la relación carbono-nitrógeno que posea la materia orgánica del suelo, por otro lado, la descomposición de la materia orgánica en el suelo genera la liberación de sustancias que pueden afectar la disponibilidad de energía, la microbiología presente en el suelo. La liberación de estas sustancias afecta la relación carbono-nitrógeno, haciendo que el nitrógeno se libere o se fije en el suelo, esto va a depender de cuanto varíe esta relación (Kass 2007).

2.4. Función de los nutrientes en la planta

2.4.1. Nitrógeno (N)

El nitrógeno en la planta forma parte estructural de proteínas, aminoácidos, ácidos nucleicos y es parte de la clorofila. Los cuales son fundamentales para el crecimiento y desarrollo de la planta por lo cual se dice que el nitrógeno es fundamental para el desarrollo vegetativo de la planta (Molina 2003).

2.4.2. Fósforo (P)

Este elemento interviene en los procesos de recepción, conversión y transferencia de energía, esto por formar parte del ADP, ATP, NAP, NADP. Además, el fósforo tiene un gran efecto en el desarrollo radicular de la planta (Molina 2003).

2.4.3. Potasio (K)

El potasio tiene un gran papel en el manejo de los diferenciales osmóticos en la planta, ayudando en la apertura y cierre de los estomas en esta. Por otro lado, cumple el papel de potenciar la movilización de los fotoasimilados generados en las hojas hacia las estructuras de almacenamiento de la planta (Molina 2003).

2.4.4. Magnesio (Mg)

El magnesio es parte fundamental de la molécula de la clorofila, genera interacciones con otros elementos como nitrógeno y calcio para formar compuestos estabilizadores. Además, es impulsor de la movilización del potasio dentro de la planta (Molina 2003).

2.5. Absorción de nutrientes por parte de la planta

La nutrición de las plantas se realiza por dos vías, una foliar y una radical, la mayor cantidad de nutrientes es absorbida vía radical, por este medio se da un proceso pasivo por medio de una difusión. Así las paredes celulares de la raíz generan una pared, la cual puede interactuar con la solución de suelo (Murillo *et al.* 2012).

La absorción de nutrientes vía foliar es necesario que los elementos aplicados permanezcan sobre la lámina foliar entre tres y cuatro horas para que sean absorbidos correctamente. En el momento en que la cutícula se humedece la solución que está en la hoja comienzan a reaccionar, por medio de puentes de hidrógeno, con las ceras epicuticulares, la cutícula, pared celular y membrana celular, todo este movimiento a través de las diferentes membranas se da debido a la diferencia de gradiente de concentración entre la solución interna de la hoja y la solución nutritiva aplicada (Murillo *et al.* 2012)

Según Primavesi (1982), para que los nutrientes sean absorbidos por las raíces estos deben de encontrarse en una forma asimilable en el suelo, estar en las zonas donde puedan ser alcanzados por las raíces que estén disueltos en agua y por último que la planta sea activa fotosintéticamente activa para que posea unas raíces fuertes y vigorosas que se encuentren en la capacidad de realizar su función.

Las formas químicas en las que vienen los fertilizantes comerciales no son las utilizadas por la planta para ser absorbidas, Molina (2003), nos indica las siguientes formas químicas en las que son absorbidos cada uno de los elementos (Figura 1).

Elemento	Forma de absorción	Expresión química en el fertilizante
Nitrógeno	$\text{NH}^{+4}, \text{NO}^{-3}$	N
Fósforo	$\text{H}_2\text{PO}_4^{-}, \text{HPO}_4^{-2}$	P_2O_5
Potasio	K^{+}	K_2O
Calcio	Ca^{+2}	CaO
Magnesio	Mg^{+2}	MgO
Azufre	SO_4^{-}	S
Hierro	Fe^{+2}	Fe
Cobre	Cu^{+2}	Cu
Zinc	Zn^{+2}	Zn
Manganeso	Mn^{+2}	Mn
Boro	$\text{B}_4\text{O}_7^{-2}, \text{H}_2\text{BO}_3^{-}$	B
Cloro	Cl^{-}	Cl
Molibdeno	MoO_4^{-2}	Mo

Fuente: Molina (2003).

Figura 1. Forma de los elementos para la absorción de nutrientes por parte de la planta.

La absorción radicular se realiza por medio de la disolución en agua de las sales minerales presentes en el suelo, el ingreso del agua se debe a una diferencia en el gradiente hídrico del xilema, provocado por la pérdida de agua por capilaridad y transpiración (Salisbury & Ros 1994).

La raíz posee unas estructuras llamadas pelos radicales en los cuales es donde se da la absorción de la solución de suelo, esto se realiza por las paredes de los pelos radicales, estas poseen poros, llamados espacios intermicelares, estos difieren en tamaño lo cual es el que limita lo que puede o no entrar por dicho poro, por ejemplo, los iones como el K^{+} y Ca^{+2} ingresan al sistema por medio de los poros más pequeños, por otro lado, los virus, quelatos, toxinas y otros son limitados por el diámetro de los poros (Marschener 1995).

Una de las vías de absorción de la raíz es vía apoplasto en la cual las raíces los cationes absorbidos deben de pasar a través de la endodermis donde son detenidos por la banda de Caspary y quedan en el espacio libre aparente, para luego desplazarse vía simplasto hacia los haces vasculares. Otra de las formas de transporte es la vía transmembrana, este consiste en que por medio de aquaporinas

los solutos pueden atravesar las membranas cruzando a través de las células. La última ruta es la vía simplasto en la cual la solución de suelo traspasa la exodermis y la banda de Caspary por medio de plasmodesmos que conectan el citoplasma de una célula con el de la otra (Zeiger & Taiz 2006).

2.6. Curvas de absorción

Las curvas de absorción de nutrientes es un medio para contabilizar y demostrar la extracción y el consumo de nutrientes de una planta bajo condiciones definidas, con el fin de dar conocimiento para hacer la fertilización adecuada en los momentos justo de necesidad de la planta. Si bien la absorción de nutrientes se puede realizar para un solo momento y una sola estructura, a lo que se le denomina curva de absorción es a la recolección de nutrientes durante todo el ciclo (Bertsh, 2005). Según Sancho (1999), las curvas de absorción están expuestas a factores internos y externos. Internos como:

- Potencial genético de la planta
- Edad o estado de desarrollo de la planta.

Y externos como:

- Temperatura
- Radiación
- Humedad
- Precipitaciones

Los datos dados por las curvas de absorción deben de ser bien interpretados, ya que estos deben de ser dado refiriéndose a una productividad definida, ya que esta tiende a cambiar dependiendo de la productividad deseada. Otra variable a considerar es que al momento de realizar la curva se le debe de dar al cultivo la fertilización óptima, para que así este absorba justamente lo que necesita, ya que, si se realiza una curva de absorción en condiciones limitantes de algún elemento, la absorción de este se va a ver afectada, induciendo a un error en la obtención de los datos y posteriormente una interpretación y recomendación de fertilización que no va a ser la correcta. También se debe de especificar muy bien la especie y variedad del cultivo al cual se le está realizando la curva de absorción, ya que entre las diferentes variedades de un mismo cultivo existen requerimientos

diferenciados, por lo cual se debe de registrar muy bien la identificación de la planta a evaluar (Bertsh 2005).

Las curvas de absorción se realizan para los elementos que son más esenciales para la planta, en donde encontramos los macronutrientes (N,P,K,Ca,Mg,S) y los micronutrientes (Cu,Zn,Mn,B) (Saravia 2004).

Según Amador & Bernal (2012), el procedimiento para realizar las curvas de absorción consiste en:

- Tomar las plantas del campo y separar las diferentes partes a evaluar (Raíz, tallo, hojas, flores, fruto).
- Pesar las muestras en fresco.
- Colocar las muestras en secar a 70° C durante dos o tres días.
- Pesar las muestras secas y determinar el porcentaje de humedad que se extrajo.
- Moler las muestras secas
- Realizar el análisis de laboratorio para determinar la concentración de nutrientes.
- Mediante los datos obtenidos por el análisis del laboratorio se debe de pasar a Kg /ha del elemento, y esto va a depender de la densidad de siembra del cultivo.
- Con los datos de Kg/ha se debe de pasar a la forma química en que son proporcionados al suelo.
- Una vez obtenida la cantidad de los compuestos químicos necesarios se debe de calcular la cantidad de fertilizante a aplicar, esto va a depender de la formulación de fertilizante que se desee.

2.7. Programas de fertilización.

Según Hasing (2002), los programas de fertilización se realizan para obtener, o determinar la cantidad necesaria de fertilizante para un cultivo específico, estos se fijan dependiendo del área a sembrar, de la densidad de siembra del cultivo, de las condiciones de fertilización que posea el suelo.

La realización de un buen programa de fertilización requiere de la interpretación correcta de la curva de absorción de nutrientes y del análisis de suelos

de la zona de cultivo. Además, se debe de realizar la escogencia justa de las fórmulas de fertilizantes a aplicar dependiendo de los requerimientos nutricionales del momento en que se desea aplicar, para así cubrir la variedad de necesidades nutricionales de la etapa o edad del cultivo, también se debe de considerar la forma química en la que se adiciona cada elemento, dependiendo de las condiciones climáticas de la zona o de la época, de la forma de fertilización, si va a ser al por fertirriego o al suelo con fertilizantes granular (Cadahía 2008).

La aplicación de un programa de fertilización se hace con la finalidad de obtener mayores rendimientos de cosecha suministrando los nutrientes que esta necesite. Debido a esto, para realizar un buen programa de fertilización se debe de tomar en cuenta los requerimientos, las características del suelo, el clima, los rendimientos deseados, el tipo de fertilizante y el factor económico. Los requerimientos del cultivo, son necesarios para determinar cuáles elementos son los que más necesita la planta además de la cantidad de cada uno de estos que son necesarios para el buen desarrollo del cultivo. Las condiciones del suelo pueden ayudarnos a definir la eficiencia que tendrán los fertilizantes que aplicaremos además de la capacidad de retención, liberación y reacción que tiene el suelo ante los elementos a aplicar. El clima nos dictará los momentos en los que debemos de fertilizar además de la efectividad que tendrá dicha aplicación. El rendimiento deseado nos ayudara a definir las dosis apropiadas para la cantidad de cosecha que deseamos obtener. El tipo de fertilizante a utilizar será dictado por las condiciones que nos edáficas que tengamos ya que las diferentes fuentes de cada elemento reaccionan de distintas maneras en el suelo, y el factor económico nos pondrá la pauta de lo que podremos o no aplicar (Salas 2003).

