

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN – LEON
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**



MICROPROPAGACION Y APLICACIÓN DE TERMOTERAPIA A MATERIAL DE SIEMBRA DE YUCA (*Manihot esculenta* Crantz), EN EL LABORATORIO DE CULTIVO DE TEJIDO, UNAN-LEON.

MONOGRAFIA PARA OPTAR AL TITULO DE:

Licenciada en Biología.

PRESENTADO POR:

Bra. Patricia Mercedes Calderón Zepeda.

Bra. Hazel del Carmen González Gallo.

TUTORA:

MSc. María Inés Dávila.

ASESORA ESTADISTICA:

Dra. Teresa del C. Somarriba García.

León, Diciembre 2009.

“A LA LIBERTAD POR LA UNIVERSIDAD”



AGRADECIMIENTO

Agradecemos:

A Dios:

Por darnos la vida, fuerza, esperanza y la sabiduría en cada momento de nuestra vida.

A nuestras Familias:

Por su entrega y abnegación en la lucha por sacarnos adelante y lograr nuestra principal meta: Graduarnos como Licenciadas en Biología.

María Inés Dávila:

Por su apoyo como guía en este trabajo, y sobre todo por transmitirnos sus conocimientos más avanzados en el área de cultivo de tejido.

A todo el claustro de profesores del Departamento de Biología:

Por su empeño y dedicación en transmitirnos todos y cada uno de los conocimientos que hoy son nuestros y que pondremos en práctica de aquí en adelante.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible el desarrollo de este trabajo.



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo amor a:

Dios, el ser quien siempre está a mi lado y me ha dado su misericordia y privilegio e ilumina mis pasos, a quien agradezco inmensamente por ayudarme a lograr esta etapa.

Mis adorados padres, quienes han preparado su camino con entrega y amor, los que dedicaron todo su tiempo, esfuerzo y sacrificio para poder coronar mi carrera, a ellos los seres más importantes y a quienes les debo todo lo que soy:

Lucía Marina Gallo Suazo.

Andrés Abelino González Roque.

Mi esposo Juan Carlos Antón Soto que con mucho amor me brindó su ayuda y apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que de una u otra forma me han ayudado a terminar con éxito.

Hazel del Carmen González Gallo



DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo amor a:

Dios, por brindarme las fuerzas necesaria para culminar mi carrera.

Mi familia, por estar siempre apoyándome en el transcurso de mi carrera y el trabajo investigativo realizado.

Mis hijos, que me han dado la fuerza para terminar mi carrera y poder sacarlos adelante.

Mi esposo, que me brindó su apoyo incondicional, su amor y comprensión durante el transcurso de mi carrera.

Todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo y me impulsaron a seguir adelante para culminar con éxito mis estudios, convirtiéndome así en una nueva profesional.

Patricia Mercedes Calderón Zepeda.



INDICE

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	iv
RESUMEN.....	vi
1. INTRODUCCION.....	1
1.1. HIPOTESIS	3
1.2. OBJETIVOS	4
2. LITERATURA REVISADA	5
2.1. FASES DE LA MICROPROPAGACION.....	6
2.2. MEDIO DE CULTIVO	8
2.3. VENTAJAS DE LOS CULTIVOS VEGETALES “IN VITRO”9	
2.4. MORFOLOGIA de <i>Manihot esculenta</i> Crantz.....	10
2.4.1. GENERALIDADES DE LA PLANTA	10
2.4.2. MORFOLOGIA DE LA PLANTA.....	10
2.4.3. TAXONOMIA DE LA PLANTA DE YUCA.....	15
2.5. PROPAGACION	16
2.6. CRECIMIENTO Y DESARROLLO.....	17
2.7. PRODUCTIVIDAD Y VARIEDADES DE LA YUCA.....	18
2.8. USO DE LA YUCA.....	21
2.9. ENFERMEDADES QUE ATACAN LA YUCA.....	23
2.9.1. PLAGAS Y ENFERMEDADES.....	23
2.10. TERMOTERAPIA	24
2.11. DISEÑO EXPERIMENTAL	27
3. METODOLOGÍA	29
3.1. MICROPROPAGACION.....	29
3.2. APLICACIÓN DE TERMOTERAPIA.....	30
4. RESULTADOS Y DISCUSION	31
4.1. MICROPROPAGACIÓN.....	31
4.2. APLICACIÓN DE TERMOTERAPIA A MATERIAL DE SIEMBRA.....	35
5. CONCLUSION Y RECOMENDACIÓN	39
6. BIBLIOGRAFÍA.....	40
ANEXO	46



RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Cultivo de Tejido de la UNAN – León, en el período comprendido de Enero a Septiembre del 2008. En donde se determinó la tasa de proliferación de brotes, empleando el medio de cultivo Murashige y Skoog (MS.) (1962), suplementado con diferentes concentraciones de hormonas Bencilaminopurina (BAP) y Ácido naftalenoacético (ANA). Los tratamientos evaluados fueron: I. 0.025 mg/l de BAP - 0.02 mg/l ANA; II. 0.050 mg/l de BAP - 0.02 mg/l de ANA; III. 0.100 mg/l de BAP - 0.02 mg/l de ANA y IV. Testigo. En termoterapia, se evaluó el efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre el material de siembra (estacas), como son: I. 40°C, II. 45°C, III. 50°C y IV. Testigo dejado a temperatura ambiente, siendo las variables altura y número de nudos. Los datos *in vitro* se analizaron estadísticamente mediante un ANOVA y La Prueba de Comparaciones de Medias por Pares (L.S.D.), y los datos obtenidos con la aplicación de termoterapia se utilizó ANOVA y La Prueba de Comparación Múltiple de Dunett, utilizando el paquete estadístico SPSS. Los resultados demostraron que el tratamiento II (0.050 mg/l BAP - 0.02 mg/l ANA) obtuvo el mayor número de brotes, alcanzando una tasa de proliferación de 5.93 a los treinta días. Los resultados obtenidos en la aplicación de termoterapia reflejan que el tratamiento III de 50°C, alcanzó la mayor altura de 62.0 cm., y en relación con la misma temperatura, se obtuvo un valor promedio de 16.5 en número de nudos. En conclusión, el medio de cultivo MS. 0.050 mg/l BAP - 0.02 mg/l ANA es el que presentó una mayor tasa de proliferación de explantes, y en la aplicación de termoterapia la temperatura de 50°C es la más adecuada para obtener un mejor saneamiento y crecimiento de la planta.



1. INTRODUCCION.

La micropropagación es el proceso de multiplicar plantas in Vitro a partir de un fragmento de la planta madre, es decir, la utilización de las técnicas de cultivo in Vitro aplicadas a la propagación vegetativa de plantas.

El cultivo in Vitro es una herramienta muy útil en los programas de mejoramiento genético, que tiene el potencial de producir plantas de calidad a escala comercial, y una tasa de multiplicación ilimitada.

En el medio ambiente las plantas están sometidas a una serie de factores limitantes de su crecimiento y producción, tales como agentes patógenos y enfermedades que conllevan a la planta a un estrés fisiológico.

Entre los principales problemas que limitan la productividad de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a los agricultores de Chacaraseca y Lechecuagos, León, es la carencia del material de siembra y la baja calidad de la semilla disponible. Esto se debe, a que el material almacenado de la cosecha anterior u obtenidas de otras zonas, están expuestas a las diferentes enfermedades y agentes patógenos, ocasionando grandes pérdidas económica en sus cosechas.

Una alternativa para solucionar este problema es la obtención de material de siembra mediante el uso de la micropropagación y la aplicación de la termoterapia.

El cultivo in vitro, es una alternativa viable para la propagación masiva de plantas sanas y una tasa de multiplicación ilimitada, ésta técnica garantiza la producción de semillas de alta calidad y alto rendimiento en la producción.

La termoterapia se utiliza para eliminar los agentes patógenos que se encuentran en las plantas, ya que este cultivo se propaga en forma vegetativa;



esto, permitirá dar una protección efectiva a las estacas contra las plagas y patógenos que influyen en los rendimientos del cultivo.

Por esta razón, se pretende en este trabajo utilizar la micropropagación para obtener material de siembra de yuca aséptico disponible todo el tiempo y una tasa de multiplicación ilimitada a través de la micropropagación, en el Laboratorio de Cultivo de Tejido, UNAN-León.

Con la aplicación de Termoterapia en material de siembra, utilizan un método sencillo y barato para eliminar enfermedades y agentes patógenos, garantizando así, material de buena calidad.

El trabajo contribuirá a dar parte de la solución a la problemática de los agricultores que sufren daños y pérdidas económicas considerables debido a las distintas plagas y enfermedades que atacan este cultivo.



1.1. HIPOTESIS.

MICROPROPAGACION.

- **Ho:** Todos los tratamientos presentan igual tasa de proliferación.
- **Ha:** Uno de los tratamientos presenta diferente tasa de proliferación.

TERMOTERAPIA.

ALTURA.

- **Ho:** Los tratamientos térmicos aplicados al material de siembra más el testigo a temperatura ambiente, presentaron igual altura.
- **Ha:** Uno de los tratamientos térmicos aplicados al material de siembra más el testigo a temperatura ambiente, presentó diferente altura.