Para el cultivo del Ñampí existen diversos programas de fertilización algunos ejemplos son el indicado por Morales (2007), en donde se recomienda la aplicación de 3 sacos de 46 kg (quintal) 10-30-10, 12-24-12 o 15-15-15 al mes después de siembra (dds), una segunda aplicación a los 3 meses dds de 3 quintales de nutran o Urea, y a los 5 meses dds 3 quintales de 15-3-31 o 26-0-26.

Acosta (2016) sugiere que la fertilización que utilizan muchos productores de ñampí de la Región Huetar Norte es la aplicación de 135 kg/ha de 10-30-130, 135

kg/ha de 18-5-15 y 135 Kg/ha de 15-3-31 aplicados a las 4, 12 y 20 semanas dds respectivamente.

Por otro lado, Wielemaker (1992) recomienda la aplicación de 150 kg/ha de 10-30-10 a la siembra, luego a los 2 meses dds 150 kg/ha de 18-5-15-6-2, y finalizar con una aplicación a los 4 meses dds con 150 kg/ha de 26-0-26. Mientras que Solano & Guzmán (2010) indican la aplicación de 125 kg/ha de 10-30-10 al mes dds, 100 kg/ha nitrato de amonio a los 3 meses dds y 100 kg/ha de 26-0-26 o 20-3-20 a los 5 meses dds.

2.8. Rendimiento de cultivo de ñampí

Con base al rendimiento del cultivo de ñampí podemos encontrar que no rendimientos productivos variables entre los diferentes autores, uno de estos autores es Helmich, (2010), el cual realizó un estudio probando el crecimiento y rendimiento en varios clones de ñampí, en donde logro encontrar una gran variabilidad en los rendimientos, tanto de biomasa como productivos. En este experimento indica que los rangos en los rendimientos productivos del ñampí los valores pueden variar entre 5,5 y 5,9 t/ha de producto comerciable, mientras que de cormelos de segunda calidad los valores se encuentran entre los 7,5 y 10 t/ha.

Otro de los autores que hablan sobre los rendimientos es Heredia *et al.*(2003), los cuales indican unos rendimientos de cormelos de primera de entre 3,26 t/ha hasta 8,07 t/ha, mientras que en ñampí de segunda calidad o semilla los rendimientos de este estudio fue de entre 7 y 14 t/ha.

También Gondim *et al.* (2007) presenta rendimientos por hectárea de hasta 21,2 t/ha de cormos totales al igual que los indicados por Mascarenhas & Resende (2002), los cuales indican un rendimiento total de hasta 22 t/ha de cormelos totales. Todos estos trabajos citados anteriormente fueron realizados en Brasil en donde las condiciones climáticas son tropicales.

Autores como Gondim *et al.* (2007) indican además que el peso promedio de los cormelos de primera calidad debe de ser de alrededor de los 106,37 g, y que la producción media de cormelos totales por parte de la planta debe de ser de aproximadamente ocho cormelos/planta.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Universo de estudio

El experimento se realizó en el cantón de San Carlos provincia de Alajuela. Se seleccionaron dos zonas diferentes, la Finca “Agua Azul” entre las coordenadas 10° 29' 40.8”N 84°35'58.8” W en la zona de Agua azul de La Fortuna, y en la Finca “La Vega” entre las coordenadas 10°25'19.5”N 84°31'18.5”W, en la zona de La Vega de Florencia. Ambas fincas se encuentran dentro de la misma zona por lo cual las condiciones climáticas son similares, presenta una temperatura media promedio de 25,8 C° y precipitación anual promedio de 3575 mm (TEC 2016).

En finca La Vega el cultivo no contó con ningún tipo de riego, mientras que en finca Agua Azul el cultivo contó con riego durante las últimas ocho semanas.

En ambos sitios se hizo análisis de suelo para analizar su fertilidad. Ambos suelos presentaron una alta fertilidad y sin problemas de acides. Además, en el caso de finca Agua Azul se presentó niveles bajos de fósforo, mientras que en La Vega el potasio y zinc se encontró en niveles bajos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultado del análisis de suelos en finca Agua Azul de la Fortuna y finca La Vega de Florencia. 2016

Contenido de nutrimentos										
Finca	cmol(+)/l					mg/l				
	pH	Ca	Mg	K	Acidez	Cu	Fe	Mn	Zn	P
Agua Azul	5,79	9,53	1,98	0,98	0,1	12,5	170	52,2	5,5	8,6
La Vega	5,27	12,96	4,82	0,19	0,3	6	280	55	1,9	16,39
Óptimo ¹	6-7	6-15	3-6	0,5-0,8	<0,3	1-20	10-50	10-50	3-10	20-50

¹ Cabalceta, G., & Molina, E. (2006). Niveles críticos de nutrientes en suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, Vol 30, N°2. 31-44 pp.

Cuadro 2. Relación de bases obtenida en finca Agua Azul en la Fortuna y finca la Vega en Florencia 2017.

Finca	Ca/Mg	Ca/K	Mg/K	Ca+Mg/K
Agua Azul	12	10	2	12
La Vega	18	68	25	94
Optimo2	2-5	5-25	2,5-15	10-40

²BERTSCH F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, San José, Costa Rica. 157 pp.

El material con el que se trabajó fue *Colocasia esculenta* var. Antiquorum del tipo conocido popularmente por los agricultores de la zona como brasileño.

3.2. Periodo de estudio

La fase de campo del experimento inició el 14 de septiembre del 2016 y finalizó el 9 de marzo del 2017. Por otra parte, el análisis de las muestras posterior a la cosecha se realizó del 10 al 24 de marzo del 2017 en el Laboratorio de Análisis Agronómicos de Tecnológico de Costa Rica.

3.3. Diseño experimental y de muestreo

El experimento se realizó con un diseño completamente al azar, explicado con el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

T_j = Efecto del i-esimo tratamiento

ε_{ij} = Error experimental

3.4. Descripción de unidad experimental y área experimental

La unidad experimental consistió en parcelas con ocho surcos de 15 plantas cada uno, a excepción de que se establecieron al inicio y final del área experimental en las que se sembró 16 plantas por surco, debido a la necesidad de dejar dos plantas como borde al inicio y final de cada surco. La distancia de siembra fue 0,40 m entre planta y 1,5 m entre hileras.

El área útil fue de cuatro surcos de trece plantas, lo que equivale a 52 plantas por repetición. A cada tratamiento se le realizaron cuatro repeticiones, las cuales conformaron una parcela de de 36,8 m de largo y 24 m de ancho para un total de 883,2 m².

Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en las diferentes unidades experimentales, asignando la ubicación con la función de números aleatorios del programa Excel.

En la finca Agua Azul y La Vega se distribuyeron las unidades experimentales en dos hileras de seis unidades cada una (Figuras 2 y 3).

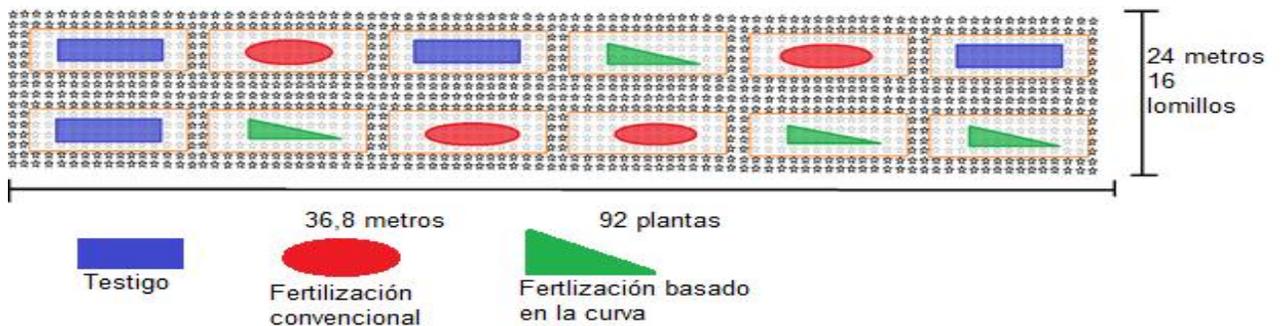


Figura 2. Croquis de la Distribución de los tratamientos en finca Agua Azul en La Fortuna

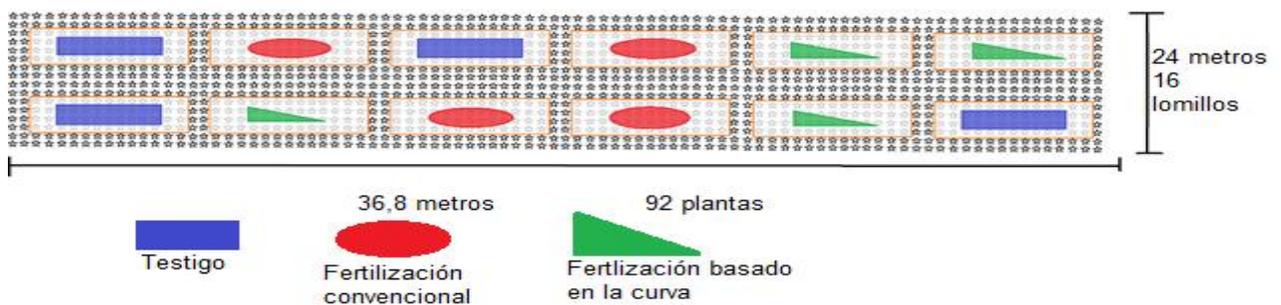


Figura 3 Croquis de la distribución de los tratamientos en finca La Vega en Florencia

Se usó una cuerda de polipropileno para separar las unidades experimentales (Figura 4)



Figura 4. Unidad experimental delimitada por repeticiones de los tratamientos en finca La Vega en Florencia. 2016

3.5. Descripción de los tratamientos

El experimento se realizó en el cultivo de ñampí (*Colocasia esculenta* var. *antiquorum*) con una densidad de 16667 plantas/ha.

Se aplicó dos programas de fertilización en el cultivo, en dos fincas diferentes, una en La Vega de Florencia y la otra en Agua Azul de la Fortuna.

En cada una de las fincas se dejó un tratamiento control (testigo absoluto), al cual no se le realizó ningún tipo de fertilización, esto con el fin de valorar el efecto de la fertilidad natural del suelo en la producción y calidad de los cormelos.

Uno de los programas de fertilización evaluados fue sugerido por Acosta (2016). Este es el programa de fertilización que gran cantidad de productores en la zona Huetar Norte utilizan en la producción de ñampí.¹

Gadea (2001), en una curva de absorción de nutrimentos en ñampí, indica los totales de elementos extraídos que posee la parte subterránea de las plantas a las 24 semanas dds (días después de la siembra), afirmando que la parte aérea es reincorporada al suelo de manera que no debería considerarse para el cálculo de la fertilización. Esos datos se usaron para obtener la extracción total de nutrimentos (en Kg/ha). Esa estimación fue multiplicada por los factores de conversión de N*1, P*2,29, K* 1,24, Mg*1,66, para convertir las unidades de nutrimentos en unidades de

¹ (Acosta 2016). Comunicador personal. 23 de abril del 2016

fertilizantes. Este dato se multiplicó por la eficiencia de los fertilizantes recomendadas por Gadea (2016), las cuales fueron de 40% para el N, 30% para el P₂O₅, un 50% para el K₂O y de 35% para el MgO y como resultado se obtuvo la dosis aplicada (Cuadro 3). Los momentos de aplicación fueron dictados por la curva de absorción, se seleccionó el momento en que inician los picos de absorción (Anexo A.2).²

Cuadro 3. Determinación de programa de fertilización basado en la absorción de nutrimentos de las estructuras del subsuelo en ñampí (Gadea, 2001). 2016

	N	P	K	Mg
Exportación (g/planta)	1,92	0,4	2,79	0,23
Densidad (plantas/ha)	16 667	16 667	16 667	16 667
Exportación (kg/ha)	32	6,67	46,5	3,8
FACTOR	1	2,29	1,2	1,66
FERTILIZANTE (kg/ha)	32	15,3	55,8	6,4
EFICIENCIA	40%	30%	50%	35%
DOSIS FUENTE (Kg/ha)	80	51	112	18

Una vez obtenidos estos datos se usó fórmulas comerciales disponibles en el mercado y se balanceó con base en estas para cubrir las necesidades indicadas en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Dosis, momentos, fórmulas y cantidad de fertilizantes aplicados en todos los tratamientos. 2016.

Tratamiento	Dosis Kg/ha				Momentos de aplicación	Formulas	Cantidad (Kg/ha)
	N	P₂O₅	K₂O	MgO			
Testigo (T1)		----			----	----	----
Convencional (T2)	58	51	76	0	4, 12, 20 semanas dds	10-30-10	135
						18-5-15	135
						15-3-31	135
						DAP (18-46-0)	105
Basado en la curva (T3)	81	53	109	18	4, 12, 20 semanas dds	26-0-26	145
						KMag (0-0-22-0-18)	100
						15-3-31	160

² (Gadea, 2016). Comunicador personal. 19 de abril del 2016

3.6. Aplicación de los tratamientos

La aplicación de la formulación diseñada para cada fecha se hizo en forma volumétrica, usando un recipiente calibrado para aplicar la cantidad específica de cada fuente y tratamiento. Para la hora de la aplicación se distribuyó el fertilizante alrededor de la planta evitando el contacto directo de este con el pseudotallo de la planta (Figura 5).

Cuadro 5. Dosis por planta del programa de fertilización convencional utilizado por los agricultores de la zona Huetar Norte. 2016.

Títulos	Primera aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación
Formula	10-30-10	18-5-15	15-3-31
Dosis (g/planta)	8	8	8
Volumen (cc)			

Las aplicaciones mostradas en el Cuadro 5 se realizaron a las 4, 12 y 20 semanas dds. La primera aplicación fue la del 10-30-10, la segunda fue la del 18-5-15 y la tercera la del 15-3-31.

Cuadro 6. Dosis por planta de programa de fertilización creado para el experimento basado en la curva de absorción en Santa Clara de Florencia (Gadea, 2001). 2016.

Titulo	Primera aplicación	Segunda aplicación	Tercera aplicación	Segunda y tercera aplicación
Formula	18-46-0	26-0-26	15-3-31	KMag
Dosis (g/planta)	6	9	10	3
Volumen (cc)				

Las aplicaciones mostradas en el Cuadro 6 se realizaron a las 4,12 y 20 semanas dds. La primera aplicación fue la del 18-46-0, la segunda fue la del 26-0-26 + KMag y la tercera la del 15-3-31 + KMag.



Figura 5. Distribución del fertilizante en el suelo al momento de aplicación al ñampí en finca Agua Azul de la Fortuna. 2016

3.7. Establecimiento y desarrollo del ensayo

El manejo agronómico de las dos parcelas fue el mismo que realizan los agricultores de la zona.

Antes de realizar la siembra se procedió a hacer una selección de la semilla, en donde se tomaron los cormos que tuvieran un peso entre 60 g y 69 g.

Para la siembra se hicieron perforaciones a 0.4 m de distancia entre ellas, para luego colocar la semilla dentro de estas y con una bomba de espalda se procedió a la desinfección de la semilla con *Bacillus subtilis* cepa QST 713 (5 cc/litro), *Bacillus pumilus* cepa QST 2808 (2,5 cc/litro) y Oxamil (3 cc/litro) en donde se humedeció la semilla y los alrededores del agujero con dicha solución.

Ocho días posterior a la siembra se aplicó paraquat (9cc/litro] + Oxifluorfen (4,5 cc/litro] + Diuron (1,5 cc/litro]) sobre toda el área de siembra con el propósito de eliminar especies que podrían afectar al ñampí. La aplicación de estos herbicidas no tuvo ningún efecto sobre la brotación de la semilla (Figura 6).

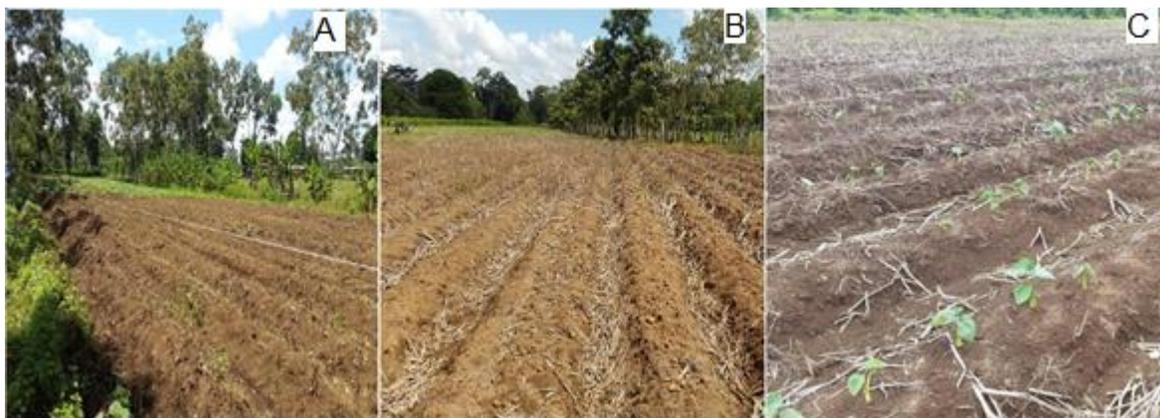


Figura 6. A) Efecto del herbicida en finca Agua Azul de la Fortuna. B) Efecto del herbicida en finca La Vega de Florencia. C) Germinación normal después de la aplicación del herbicida en la Vega de Florencia. 2016

Una vez establecido el cultivo solo se realizaron desyerbas manuales (Figura 7).



Figura 7. A) Parcela La Vega en Florencia sin desyerbar. B) Parcela La Vega en Florencia desyerbada. C) Parcela Agua Azul en la Fortuna sin desyerbar. D) Parcela Agua Azul en la Fortuna desyerbada. 2016

Por último, se realizó la fertilización correspondiente a cada tratamiento en los momentos propuestos en los programas.

3.8. Variables evaluadas

Se consideró las variables calidad y rendimiento como indicadores de la respuesta a los tratamientos aplicados. Se comparó los tratamientos control de ambas parcelas con el propósito de valorar el efecto de la fertilidad natural y luego se realizó la comparación de los tres tratamientos en cada una de las parcelas en forma independiente.

3.9. Calidad:

En este tipo de variable se incluyó el peso y la cantidad de cormelos de cada unidad experimental.

3.9.1. Peso de los cormelos:

Los cormelos fueron separados en dos tamaños, de primera (>70g) y segunda calidad (<70 g). Este tamaño de referencia se tomó a partir del que utilizan los obreros en el campo (Figura 8).

Una vez cuantificados los cormelos, fueron pesados individualmente los de primera calidad en una balanza de $\pm 0,1$ g de incertidumbre, para verificar que su

peso estuviese sobre el parámetro establecido. En el caso de los cormelos de segunda calidad, se le determinó peso total y luego se les calculó el peso promedio.