NUDOS.

- **Ho:** Los tratamientos térmicos aplicados al material de siembra más el testigo a temperatura ambiente, presentaron igual número de nudos.
- **Ha:** Uno de los tratamientos térmicos aplicados al material de siembra más el testigo a temperatura ambiente, presentó diferente número de nudos.



1.2. OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL:

- Obtener material de siembra de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) a través de la micropropagación y aplicación de termoterapia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Evaluar el efecto de tres medios de cultivo MS suplementados con diferentes concentraciones de Bencilaminopurina (BAP) y Ácido naftalenoacético (ANA) sobre la tasa de proliferación.
- Evaluar el efecto de diferentes tratamientos térmicos en material de siembra en el campo.



2. LITERATURA REVISADA.

La micropropagación es la multiplicación vegetativa in vitro, es decir, la obtención de descendencia uniforme a partir de un fragmento de la planta madre en condición de asepsia (Quiroz y Mendoza, 2001).

El establecimiento de los principios biológicos del cultivo de órganos y tejidos ha sido acreditado al alemán Haberlandt, fisiólogo vegetal, quien los enunció por primera vez en 1902 (Hartmann y Kester, 1988).

Los autores Pelacho y Closas (1998) citan que Pierick (1987), definió "Cultivo in vitro" como: el cultivo en medio nutritivo bajo condiciones estériles de plantas, semillas, embriones, órganos, explantes, tejidos, células y protoplastos de plantas superiores (Quiroz y Mendoza, 2001).

Para 1934, P. R. White, pudo cultivar raíces de tomate in vitro proporcionándoles extracto de levadura. En 1939, tres investigadores: Nobecourt y Gautheret en Francia y White en EUA, reportaron en forma independiente el cultivo de tejido de callo vegetal en un medio sintético. El descubrimiento de las citoquininas y del control hormonal de la regeneración de tallos y raíces logradas de tallo de tabaco por Skoog y sus colaboradores en 1948 en la Universidad de Wisconsin estableció las bases para manipular la iniciación de órganos y proporcionó el principio en que se basa toda la micropropagación (Hartmann y Kester, 1988).

Los autores Albarrán, Fuenmayor y Fuchs, 2003, reportaron que en yuca, el cultivo in Vitro de meristemas ha permitido la propagación de plantas libres de virus y de cualquier otro patógeno, facilitando el intercambio de germoplasma. Por otro lado, el cultivo de segmentos nodales de tallo permite la multiplicación rápida de plantas y la conservación in vitro de diferentes variedades por tiempo indefinido, en un espacio limitado con menor exposición a los desastres naturales y de fácil multiplicación cuando se requiera.



En la actualidad, la micropropagación ha avanzado significativamente para resolver algunos problemas en la agricultura.

2.1. FASES DE LA MICROPROPAGACION.

A continuación, se describen las diferentes fases de la micropropagación (Quiróz y Mendoza, 2001):

FASE 0: PREPARACION DE LA PLANTA MADRE.

Para establecer el cultivo en condiciones de asepsia, se debe obtener explantes con mejor homogeneidad. El estado fisiológico de la planta madre dependerá del nivel nutricional y un grado de desarrollo adecuado.

El estado sanitario de la planta madre será el factor básico del éxito en la obtención de un cultivo aséptico. Para obtener estos explantes es recomendable tener a la planta madre, durante unas semanas o meses en un invernadero bajo condiciones controladas, permitiendo un crecimiento vigoroso y libre de enfermedades.

FASE 1: DESINFECCION DEL MATERIAL VEGETAL.

Elegida la planta madre, se extraerán los fragmentos de los cuales, se obtendrán los explantes. Los explantes pueden ser yemas, trozos de hojas, raíces, semillas, etc. Antes de extraer los explantes se desinfectarán los fragmentos de la planta madre para eliminar los contaminantes externos, con soluciones desinfectantes, tales como: Hipoclorito cálcico o sódico, alcohol al 70%, entre otros.

Los contaminantes más comunes son los hongos y las bacterias que habitan de forma natural en el ambiente. Una vez desinfectado el material vegetal, se debe mantener en condiciones de asepsia.



FASE 2: INTRODUCCION DEL MATERIAL IN VITRO.

Luego de la desinfección, las semillas o las yemas dependiendo del material seleccionado, se ponen en el medio de cultivo estéril. En un período de una semana o quince días, comienza el proceso de germinación o regeneración de nuevos tejidos vegetales, iniciando el ciclo de cultivo in vitro.

FASE 3: MULTIPLICACION DE LOS BROTES.