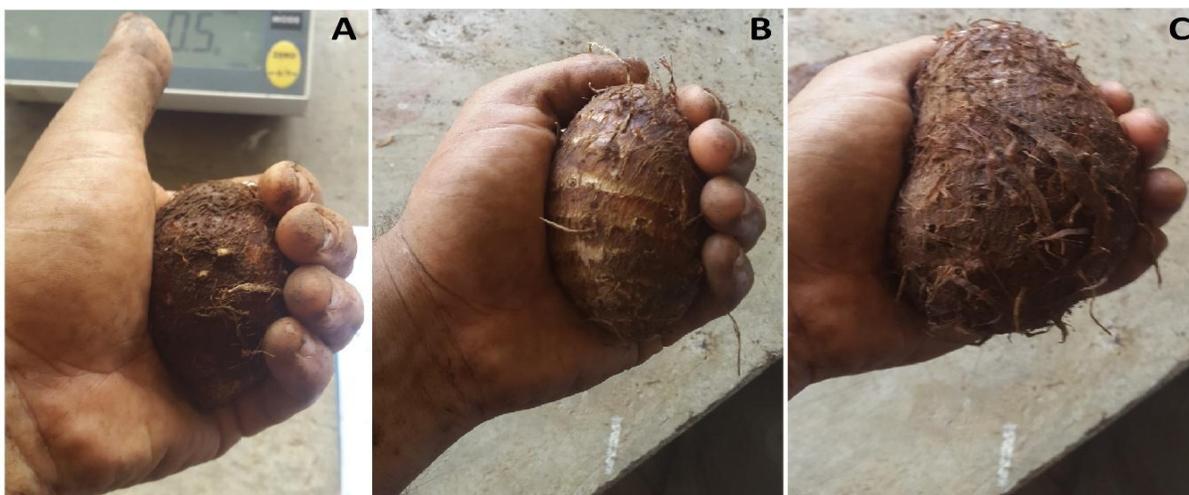


Figura 8. Sistema de clasificación empírica de ñampí realizada en Santa Clara de Florencia: A) Cormelo pequeño de primera calidad. B) Cormelo mediano de primera calidad. C) Cormelo grande de primera calidad. 2017

3.9.2. Número de cormelos:

Se contabilizaron los cormelos de primera y segunda calidad de 52 plantas lo cual comprendía un área de 42 m². Luego se estimó el número promedio de cormelos producidos por planta de cada uno de los diferentes tratamientos.

3.10. Rendimiento:

Para esta variable se tomó en cuenta el peso de cormelos de primera, el peso de cormelos de segunda para cada uno de los tratamientos.

3.11. Relación beneficio/costo

Se utilizaron los datos de rendimiento de los cormelos de primera y segunda calidad y se calculó la producción por m² para luego ser multiplicados por 10 000 y estimar la producción por ha (Kg/ha), esto se multiplicó por el precio de compra al momento de la cosecha (434,78 colones por kg de primera y de 217,39 colones el de segunda). El total obtenido fue dividido entre los costos totales, los cuales incluían mecanización, semilla, mano de obra (siembra, aplicaciones, cosecha), productos químicos y fertilizante. Además, se calculó la ganancia en colones y el precio en el cual debe de estar el quintal de ñampí para llegar al punto de equilibrio económico.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Efecto de la fertilidad natural del suelo sobre la calidad del ñampí

4.1.1. Peso promedio de los cormelos

En el Cuadro 7 se observan los datos de peso promedio de cormelos de primera y segunda calidad para ambas localidades. El peso promedio de los cormelos en finca Agua Azul fue superior al de finca La Vega en Florencia, mostrando pesos de 98,23 para los cormelos de primera calidad y de 38,78 para los de segunda calidad.

El análisis estadístico aplicado a las variables peso promedio de cormelos de primera ($p=0,07$) Anexo (B.1) y segunda calidad ($p=0,05$) Anexo (B.2) indicó un efecto de tratamiento. Mientras que por medio de la prueba LSD Fisher (90%) mostro que si existen diferencias significativas.

Cuadro 7. Efecto de la fertilidad natural del suelo en el peso promedio de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Finca	Primera (g)	Segunda (g)
Agua Azul	98,24 ± 2,7 ^a	38,78 ± 3,40 ^a
La Vega	91,94 ± 1,05 ^b	35,93 ± 2,8 ^b

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

4.1.2. Número de Cormelos

El Cuadro 8 presenta los datos de número promedios de cormelos de primera y segunda calidad. El número promedio de cormelos de primera calidad fue superior en la finca de Agua Azul que en la finca La Vega (66 y 29,2 cormelos, respectivamente). Sin embargo, la finca La Vega presentó el mayor número promedio de cormelos secundarios (539,2), al compararlo con la finca de Agua Azul (327,2).

El análisis estadístico aplicado a la variable número promedio de cormelos de primera calidad indicó un efecto de tratamiento ($p=0,001$) Anexo (B.3), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que si existen diferencias significativas. Por otro lado, el análisis estadístico aplicado a la variable número promedio de

cormelos de segunda calidad indicó un efecto de tratamiento ($p=0,001$) Anexo (B.4), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que si existen diferencias significativas.

Cuadro 8. Efecto de la fertilidad natural del suelo en la cantidad promedio de cormelos de primera y segunda calidad y el número de cormelos por planta en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Lugar	Cantidad promedio 1°	Cantidad promedio 2°	Promedio/planta
Agua Azul	66,0 ± 5,4 ^a	327,2 ± 21,3 ^b	7,6
La vega	29,2 ± 3,0 ^b	539,2 ± 29,0 ^a	10,9

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

4.1.3. Rendimiento

El Cuadro 9 presenta los datos de rendimiento en donde se observa que el rendimiento de primera calidad en la finca Agua Azul fue mayor que en finca La Vega, siendo estos de 1550,4 Kg/ha en Agua Azul, y de 640,9 Kg/ha en La Vega. Mientras que para la variable rendimiento de segunda calidad en la finca La Vega los valores fueron mayores que en finca Agua Azul, mostrando valores de 4619,1 Kg/ha en la Vega y de 3028,6 Kg/ha en Agua Azul.

El análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento de primera calidad indicó un efecto de tratamiento ($p=0,002$) Anexo (B.5), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que si existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento segunda calidad indicó un efecto de tratamiento ($p=0,005$) Anexo (B.6), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que si existen diferencias significativas.

Cuadro 9. Efecto de la fertilidad natural del suelo en el rendimiento de ñampí (Kg/ha) de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Finca	Rendimiento de primera (kg/ha)	Rendimiento de segunda (kg/ha)
Agua Azul	1550,4 ± 166,7 ^a	3028,6 ± 238,1 ^b
La Vega	640,9 ± 71,4 ^b	4619,1 ± 285,7 ^a

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

Un mayor peso promedio de los cormelos de primera y segunda calidad está relacionado a la diferencia de potasio que existe entre el suelo de Agua Azul y La Vega, los cuales presentan valores de 0,98 (cmol(+)/l) y 0,19 (cmol(+)/l) respectivamente. Siendo el potasio en Agua Azul mucho mayor que en La Vega.

Una mayor cantidad de potasio produce un mejor movimiento de los fotoasimilados desde las hojas hacia las zonas de almacenamiento por lo cual el peso de los cormelos de primera y segunda calidad es mayor en finca Agua Azul (Molina 2003).

En el análisis de suelos (Cuadro 1) se nota que existe una mayor cantidad de fósforo en el suelo de La Vega (16,39 mg/l) que en Agua Azul (8,6 mg/l). Según Molina (2003), el fósforo es un elemento que incentiva la formación de raíces y aumenta el número de brotes en las plantas. Un mayor contenido de fósforo en la Vega provocó la formación de mayor número de cormelos, los que debido a una menor cantidad de potasio no fueron llenados adecuadamente, generando así un gran número de cormelos de segunda calidad. Mientras que una mayor cantidad de potasio en finca Agua Azul generó que mayor llenado de cormelos, ocasionando así un mayor número de cormelos de primera calidad (Molina 2003). En este caso, la mayor cantidad de cormelos de segunda en La Vega generó la mayor cantidad de cormelos por planta, llegando a superar lo dicho por Gondim *et al.* (2007), el cual indica un valor promedio de 8 cormelos por planta.

Por otro lado, un mayor rendimiento de primera calidad en finca Agua Azul se debe a la presencia de una mayor cantidad de potasio en el suelo, generando así un mejor llenado de los cormelos (Molina 2003).

Considerando el principio del factor limitante de Liebig, de que el rendimiento de un cultivo está ligado proporcionalmente a la disponibilidad del elemento más limitante, el cual en este caso fue el agua (Figura 10) y una menor cantidad de fósforo en el suelo de la Vega pudo ocasionar un menor rendimiento de primera calidad del tratamiento (Wallace 1993).

Según Marschener *et al.* (1996), un déficit hídrico genera en las plantas una mayor formación de estructuras de almacenamiento. Esto ocasionaría, en nuestro caso, la generación de mayor cantidad de cormelos en las plantas de la Vega. Sin

embargo, los cormelos producidos fueron de tamaño pequeño, lo que se reflejó en la mayor producción de cormelos de segunda.

En la Figura 10 se observa que durante el ciclo el ñampí de la Vega estuvo expuesto a cantidades de lluvia menores a las recomendadas por Vilorio & Córdova (2008), lo cual en las últimas cinco semanas se agravó en gran medida. La siembra en Agua Azul se mantuvo bajo la aplicación de riego durante las últimas ocho semanas del ciclo. Ocasionando así que el estrés por déficit hídrico generara mayor cantidad de cormelos en la Vega, los cuales debido al bajo nivel de potasio en el suelo no fueron llenados, generando así un mayor rendimiento en segunda calidad y uno menor en primera calidad.

También en el Cuadro 2 se observa que el suelo en finca La Vega muestra valores en la relación de bases en desequilibrio, esto afecta la absorción del potasio, sumando a que este se encuentra deficiente y a la poca cantidad de lluvias en la etapa final del cultivo es que se obtienen rendimientos en La Vega menores que en Agua Azul (Bertsch 1998).

4.2. Comparación entre los tres tratamientos de cada finca

4.2.1. Peso promedio de los cormelos

Para la variable peso promedio de los cormelos de primera calidad, en ambas fincas el tratamiento sin fertilización mostró los mayores valores (98, 24 y 91,94) para Agua Azul y La Vega respectivamente (Cuadro 10).

El análisis estadístico aplicado a la variable peso promedio de cormelos de primera calidad en Agua Azul indicó un efecto de tratamiento ($p=0,05$) Anexo (C.1), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que si existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la misma variable en La Vega indicó no hubo un efecto de tratamiento ($p=0,2$) Anexo (D.1), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Las diferencias encontradas entre el peso de los cormelos de primera calidad del tratamiento sin fertilización alguna y los del tratamiento con fertilización basado en la curva en la parcela en Agua Azul a lo dicho por Cabezas & Sánchez (2008). Estos explican que una de las respuestas que poseen las plantas en el momento de encontrarse ante un déficit nutricional, es la acumulación de materia en sus

estructuras subterráneas como una forma de salvaguardarse en caso de que la situación nutricional no mejore. Con base a esto se podría adjudicar que la deficiencia de fósforo sumado a un buen nivel de potasio en el suelo finca Agua Azul generara un mayor llenado de los cormelos de primera calidad del tratamiento sin fertilización con respecto al tratamiento con fertilización basada en la curva en finca Agua Azul.

Además, en el Cuadro 2 se puede ver que las bases el suelo en finca Agua Azul se encuentra en equilibrio con respecto al potasio por lo cual se da un buena absorción de este (Bertsch 1998).

En el Cuadro 10 se observa que el peso promedio de cormelos de segunda calidad en finca Agua Azul el tratamiento sin fertilización alguna presentó el valor más elevado (38,78 g). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con fertilización tradicional fue el que presentó el peso mayor (36,20 g).

El análisis estadístico aplicado a la variable peso promedio de cormelos de segunda calidad en Agua Azul indicó que no hubo un efecto de tratamiento ($p=0,2$) Anexo (C.2), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que no existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la misma variable en finca La Vega indicó que no hubo un efecto de tratamiento ($p=0,5$) Anexo (D.2), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Cuadro 10. Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en el peso promedio de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Tratamientos	Peso Promedio 1°(g)		Peso Promedio 2°(g)	
	Agua Azul	La Vega	Agua Azul	La Vega
T1	98,24 ± 2,7 ^a	91,94 ± 1,05 ^a	38,78 ± 3,40 ^a	35,93 ± 2,82 ^a
T2	93,6 ± 1,15 ^{ab}	88,84 ± 1,53 ^a	37,79 ± 2,79 ^a	36,20 ± 3,37 ^a
T3	91,23 ± 1,38 ^b	91,12 ± 1,89 ^a	35,56 ± 2,15 ^a	34,84 ± 3,01 ^a

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

4.2.2. Número de cormelos

Para la variable número de cormelos el Cuadro 11 muestra que en finca Agua Azul el tratamiento con fertilización basada en la curva de absorción fue el que

presentó mayor número de cormelos (91,5). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con fertilización tradicional alguna presentó el mayor número (34,0).

El análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos de primera calidad en Agua Azul indicó un efecto de tratamiento ($p=0,04$) Anexo (C.3), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que si existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos de primera calidad en la Vega indicó un no hubo efecto de tratamiento ($p=0,5$) Anexo (D.3), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Mayores cantidades de fosforo generan la formación de mayor cantidad de estructuras subterráneas de almacenamiento en finca Agua Azul. Además la aplicación de 18 kg/ha de MgO en el tratamiento basado en la curva impulsan la actividad fotosintética y por ende la formación de mayor cantidad de fotoasimilados, los cuales al existir una mayor cantidad de potasio, 109 Kg/ha de K_2O más que en el tratamiento sin fertilización alguna y 33 Kg/ha de K_2O más que en el tratamiento con fertilización convencional, son traslocados con mayor facilidad, generando un mayor número de cormelos de primera calidad en el tratamiento basado en la curva de absorción (Molina 2003; Kass 2007).

En el Cuadro 11 se observa que para la variable número de cormelos de segunda calidad en la finca Agua Azul el tratamiento con fertilización basada en la curva de absorción fue el que obtuvo mayor número de estos (553,2). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con fertilización tradicional alguna presentó el mayor número de cormelos (609,2).

El análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos de segunda calidad en Agua Azul indicó un efecto de tratamiento ($p=0,00001$) Anexo (C.4), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que si existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos de segunda calidad en La Vega indicó un no hubo efecto de tratamiento ($p=0,07$) Anexo (D.4), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Este mayor número de cormelos de segunda calidad en el tratamiento con la fertilización basada en la curva de absorción en finca Agua Azul puede estar relacionado a que la aplicación de mayor cantidad de fósforo llevaría una mayor producción de cormelos pues este elemento es importante en la producción de brotes y raíces en la planta (Marschener 1995).

Al aplicar una mayor cantidad de sales en el tratamiento con fertilización basada en la curva y estar expuesto a niveles menores de agua indicados para el cultivo en finca la Vega, la concentración de agua en el suelo fue menor que la que se encontraba dentro de la planta, lo cual genera un diferencial osmótico en sentido contrario a la planta, ocasionando un daño en esta, generando una menor producción de cormelos de primera y segunda calidad (Santamaría *et al.*2004). Esto ocasiona que en el caso del tratamiento con fertilización convencional en La Vega la concentración de sales fue menor que en el tratamiento basado en la curva de absorción por lo cual el diferencial osmótico negativo pudo no ser tan elevado, ocasionando así que no se produjera el daño que ocurrió en el tratamiento con fertilización basada en la curva de absorción y generando la formación de mayor número de cormelos.

Cuadro 11. Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en la cantidad de cormelos de primera y segunda calidad en dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Tratamientos	Cantidad Promedio 1°		Cantidad Promedio 2°	
	Agua Azul	La Vega	Agua Azul	La Vega
T1	66,0 ± 5,4 ^b	29,4 ± 3,0 ^a	327,2 ± 21,3 ^c	539,2 ± 29,0 ^{ab}
T2	79,8 ± 7,9 ^{ab}	34,0 ± 7,0 ^a	428,5 ± 25,8 ^b	609,2 ± 19,2 ^a
T3	91,5 ± 6,9 ^a	27,2 ± 0,9 ^a	553,2 ± 9,8 ^a	536,8 ± 24,3 ^b

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

En la Figura 9 se observa que el número promedio de cormelos por planta en finca Agua Azul fue mayor en el tratamiento basado en la curva de absorción (12,39). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con la fertilización convencional tuvo el valor más elevado (12,37).

El análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos promedio por planta en Agua Azul indicó un efecto de tratamiento ($p=0,00001$) Anexo (C.5), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que si existen diferencias

significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a la variable número de cormelos de segunda calidad en la Vega indicó un no hubo efecto de tratamiento ($p=0,1$) Anexo (D.5), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Esta diferencia en el número de cormelos por planta en Agua Azul fue debido a la aplicación de mayores cantidades de fosforo en este tratamiento, que incentivó una mayor producción de cormelos (Molina 2003; Marschener 1995).

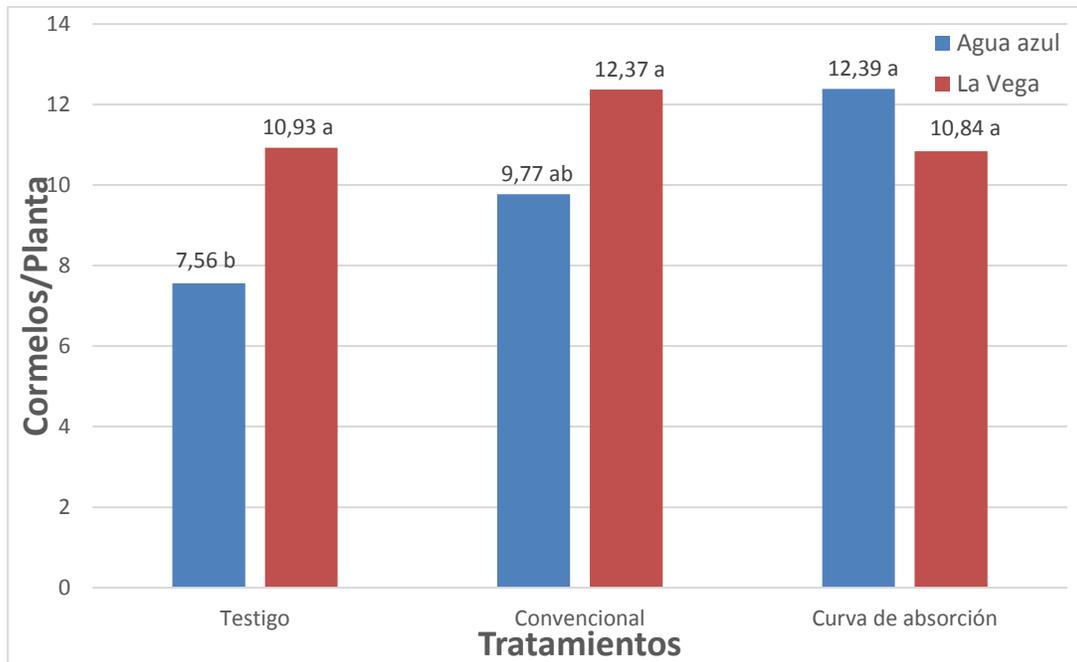


Figura 9. Efecto de la fertilidad natural del suelo y los dos programas de fertilización en el número promedio de cormelos por planta en dos zonas de la Región Huasteca Norte. 2017.

4.2.3. Rendimiento

En el Cuadro 12 se observa que el rendimiento de primera calidad en finca Agua Azul más elevado se presentó en el tratamiento con la fertilización basada en la curva (1993,7 Kg/ha). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con la fertilización convencional tuvo el mayor rendimiento (724,1 Kg/ha).

El análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento de primera calidad en Agua Azul indicó que no hubo un efecto de tratamiento ($p=0,2$) Anexo (C.6), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que no existen diferencias

significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a esta misma variable en La Vega indicó un no hubo efecto de tratamiento ($p=0,6$) Anexo (D.6), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que no existen diferencias significativas.

Un mayor rendimiento del tratamiento expuesto a la fertilización basada en la curva de absorción en finca Agua Azul puede estar relacionado a la gran importancia de fertilizar los suelos adecuadamente, primero por el hecho de que al ser cultivos de carácter productivo no retribuyen muchos elementos al suelo, sumando a que el aporte de nutrientes de una forma balanceada ayuda a la planta a generar mayor producción (Primavesi 1982). Esto también respaldado por Bruulsema *et al.* (2012), el cual indica que el manejo adecuado de la fertilización es la clave para elevar los rendimientos productivos en suelos de continuo uso agrícola.

En el Cuadro 11 se observa que para la finca Agua Azul el tratamiento con la fertilización basada en la curva presentó el valor más elevado (4688,1 Kg/ha). Mientras que para esta misma variable en finca La Vega el tratamiento con la fertilización convencional tuvo el valor más elevado (5250,0 Kg/ha).

El análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento de primera calidad en Agua Azul indicó un efecto de tratamiento ($p=0,003$) Anexo (C.7), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostro que sí existen diferencias significativas. Además, el análisis estadístico aplicado a esta misma variable en La Vega indicó un no hubo efecto de tratamiento ($p=0,03$) Anexo (D.7), el cual por medio de la prueba LSD Fisher (95%) mostró que si existen diferencias significativas.

La presencia de un mayor rendimiento de segunda calidad en el tratamiento expuesto a la fertilización basada en la curva de absorción en Agua Azul puede estar relacionada a lo propuesto por Primavesi (1982) y Bruulsema *et al.* (2012), del efecto que tiene la aplicación de fertilización balanceada para el aumento del rendimiento en los cultivos.

La obtención de un mayor rendimiento de segunda calidad en el tratamiento expuesto a la fertilización convencional con respecto al tratamiento expuesto al programa de fertilización basado en la curva de absorción en finca La Vega se puede relacionar al efecto que ocasiona una gran cantidad de sales en un suelo con déficit hídrico. El tratamiento expuesto a la fertilización convencional tuvo un nivel más elevado de sales que el tratamiento sin la aplicación alguna de fertilizante, pero uno

menor que el tratamiento expuesto a la fertilización basada en la curva de absorción, por lo cual el nivel de nutrientes del tratamiento de fertilización convencional pudo ser el indicado para generar un mayor rendimiento de segunda calidad en las condiciones climáticas a las que se expuso el experimento (Santamaría *et al.* 2004).

Marschener *et al* (1996) indica que un déficit hídrico medio genera en las plantas una mayor translocación de nutrientes hacia sus estructuras subterráneas generando así mayor cantidad de cormelos. Esto ocasionó que en el tratamiento sin fertilización alguna en cuanto al rendimiento de segunda calidad de La Vega sea más elevado, sin diferencias significativas, que el tratamiento con la fertilización basada en la curva de absorción, debido a que el estrés causado por la falta de agua en el primero generó la formación de mayor número de estructuras subterráneas con un mayor llenado. Mientras que para el tratamiento con fertilización basada en la curva de absorción el estrés generado por la falta de lluvia más la competencia por agua en el suelo debido a las sales aplicadas, ocasiono que el déficit hídrico fuera mayor que en los otros dos tratamientos provocando un menor rendimiento en general.

Cuadro 12. Efecto de la fertilidad natural del suelo y dos programas de fertilización sobre el rendimiento total de ñampí en dos fincas de la Región Huetar Norte. 2017.

Tratamientos	Rendimiento promedio 1°(Kg/ha)		Rendimiento promedio 2°(Kg/ha)	
	Agua Azul	La Vega	Agua Azul	La Vega
T1	1550 ± 168 ^a	640,9 ± 71,4 ^a	3028,6 ± 238,1 ^b	4619,1 ± 285,7 ^{ab}
T2	1776,9 ± 178,5 ^a	724,1 ± 156,8 ^a	3861,1 ± 380,9 ^a	5250,0 ± 178,6 ^a
T3	1993,7 ± 181,9 ^a	592,1 ± 31,2 ^a	4688,1 ± 254,8 ^a	4445,2 ± 180,9 ^b

Medias con letras igual en las columnas no muestran diferencias significativas. El dato que acompaña al promedio corresponde al error estándar ($\alpha < 0.05$)

En el Cuadro 13 se puede observar que los rendimientos no alcanzaron los niveles productivos indicados por Heredia *et al.* (2003), quien reportó producciones que oscilan entre 3 y 6 t/ha para la primera, y entre 7 y 11 t/ha para la segunda.

Cuadro 13. Rendimiento del ñampí en t/ha bajo los tres tratamientos evaluados dos zonas de la Región Huetar Norte. 2017

Tratamientos	Rendimiento 1°(ton/ha)		Rendimiento 2°(ton/ha)	
	Agua Azul	La Vega	Agua Azul	La Vega
T1	1,55	0,64	3,03	4,62
T2	1,78	0,72	3,90	5,25
T3	1,99	0,59	4,69	4,45

Cabe recalcar que la parcela que se encontraban en Agua Azul contó con riego a partir de la segunda semana del mes de enero, mientras que la parcela que se encontraba en La Vega no contó con riego durante todo su periodo.

Según lo dicho por Wallace (1993), la ley de Liebeg indica que el rendimiento está ligado a el factor limitante que se encuentre en el sistema. Tomando esto en cuenta y observando la Figura 10, se nota el cultivo en finca La Vega estuvo expuesto a cantidades deficientes de agua en varios momentos del ciclo.

Según Vilorio & Córdova (2008), el cultivo necesita de entre 1800 y 2500 mm de agua bien distribuidos

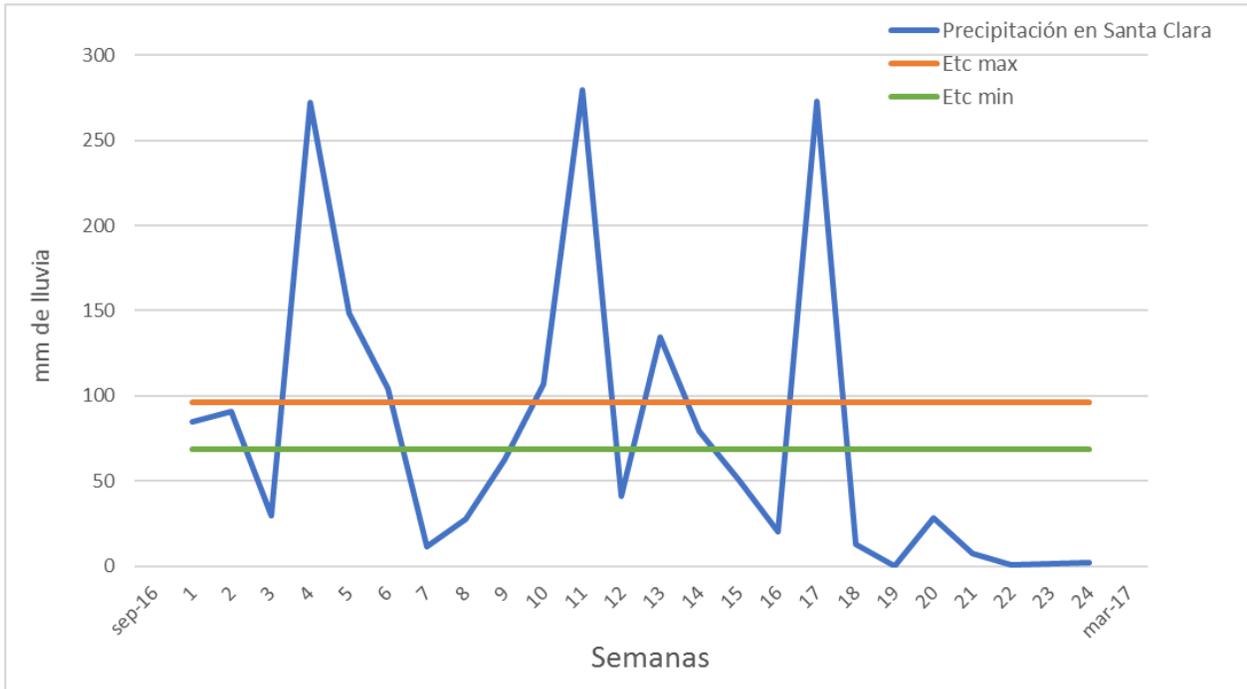


Figura 9. Comparación de la precipitación semanal en Santa Clara de Florencia con respecto a la evotranspiración semanal del cultivo. 2016-2017.

4.3. Relación beneficio/costo (B/C)

En cuanto a la relación beneficio/costo se realizó con base a lo dicho por Loza *et al.* (2011). En el Cuadro 14 se puede ver que para los tratamientos de Agua Azul en cuanto a la venta del ñampí de primera calidad todos obtuvieron valores mayores a uno lo cual indica una relación positiva y que se está ganando más dinero del que se está gastando, siendo el tratamiento sin fertilización alguna el que posee una mayor ganancia, esto debido a que no incluye los gastos de fertilizante. En este mismo cuadro se observa que el punto de equilibrio en el cual debe de estar el precio por quintal para que no se gane ni se pierda dinero, estos valores son menores al precio en el que se vendió el cual era de 20.000 colones.

Cuadro 14. Relación beneficio/costo de ñampí de primera calidad para finca Agua Azul en la Fortuna. 2017

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Ingreso bruto ¢	Costo ¢	Ingreso neto ¢	B/C	Punto equilibrio ¢/ qq
1	1550,38	674.074,63	520.029,00	154.045,63	1,30	15.429,33
2	1776,92	772.567,83	712.786,00	59.781,83	1,08	18.452,28
3	1993,73	866.834,86	763.356,00	103.478,86	1,14	17.612,38

En el Cuadro 15 se puede notar que los valores de B/C son todos menores a uno, por lo cual se está gastando mayor cantidad de dinero que la que se gana, esto se ve reflejado en el punto de equilibrio donde los valores del precio del quintal para salir sin pérdidas y ganancias son bastante elevados al precio de venta del momento el cual fue de 20.000 colones.

Cuadro 15. Relación beneficio/costo de ñampí de primera calidad para finca La Vega en Florencia. 2017

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Ingreso bruto ¢	Costo ¢	Ingreso neto ¢	B/C	Punto equilibrio ¢/ qq
1	640,92	278.660,34	520.029,00	(241.368,66)	0,54	37.323,28
2	724,07	314.809,19	712.786,00	(397.976,81)	0,44	45.283,41
3	592,09	257.428,58	763.356,00	(505.927,42)	0,34	59.305,88

Para el caso de la semilla en finca Agua Azul (Cuadro 16) los valores de la relación B/C los valores son mayores a uno por lo cual se está ganando dinero con estos tratamientos, en este caso el que mayor margen de ganancia da es el tratamiento con la fertilización basada en la curva de absorción, el cual también permite vender la semilla a un precio menor de 10.000 colones que fue el precio de compra.

Cuadro 16. Relación beneficio/costo del ñampí de segunda calidad para finca Agua Azul en la Fortuna. 2017.