Durante esta fase se espera que los explantes que sobrevivieron en la FASE 1 y 2 originen brotes con varias hojas o entrenudos. En la base de cada hoja hay una yema que se desarrollará luego de ser puesta en contacto con el medio de cultivo. Periódicamente estos nuevos brotes se deben subcultivar en un nuevo medio mediante divisiones y resiembras en tubos de cultivo. Estas operaciones se realizan en la cámara de flujo laminar que permite mantener las condiciones de asepsia.

FASE 4: ELECCION DE UN MEDIO DE ENRAIZAMIENTO DE LOS EXPLANTES.

Para enraizar los explantes se utilizan plantones individuales de un tamaño aproximado de 2 cm. Los brotes obtenidos durante la fase de multiplicación se transfieren a un medio libre de reguladores de crecimiento o que contengan hormonas del tipo auxinas. Los medios de enraizamiento in vitro contienen una o más auxinas, y están exentas de citoquininas y a veces tienen un contenido más bajo de componentes minerales que los medios de multiplicación. Algunas especies no necesitan pasar por esta etapa, por lo tanto el proceso de multiplicación y enraizamiento transcurren de forma simultánea.

FASE 5: ACLIMATACION DE LOS EXPLANTES.

Los explantes recién enraizados son sensibles a los cambios ambientales, de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso dependen de la aclimatación. El éxito de la aclimatación depende del acondicionamiento en la fase 4 y del control de las condiciones ambientales durante la aclimatación.



2.2. MEDIO DE CULTIVO.

Toda planta, órgano o tejido requiere de una serie de compuestos externos, elementos minerales y compuestos orgánicos. Los requerimientos nutritivos para un crecimiento *in vitro* óptimo varían con las especies e incluso de acuerdo a las partes de las plantas que se están cultivando.

El medio Murashige y Skoog (1962) o MS, es muy usado si el objetivo es regenerar plantas, citado por Larios y Mendoza 1986. El medio de cultivo es la combinación sólida o líquida de nutrientes y agua. Usualmente incluye sales inorgánicas, carbohidratos, vitaminas y aminoácidos. A menudo pueden ser suplementado con algún regulador de crecimiento. Los medios de cultivo deben prepararse en agua destilada, bidestilada o preferiblemente desmineralizada.

El agar es un producto en polvo que se obtiene de ciertas especies de algas rojas. La calidad del agar puede variar en las diferentes presentaciones comerciales: DIFCO, MERCK, GIBCO, TCA, BACTO-AGAR, (Navarro y Perea, 1996; Hartmann y Kersten, 1988). En reemplazo del agar, se puede utilizar un nuevo gel "Gelrite" (2g/L). Tiene la ventaja de ser transparente, por lo tanto, cualquier contaminación especialmente bacteriana, es fácilmente detectable (Navarro y Perea, 1996).

Sales minerales y micronutrientes: El ión (NO_3) y el ión amonio (NH_4), sirve como fuente de nitrógeno; dependiendo de las características de crecimiento de cada planta. Los micronutrientes son requeridos en cantidades tan pequeñas, las cuales se preparan en soluciones "stock" (Larios y Mendoza, 1986).

Vitaminas: Favorecen el crecimiento celular (Dogal 1978), reporta la tiamina como suplemento indispensable para los cultivos "in vitro" los cuales en su ausencia son difíciles de proliferar.

Aminoácidos: Bajo la forma de un hidrolizado proteico favorecen la formación de callos, organogénesis y/o embriogénesis (Navarro y Perea, 1996).



Auxinas: Su acción fisiología es estimular la elongación celular, formación de raíces, activación de las células del cambium y otros (Larios y Mendoza 1986).

Citoquininas: Estimulan la división celular y la diferenciación de los explantes (Navarro y Perea, 1996).

Se encuentran en casi todos los tejidos, particularmente en los granos, frutas y raíces.

2.3. VENTAJA DE LOS CULTIVOS VEGETALES “IN VITRO”.

A través de la propagación in vitro se ha podido disponer de material vegetal en diversas especies (Castillo, 2004). En todos los casos, la forma de propagación son las mismas. Se emplean días de regeneración por formación de yemas axilares, yemas adventicias y de embriogénesis somática (Olmos, 2002).

Esta técnica es una verdadera revolución en el sector de la producción vegetal, al menos mil veces más potente que las técnicas tradicionales. Con las técnicas tradicionales se requiere de un tiempo de diez años para obtener las cantidades suficientes de nuevas variedades que permitan su comercialización; por el contrario, la reproducción in vitro reduce este intervalo de tiempo a dos años.

La producción de plantas en probetas, define un modo de reproducción natural que es la multiplicación vegetativa. La multiplicación vegetativa debe su nombre al fenómeno de la frecuencia en los vegetales y esta potencialidad está ligada a la existencia de los meristemas y a la aptitud de producirse de nuevo (Larios y Mendoza 1986).

Además, permite producir plantas a corto tiempo, comercialización rápida de una nueva variedad, propagación de plantas de difícil propagación vegetativa, propagación de plantas cuyas condiciones normales de



multiplicación son largas y difíciles (orquídeas), producción vegetativa de gran número de ornamentales (crisantemos, begonias, etc.) (Navarro y Perea 1996), propagación clonal masiva de plantas libres de enfermedades, facilita el intercambio de material genético, reduce el riesgo de pérdidas genéticas al evitar la mezcla del material por cruzamiento.

También, ofrece un gran potencial para el mejoramiento y la investigación concerniente a los diversos aspectos de la multiplicación vegetativa. Sin embargo, tiene su desventaja, esta técnica, requiere de personal especializado, de infraestructura y equipamiento, y los productos químicos son de elevados costos, los cuales, algunos pequeños agricultores no la pueden obtener (Salas, 1995).

2.4. MORFOLOGIA de *Manihot esculenta* Crantz.

2.4.1. GENERALIDADES DE LA PLANTA.

La yuca *Manihot esculenta* Crantz, pertenece a la familia Euphorbiaceae, nativa de América tropical, es tolerante a la sequía, se desarrolla bastante bien en suelos pobres con pH bajo y con poco uso de insumos.

Este cultivo es productor eficiente de hidratos de carbono. La producción diaria de calorías por hectárea es mucho más alta que la de cualquier cultivo básico. Además, su follaje puede producir hasta 5t de proteína cruda/ha-año (Domínguez *et al.* 1971).

2.4.2. MORFOLOGIA DE LA PLANTA.

La yuca es una planta monoica, de ramificación simpodial y porte arbustivo, cuya altura varía de 1 a 5 metros, siendo más común encontrar plantas entre 1-3 metros, según las condiciones ecológicas.



Dentro de esta especie existen variedades amargas y dulces, según su contenido de ácido cianhídrico. El número de cromosomas de la especie es $2N=36$.

Los caracteres morfológicos de las plantas se agrupan en caracteres constantes y caracteres variables; los constantes son aquellos que tipifican el taxón (especies o variedades). Los caracteres variables reciben la influencia de las condiciones ambientales, y pueden ser considerados como los resultantes de la acción del medio ambiente sobre el genotipo (Domínguez *et al*, 1971). La gran cantidad de genotipos de yuca cultivados comercialmente y la diversidad de ambientes ecológicos en los cuáles se encuentra sembrada la yuca, dificultan una descripción precisa de los caracteres morfológicos.

TALLO.

Los tallos son importantes en la yuca, pues son el medio que se utiliza para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie, y sirven como “semilla” para la producción comercial del cultivo. El tallo maduro es cilíndrico y su diámetro varía de 2-6 cm. Tanto el grosor del tallo como el color varían de acuerdo con la edad de la planta y con la variedad. Se presentan tres colores básicos del tallo maduro: plateado o gris, morado y amarillo verdoso.

Los tallos están formados por nudos y entrenudos. El nudo es el punto en el que una hoja se une al tallo, y el entrenudo es la porción del tallo comprendida entre dos hojas sucesivas. En el nudo se inserta el pecíolo de la hoja, una yema axilar protegida por una escama y dos estipulas laterales.

El largo de los entrenudos en el tallo principal es muy variable, y no sólo depende de la variedad, sino de otros factores como la edad de la planta, una sequía, un ataque de insectos, etc. En cierto sentido, el tallo es un registro perdurable de la historia del desarrollo de la planta que permite deducir las condiciones y eventos que lo influyeron. La presencia de las yemas axilares en



cada nudo es importante, ya que a partir de las mismas una estaca puede producir una nueva planta.

SISTEMA RADICAL.

Las raíces de la planta de yuca tiene como característica principal la capacidad de almacenamiento de almidones, razón por la cual es el órgano de la planta que hasta el momento ha tenido un mayor valor económico.

El sistema radical presenta una baja densidad de raíces, pero una penetración profunda. Es una característica muy relevante, pues contribuye a que la planta tenga la capacidad de soportar períodos largos de sequía. Las raíces fibrosas pueden alcanzar profundidades hasta de 2.5 m.

La planta absorbe el agua, y los nutrimentos por medio de las raíces fibrosas, capacidad que pierden cuando se transforman en tuberosas. Las raíces tuberosas y fibrosas son morfológica y anatómicamente idénticas. La diferencia radica en que en el momento en que se inicia la acumulación de almidones, el sentido del crecimiento de la raíz cambia de longitudinal a radial.