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Ingreso bruto ¢	Costo ¢	Ingreso neto ¢	B/C	Punto equilibrio ¢/ qq
1	3027,98	658.255,69	520.029,00	138.226,69	1,27	7.900,11
2	3861,90	839.544,51	712.786,00	126.758,51	1,18	8.490,15
3	4686,90	1.018.892,34	763.356,00	255.536,34	1,33	7.492,02

En el Cuadro 17 se muestra que la relación B/C es mayor a uno en todos los tratamientos, por lo cual la producción y venta de semilla en La Vega genera ganancias.

Cuadro 17. Determinación de la relación beneficio/costo del ñampí de segunda calidad para finca La Vega en Florencia. 2017

Tratamientos	Rendimiento kg/ha	Ingreso bruto ¢	Costo ¢	Ingreso neto ¢	B/C	Punto equilibrio ¢/ qq
1	4617,86	1.003.881,99	520.029,00	483.852,99	1,93	5.180,18
2	5249,40	1.141.174,95	712.786,00	948.417,95	1,60	6.246,07
3	4445,83	966.485,51	763.356,00	723.158,51	1,27	7.898,27

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó este experimento se puede concluir que:

1. La fertilidad natural del suelo en finca Agua Azul tuvo efecto positivo sobre la calidad y el rendimiento del cultivo de ñampí en comparación con la fertilidad natural del suelo de finca La Vega.
2. En finca Agua Azul la aplicación de un programa de fertilización basado en los requerimientos del cultivo aumentó la cantidad de cormelos y el rendimiento en el cultivo de ñampí con respecto al testigo.
3. No se encontró diferencias significativas en la calidad ni en el rendimiento del ñampí expuesto al programa basado en la curva de absorción con respecto a la fertilización tradicional.
4. El tratamiento al que no se aplicó fertilización generó mayor rentabilidad que los tratamientos fertilizados.
5. La implementación de un programa de fertilización basado en la curva de absorción de nutrimentos generó mayores ganancias que con el programa de fertilización tradicional.
6. El experimento estuvo expuesto a condiciones de déficit hídrico lo que pudo afectar la calidad y rendimiento del ñampí.

6. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la investigación se sugieren las siguientes recomendaciones:

1. Realizar el experimento en época lluviosa o bajo riego, para evitar el efecto del déficit hídrico en la planta.
2. Aumentar la cantidad de repeticiones para mejorar la precisión, ya que la brotación fue heterogénea, a pesar de usarse semilla seleccionada, lo que pudo impactar en los resultados obtenidos.
3. Valorar la respuesta a las formas de fertilización estudiadas en distintas densidades de siembra.

7. LITERATURA CITADA

- Acosta, A. 23 de Abril de 2016. Fertilización en cultivo de ñampi. (G. Acosta, Entrevistador)
- Amador, J. Bernal, I. 2012. Curva de absorción de nutrientes del cultivo del arroz (*Oriza sativa* L.) Variedad Venezuela 21, en el suelo vertisol bajo condiciones del valle Sébaco , Nicaragua. Tesis Lic. Zamorano, Honduras. Universidad Zamorano.
- Bertsch F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. ACCS, San José, Costa Rica. 157 pp.
- Bertsh, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Informaciones agronómicas. Visto el 13/04/2016. Disponible (en línea) [http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/\\$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+a+poyo.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/76A0E12D2DF131AB05256FF200587B24/$file/Estudios+de+absorci%C3%B3n+de+nutrientes+como+a+poyo.pdf)
- Bruulsema, T., García, T., & Satyanaryana, T. 2012. El concepto de los 4R para el manejo responsable de nutrientes. En IPNI, *4R de la nutrición de plantas* (págs. 2,1-2,2). Norcross: IPNI.
- Cabalчета, G., & Molina, E. 2006. Niveles críticos de nutrientes en suelos de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, Vol 30, N°2. 31-44 pp.
- Cabezas, M., & Sánchez, C. 2008. Efecto de las deficiencias nutricionales en la distribución de la materia seca en plantas en vivero de curuca (*Passiflora mollissima* Bailey). *Agronomía Colombiana*, Vol 26, N°2. 197-204 pp.
- Cadahía, C. 2008. *Fertirrigación: cultivos hortícolas, frutales y ornamentales* . Madrid: Mundi-Prensa.
- Censo Agropecuario. 2014. Visto el 12/04/2016. Visto el 14/04/2016. Disponible (en línea) <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00338.pdf>
- Corrales, C. 2011. *Reguladores de crecimiento vegetal*. San José: EUCR. Visto el 12/04/2016. Disponible (en línea) <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad>

=rja&uact=8&ved=0ahUKEwivvp-
g6IzMAhVJGh4KHZWWCS8QFgg7MAU&url=https%3A%2F%2Ffranciscosa
borio.files.wordpress.com%2F2011%2F11%2Fbrotacic3b3n-en-arc3a1ceas-
word.docx&usg=AFQjCNEGKe3d3AyPixUongrjZxO4t-
eMwg&sig2=Eebst_K0XhUmQI5PvPaY1Q&bvm=bv.119408272,d.cWw

FAO. 2002. Los Fertilizantes y su Uso. Roma: FAO

FAO. 2009. *Agricultura mundial en la perspectiva del año 2050*. Roma: FAO.

Gadea, A. 2001. Curva de absorción de Ñampí. Elaboración propia. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Alajuela, Costa Rica

Gadea, A. 19 de Abril de 2016. Realización de programa de fertilización para ñampí. (G. Acosta, Entrevistador)

Gondim, A., Puiatti, M., Cecon, P., & Finger, F. 2007. Crescimento, partição de fotoassimilados e produção de rizomas em taro cultivado sob sombreamento artificial. *Horticultura Brasileira*, 418-428 pp.

Hasing, T. 2002. Evaluación agroeconómica de cuatro programas de fertilización y dos sustratos en tomate (*Lycopersicon Esculentum*) bajo macrotunel en Zamorano, Honduras. Tesis Lic. Zamorano, Honduras. Universidad Zamorano

Helmich, M. 2010. *Número de fileiras no canteiro na produção e rentabilidade de quatro clones de taro (colocasia esculenta (l.) schott)*. Tesis Ing. Dourados, Brasil. Universidad federal de Grande Dourados

Heredia, N., Carmo, M., Bratti, R., & Alves, T. 2003. Produção e rendimento de colheita semimecanizada de cinco clones de taro. *Cienc agrotec*, 1554-1559 pp.

INFOSTAT. Versión 2016p. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>

Kass, D. 2007. *Fertilidad de Suelos*. San José: EUNED.

Marschener, H. 1995. *Nutrición mineral en plantas superiores*. London: London Academic Press.

- Marschener, H, Krkby, E, Cakmak, I.1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photoassimilates and cycling of mineral nutrients. *Journal of experimental Botany*, Vol 47. 1255-1263 pp
- Mascarenhas, M., & Resende, L. 2002. Situação atual e perspectivas das culturas do taro e do inhame no Estado de Minas Gerais. *Incaper*,Vol 47. 61-71 pp.
- Millar, C. E., Turk, L. M., & Foth, H. D. 1972. *Fundamentos de la ciencia del suelo*. Mexico D.F: Continental.
- Morales, A. 2007. El ñampi (*Colocasia esculenta*) una alternativa económica y alimentaria . San José: MAG. Visto el 06/04/2016.Disponible (en línea) <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00312.pdf>
- Molina, E. 2003. *Fertilizantes: Características y Manejo*. San Jose: CIA.
- Murillo, R., Piedra, G., & León, R. 2013. Absorción de nutrientes a través de la hoja. *Uniciencia*, Vol 27, N°1.232-244 pp.
- Loza, C., Castillo, M., Rojas, J. L., & Huayanay, L. 2011. Principios básicos y alcances metodológicos de las evaluaciones económicas en la salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, Vol 28, N° 3.518-527 pp.
- Onwueme, I. 1999. *Taro Cultivation in Asia and the pacific*. Papua: FAO.
- Primavesi, A. 1982. *Manejo ecológico del suelo*. Buenos Aires: El ateneo.
- Rucks, L. Garcí, F. Kaplán, A. Ponce de León, J. Hill,M. 2004. Propiedades físicas del suelo. Universidad de la Republica. Montevideo. Visto el 13/04/2016. Disponible (en línea) <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- Salas, R. 2003. Nutricion mineral de las plantas y el uso de fertilizantes. En G. Meléndez, & E. Molina, *Fertilizantes Cracterísticas y Manejo* (págs. 1-16). San Jose: EUCR.
- Sánchez V, J. 2007.Fertilidad del Suelo y Nutrición Mineral de Plantas. San José, CR, FERTITEC S.A. 19 p.

- Sancho H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes importancia y uso en los programas de fertilización. *Informaciones agronómicas* . San José. Costa Rica. N°36. 11-13 pp.
- Santamaría , C., Figueroa, U., & Medina, M. 2004. Productividad de la alfalfa en condiciones de salinidad en el distrito de riego 017, comarca lagunera. *Terra Latinoamericana*, Vol 22, N°3. 343-349 pp.
- Salisbury, F., & Ross, C. 1994. *Fisiología Vegetal*. Mexico: Iberoamericana.
- Saravia, F. 2004. Elaboración de curva de absorción de nutrientes para la variedad de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Alboran bajo condiciones de invernadero Zamorano, Honduras. Tesis Lic. Zamorano, Honduras. Universidad Zamorano
- Solano, X., & Guzmán, P. 2010. *Ñampi o Chamol (Colocasia esculenta var. antiquorum)*. *Aspectos técnicos*. (en línea). Visto el 06/04/2016 Disponible en http://www.platicar.go.cr/index.php?option=com_infoteca&view=document&id=111-nampi-o-chamol-colocasia-esculenta-var-antiquorum-aspectos-tecnicos&Itemid=34&lang=es
- Sullivan, P. 2004. Manejo sostenible de los suelos. ATTRA. Visto el 13/04/2016. Disponible (en línea) http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-08/semana4/Manejo_sostenibel_de_suelos.pdf
- Tecnológico de Costa Rica (TEC). 2017. Estación meteorológica de Santa clara.
- Viloria, & Córdova. 2008. Sistema de producción de acumo chino(*Colocasia esculenta* var *antiquorum* (L.) Schott) en la parroquia Manuel Renaud del municipio Antonio Díaz del estado Delta Amecuro , Venezuela. *UDO Agrícola*, Vol 8, N°1. 98-106 pp.
- Wallace, A. 1993. The law of the maximun. *Better crops*, Vol 77, N°2. 20-22 pp.