La profundidad a la que se entierra la estaca afecta la longitud del pedúnculo, que tiende a ser más largo cuando la profundidad de siembra es mayor. Cuando el pedúnculo es demasiado largo, resultan mayores pérdidas, pues en el proceso de extracción de las raíces éste se rompe y la raíz de interés comercial permanece en el suelo. Las raíces pueden adquirir formas y tamaños muy variables, siendo estas características dependientes tanto de la variedad como de las condiciones ambientales en que la planta crece (Domínguez *et al.* 1971).

HOJAS.

Las hojas, al igual que las de cualquier otra planta, son los órganos en los cuales ocurre la fotosíntesis, que transforma la energía radiante del sol en energía química. En la yuca las hojas se forman a partir de los meristemos



axilares localizados en los nudos del tallo, y están dispuestas en forma de espiral. Las hojas son simples y están compuestas por la lámina foliar y el pecíolo. El tamaño de la hoja es una característica típica de cada cultivar, aunque depende mucho de las condiciones ambientales. Las hojas que la planta produce entre el primero y cuarto mes después de la siembra, son de mayor tamaño que las hojas que la planta desarrolla entre el cuarto mes y la cosecha.

El color de las hojas es una característica varietal, que puede variar con la edad de la planta. Las hojas maduras pueden ser púrpura, verde oscuro, hasta verde claro. A medida que las hojas crecen y se desarrollan, cambian a una coloración verdosa.

El color de la nervadura oscila entre el verde y el morado, es otra característica varietal y puede ser igual o diferente en los dos lados de la hoja. Son maduras y glabras, es decir carecen de pubescencia.

El haz de la hoja está cubierta por una cutícula cerosa brillante, mientras que el envés es opaca y es donde se encuentran localizados la mayoría de los estomas, aunque algunas variedades presentan abundantes estomas en el haz.

En el punto de inserción del pecíolo al tallo se pueden observar dos estípulas de 0.5-1cm. de largo. Estas estípulas pueden o no permanecer adheridas al tallo una vez que la hoja se ha desarrollado completamente. Las hojas de yuca tienen un valioso contenido nutritivo con altos niveles proteicos que oscilan entre 18%-22% en base seca (Domínguez *et al.* 1983).

INFLORESCENCIA.

No todas las variedades de yuca florecen en las mismas condiciones ambientales, y entre las que lo hacen hay marcadas diferencias en cuanto al tiempo de floración y la cantidad de flores que producen. El ambiente influye en la inducción de la floración. Como todas las del género *Manihot*, la yuca es una planta monoica, es decir, con flores unisexuales masculinas y femeninas en



una misma planta y en la misma inflorescencia. La polinización de la yuca es cruzada, por lo que cada individuo es naturalmente un híbrido con altos niveles de heterocigosidad. Esta es realizada por acción de los insectos, de ahí que la yuca sea una planta altamente heterocigota.

Las flores de la yuca se producen en inflorescencias. La estructura básica del arreglo de las flores es el racimo, en el que las flores femeninas ocupan las posiciones basales y las masculinas las distales. Estas últimas son más pequeñas y más numerosas que las femeninas. En una misma inflorescencia, las flores femeninas abren primero que las masculinas, una o dos semanas antes, fenómeno conocido como “protoginia”.

Sin embargo, es posible que flores masculinas y femeninas de distintos racimos, pero de una misma planta, abran al mismo tiempo, y cuando sucede es posible la “autopolinización”.

En general, las inflorescencias se forman de yemas en el punto de inserción de las ramificaciones reproductoras. Ocasionalmente, se pueden encontrar inflorescencias desarrolladas en las axilas de las hojas de la parte superior de la planta.

FRUTO.

Después de la polinización y la subsiguiente fertilización, el ovario se desarrolla para formar el fruto, el cual toma entre 3-5 meses para completar su maduración. Es una cápsula dehiscente y trilocular, de forma ovoide a globular, de 1.0 a 1.5 cm de diámetro, con seis aristas longitudinales, estrechas y prominentes. Al hacer un corte transversal del fruto en desarrollo se observan una serie de tejidos bien diferenciados: epicarpo, mesocarpo y endocarpo.

Al madurar la semilla, el epicarpo y el mesocarpo se secan. El endocarpo, que es de consistencia leñosa, se abre bruscamente cuando el fruto está maduro y seco, para liberar y dispersar, a cierta distancia, las semillas.



SEMILLA.

La semilla es el medio de reproducción sexual de la planta, por consiguiente es de incalculable valor en el fitomejoramiento genético del cultivo.

La semilla es de forma ovoide–elipsoidal y mide aproximadamente 10 mm de largo, 6 mm de ancho y 4 mm de espesor. La testa es lisa, de color café con moteado gris. En la parte externa se encuentra la carúncula, estructura que se pierde una vez que ha caído al suelo. La parte más externa de la semilla se llama “testa”. Después se encuentra el endospermo, formado por células parenquimatosas poliédricas, que es el tejido que forman los cotiledones y tienen como función proteger y nutrir el embrión.

En el interior del endospermo se encuentran los cotiledones y el eje embrionario, que está constituido por las dos hojas cotiledonares, la plúmula, el hipocótilo y la radícula, por lo que producirá un individuo genéticamente idéntico a la planta madre (Domínguez *et al.* 1971).

2.4.3. TAXONOMIA DE LA PLANTA DE YUCA.

Dentro de las jerarquías sistemáticas, la yuca se caracteriza por la producción de semillas con dos cotiledones (Domínguez *et al.* 1971).

Clasificación Taxonómica de la Yuca

Clase: Magnoliopsida.
Subclase: Rosidae.
Orden: Euphorbiales.
Familia: Euphorbiaceae
Tribu: Manihoteae.
Género: Manihot.
Especie: *Manihot esculenta* Crantz, (Stevens *et al.* 2001).



Se dice que el orden Euphorbiales está representado por la gran familia de la Euphorbiaceae, constituida por unas 7200 especies. Las Euphorbiáceas se caracterizan principalmente por el notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras que reciben el nombre de galactocitos.

Una de las tribus más importantes de la familia de la Euphorbiáceas es la Manihoteae, representada por el género *Manihot*. Dentro del género *Manihot* se han clasificado alrededor de un centenar de especies, entre las cuales la única cultivada comercialmente es *Manihot Esculenta* Crantz, cuyos sinónimos son: *Manihot utilísima*, *Manihot edulis* y *Manihot aipi* (Domínguez *et al.* 1971).

2.5. PROPAGACION.

La yuca puede propagarse por medio de estacas o semilla sexual, pero la propagación por semilla es importante para programas de mejoramiento. Las estacas de yucas pueden sembrarse inmediatamente después de cortadas de plantas maduras o luego de un período de almacenamiento.

Las estacas para producción comercial normalmente varían entre 10-30 cm de largo y provienen de las partes leñosas de las plantas maduras. El crecimiento inicial de los brotes proveniente de estacas aumenta si hay mayor peso en la estaca, menciona Wholey 1974 (Domínguez *et al.* 1971), pero esto no se correlaciona tan necesariamente con la producción final, según Rosas, com. Per. (Domínguez *et al.* 1971).

El estado nutritivo de las estacas afecta el desarrollo inicial de los brotes produciendo mayor crecimiento en estacas tomadas de plantas obtenidas de parcelas fertilizadas. Estas diferencias en el crecimiento inicial son suficientes para aumentar rendimientos cuando estas estacas son sembradas en un suelo infértil, según Keating y Evenson, 1979 (Domínguez *et al.* 1971).

La germinación de las estacas es muy sensible a cambios de temperatura. En un ensayo con doce variedades las estacas de dos de éstas solamente



alcanzaron 20% de germinación a 16°C y en las demás la brotación más rápida ocurre a los 28.5-30°C y se inhibe cuando las temperaturas son superiores a 37-39°C o inferiores a 12-17°C, según Keating y Evenson, 1979 (Domínguez *et al.* 1971); el crecimiento más vigoroso de los brotes que salen ocurre a los 30-32.5°C, menciona Wholey 1974 (Domínguez *et al.* 1971).

Según Wholey 1974, las estacas de yuca se pueden sembrar en posición vertical, inclinada u horizontal. La mayoría de las yemas axilares de las estacas comienzan a desarrollarse, pero el crecimiento de los brotes en la parte superior suprime el desarrollo de las otras yemas.

El número de retoño producido por estaca es mayor cuando se siembran horizontalmente, ya que los efectos de supresión de brotes son menores (Domínguez *et al.* 1971).

2.6. CRECIMIENTO Y DESARROLLO.

Los brotes tienen una marcada dominancia apical y secuencialmente producen nuevas hojas, sin embargo, cuando el ápice se vuelve reproductivo se desarrollan de una a seis yemas axilares (normalmente solo 2 o 3) y producen la división o ramificación característica de la yuca. Los brotes laterales se desarrollan de yemas axilares en la parte basal del tallo. Este tipo de ramificación es común, lo que indica que la dominancia apical es dependiente de la posición erecta del tallo principal.