Wielemaker, W. 1992. *Generación y aplicación de suelos de la agricultura de la zona atlántica de Costa Rica*. Turrialba: MAG. Visto el 06/04/2016. Disponible (en línea)

https://books.google.co.cr/books?id=I3AOAQAIAAJ&pg=PA88&lpg=PA88&dq=colocasia+esculenta+var+antiquorum+fertilizaci%C3%B3n&source=bl&ots=UKNtXs6mRg&sig=4clgkrO5ohrARNYY4Rdwzfigfjs&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=colocasia%20esculenta%20var%20antiquorum%20fertilizaci%C3%B3n&f=false

Zeiger, E., & Taiz, L. 2006. *Fisiología Vegetal*. Mexico: Universal Jaume.

8. ANEXOS

Anexo A. Datos de la curva de absorción generada en el 2001 por Arnoldo Gadea.

Anexo A.1. Datos de absorción del cultivo de ñampí en kilogramos y gramos de nutriente extraído por hectárea

Estructura	Edad (sem)	ABSORCIÓN								
		Kg de nutriente/Ha					g de nutriente/ha			
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Parte aérea	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	2,4	0,4	8,0	1,7	0,3	617	19,3	90,2	334
	8	11,2	2,0	29,5	7,8	1,5	2.280	78,7	367,5	1.978
	12	9,6	2,3	22,1	7,6	1,5	1.299	58,3	278,2	2.189
	16	18,8	4,4	55,1	16,5	2,1	3.901	134,2	675,6	4.271
	20	14,9	2,8	47,4	22,5	2,3	7.633	147,4	676,2	6.132
	24	15,37	1,95	21,69	20,63	1,91	1913,74	76,12	328,15	4469,35
	28	14,58	1,47	17,39	11,87	1,32	3916,39	50,91	311,09	2450,29
Estructuras en subsuelo	0	4,1	2,3	14,2	3,3	1,1	7.038	87,5	981	575
	4	1,0	0,2	2,4	1,1	0,4	8.456	30,8	151	398
	8	3,7	0,7	9,1	2,1	0,9	13.023	83,3	234	472
	12	3,3	1,2	9,3	2,8	1,1	9.098	98,9	322	374
	16	13,0	3,4	29,4	4,5	2,4	17.114	192,8	720	1.048
	20	18,2	7,4	54,1	4,5	4,0	18.155	353,9	1.245	1.145
	24	47,9	9,9	69,8	10,0	5,8	19.714	590,1	2.091	2.030
	28	59,7	16,4	119,4	16,0	9,6	6.801	918,6	2.557	4.854

Anexo A.2. Datos de absorción del cultivo de ñampí en gramos y miligramos por planta de nutriente extraído

Estructura	Edad (sem)	ABSORCIÓN								
		g de nutriente/planta					mg de nutriente/planta			
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Parte aérea	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	4	0,09	0,02	0,32	0,07	0,01	24,67	0,77	3,61	13,37
	8	0,45	0,08	1,18	0,31	0,06	91,20	3,15	14,70	79,12
	12	0,38	0,09	0,89	0,30	0,06	51,94	2,33	11,13	87,54
	16	0,75	0,18	2,21	0,66	0,08	156,04	5,37	27,03	170,84
	20	0,59	0,11	1,89	0,90	0,09	305,32	5,89	27,05	245,26
	24	0,61	0,08	0,87	0,83	0,08	76,55	3,04	13,13	178,77
	28	0,58	0,06	0,70	0,47	0,05	156,66	2,04	12,44	98,01
Estructuras en subsuelo	0	0,17	0,09	0,57	0,13	0,05	281,50	3,50	39,25	23,00
	4	0,04	0,01	0,10	0,04	0,01	338,22	1,23	6,03	15,91
	8	0,15	0,03	0,36	0,08	0,04	520,93	3,33	9,37	18,90
	12	0,13	0,05	0,37	0,11	0,05	363,94	3,95	12,90	14,97
	16	0,52	0,14	1,17	0,18	0,10	684,54	7,71	28,81	41,94
	20	0,73	0,30	2,17	0,18	0,16	726,22	14,16	49,79	45,81
	24	1,92	0,40	2,79	0,40	0,23	788,55	23,60	83,64	81,22
	28	2,39	0,66	4,78	0,64	0,38	272,04	36,75	102,29	194,16

Anexo.B. Análisis de varianza entre los tratamientos sin fertilización de ambas fincas

Anexo.B.1. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de primera calidad

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	9023,20	<0,0001
Finca	1	4,75	0,0720

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Finca	Medias	E.E.	
AA	98,24	2,70	A
LV	91,94	1,05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.B.2. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de segunda calidad.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
LV	4	143,74	35,94	4,06
AA	4	155,14	38,78	1,90

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	16,22730364	1	16,23	5,44359961	0,058388331	5,98737761
Dentro de los grupos	17,88592637	6	2,98			
Total	34,11323002	7				

Anexo.B.3. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de primera calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	204,81	<0,0001
Finca	1	34,72	0,0011

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Finca	Medias	E.E.	
AA	33,50	2,72	A
LV	15,13	1,52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.B.4. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de segunda calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	545,89	<0,0001
Finca	1	34,64	0,0011

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Finca	Medias	E.E.	
LV	539,25	29,02	A
AA	327,25	21,33	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo.B.5. Análisis de varianza para la variable rendimiento de primera calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	150,46	<0,0001
Finca	1	27,06	0,0020

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Finca	Medias	E.E.	
AA	6511,60	672,92	A
LV	2691,88	293,91	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo.B.6. Análisis de varianza para la variable rendimiento de segunda calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	387,24	<0,0001
Finca	1	17,50	0,0058

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Finca	Medias	E.E.	
LV	19,40	1,25	A
AA	12,72	1,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo.C. Análisis de varianza entre los tratamientos expuestos a dos programas de fertilización en finca Agua Azul.

Anexo.C.1. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de primera calidad.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	98,27786666	1	98,2778667	5,362082835	0,059806864	5,987377607
Dentro de los gr	109,9698043	6	18,3283007			
Total	208,247671	7				

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

<u>Trata Medias E.E.</u>			
T1	98,24	2,70	A
T2	93,60	1,15	A B
T3	91,23	1,38	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.C.2. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de segunda calidad

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	155,135351	38,7838379	1,899931561
T2	4	151,199488	37,7998719	4,175955173
T3	4	142,258816	35,564704	11,79312073

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	21,7693162	2	10,8846581	1,827408398	0,215744589	4,256494729
Dentro de los grup	53,6070224	9	5,95633582			
Total	75,3763386	11				

Anexo.C.3. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de primera calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	426,13	<0,0001
Trata	2	4,30	0,0490

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

<u>Trata Medias E.E.</u>			
T3	46,25	3,46	A
T2	40,38	3,95	A B
T1	33,50	2,72	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.C.4. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de segunda calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3590,32	<0,0001
Trata	2	51,22	<0,0001

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T3	553,25	9,81	A
T2	428,50	25,76	B
T1	327,25	21,33	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.C.5. Análisis de varianza para la variable número promedio de cormelos por planta

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	30,25	7,5625	0,94116741
T2	4	39,0961538	9,77403846	1,35167036
T3	4	49,5961538	12,3990385	0,28534887

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	46,8981755	2	23,4490878	27,2855589	0,00015115	4,25649473
Dentro de lo	7,73455991	9	0,85939555			
Total	54,6327355	11				

Anexo.C.6. Análisis de varianza para la variable rendimiento de primera calidad

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	309,55	<0,0001
Trata	2	1,68	0,2391

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T3	8373,68	763,91	A
T2	7463,05	749,62	A
T1	6511,60	672,92	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.C.7. Análisis de varianza para la variable rendimiento de segunda calidad

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	672,92	<0,0001
Trata	2	11,33	0,0035

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T3	19,69	1,07	A
T2	16,22	1,16	A
T1	12,72	1,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.D. Análisis de varianza entre los tratamientos expuestos a dos programas de fertilización en finca La Vega.

Anexo.D.1. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de primera calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	13393,80	<0,0001
Trata	2	1,40	0,2949

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T1	91,94	1,05	A
T3	91,12	1,89	A
T2	88,84	1,53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.D.2. Análisis de varianza para la variable peso promedio de cormelos de segunda calidad

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	143,741562	35,9353906	4,0620439
T2	4	144,810628	36,202657	1,98923881
T3	4	139,393897	34,8484743	3,12780047

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	4,11550518	2	2,05775259	0,67253533	0,53430682	4,25649473
Dentro de lo	27,5372495	9	3,05969439			
Total	31,6527547	11				

Anexo.D.3. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de primera calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1013,66	<0,0001
Trata	2	0,63	0,5547

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T2	17,50	3,51	A
T1	15,13	1,52	A
T3	14,13	0,47	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.D.4. Análisis de varianza para la variable número de cormelos de segunda calidad.

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1833,37	<0,0001
Trata	2	3,57	0,0722

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T2	609,25	19,19	A
T1	539,25	29,02	A B
T3	536,75	24,32	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo.D.5. Análisis de varianza para la variable número promedio de cormelos por planta.

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T1	4	43,7307692	10,9326923	1,21807199
T2	4	49,4807692	12,3701923	0,95793269
T3	4	43,3846154	10,8461538	0,88856016

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	5,86211785	2	2,93105893	2,86930681	0,10865168	4,25649473
Dentro de lo	9,19369453	9	1,02152161			
Total	15,0558124	11				

Anexo.D.6. Análisis de varianza para la variable rendimiento de primera calidad

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	464,63	<0,0001
Trata	2	0,51	0,6196

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T2	3041,08	658,72	A
T1	2691,88	293,91	A
T3	2486,78	130,98	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Anexo.D.7. Análisis de varianza para la variable rendimiento de segunda calidad

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1704,77	<0,0001
Trata	2	5,28	0,0304

Utilizando la prueba LSD Fisher con una confianza del 95%

Trata	Medias	E.E.	
T2	22,05	0,75	A
T1	19,40	1,25	A B
T3	18,67	0,76	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)