Cada unidad nodal está compuesta por un nudo del cual nace una hoja y un entrenudo. La tasa de producción de nudos en cada rama cambia de aproximadamente un nudo por día en el período de crecimiento inicial hasta una de un nudo por semana en plantas de un año de edad, presentando poca variación varietal. El número total de unidades nodales por planta depende no solo de la producción de nudos por rama, sino también del número de ramas o ápices por plantas.



Las causas de la ramificación en yuca no son totalmente conocidas; algunos ramifican temprano y continúan su ramificación mientras que otros no ramifican. Bajo condiciones ambientales constantes el intervalo entre las ramificaciones tiende a ser constantes, según Tan y Cock, 1979, CIAT 1978 (Domínguez *et al.* 1971).

El número de ramificaciones se reduce con bajos niveles de fertilidad del suelo, o se incrementa por falta de agua durante el ciclo de su crecimiento; la influencia de la temperatura reduce o aumenta las ramificaciones (Domínguez *et al.* 1971).

Los principales órganos de almacenamiento en yuca son las raíces. A los 28 días después de la siembra se puede encontrar un gran número de granos de almidón en el parénquima del xilema de las raíces fibrosas, según López, 1975 y Keating, 1988 (Domínguez *et al.* 1971). El número de raíces que eventualmente engrosarán se determina en los primeros 2-3 meses después de la siembra. Parece que el fotoperíodo no induce el engrosamiento de las raíces y que ésta es la respuesta directa de la planta al exceso de carbohidratos suministrados para el desarrollo de la parte aérea, según Cock *et al.* 1979, y Tan y Cock, 1979 (Domínguez *et al.* 1971).

2.7. PRODUCTIVIDAD Y VARIEDADES DE LA YUCA.

La yuca es la séptima mayor fuente de alimentos básicos del mundo. Es un cultivo apreciado por su fácil y amplia adaptabilidad a diversos ambientes ecológicos, el poco trabajo que requiere, la facilidad con que se cultiva y su gran productividad. Puede prosperar en suelos poco fértiles, en condiciones de poca pluviosidad. En condiciones óptimas la yuca puede producir altos rendimientos en calorías alimenticias por hectárea a bajos costos que la mayoría de los demás cultivos alimenticios tropicales (Wikipedia, 2009).

Igualmente, puede sembrarse y cosecharse en cualquier estación, o permanecer bajo tierra durante largos períodos, lo cual la constituye como reserva contra el hambre o la escasez (Spurgeon D.), (Chavarría, 2008).



Según la FAO, 2002, la producción actual mundial de yuca es de 178,86 millones de t. y constituye un alimento esencial para la población, especialmente en el África (95,2 millones de t.) y en América del Sur (34,4 millones de t.). En Venezuela se producen actualmente 571.000 t (Albarrán *et al.* 2003). En Brasil, el mayor productor de yuca, ha creado un tremendo interés en la producción de alcohol de biomásas como un sustituto del petróleo y otros derivados (Domínguez *et al.* 1971).

Cultivo de la Yuca en Nicaragua.

En los últimos seis años se ha convertido en un rubro generador de empleo e ingresos, y un gran potencial económico para usos industriales y para la alimentación animal para los productores de la zona húmeda de Nicaragua. Actualmente Nueva Guinea, es la principal zona productora de este rubro (Chavarría, 2008).

En Nicaragua la yuca es cultivada por pequeños y medianos productores, con un área promedio que va desde 0,28 ha hasta 2,47 ha (INEC 2001), (Blanco *et al.* 2004), de los departamentos de Masaya (Los Altos, Masaya, Nindirí), Granada (Diría, Diriomo), Chinandega, León (El Tololar, Lechecuagos, Chacaraseca), Juigalpa, Carazo, Rivas, Nueva Guinea (RAAS), RAAN y Río San Juan (INEC 2001), estimándose un área de producción de 16,108 ha (Guido, 2008-2009 e IICA, 2006 y Blanco *et al.* 2004).

Según MAG-FOR 2002, se estima que se siembran 21.108 ha de yuca, con una producción total de 204.748 t, presentando un rendimiento promedio de 9,7 t/ha (Blanco *et al.* 2004).

De acuerdo al CENSO Nacional (2001) el 70 % del área cultivada de yuca se explota en el municipio de Nueva Guinea y el 30% restante en las zonas de Masaya y León, para un total de 17,142 hectáreas de yuca, (Chavarría, 2008).



A nivel nacional se cultivan unas 16.7 miles de hectáreas que producen unas 228.4 miles de toneladas de las cuales se destinan 4.1 miles de toneladas para la industria nacional, 220 miles de toneladas para consumo fresco y 4.1 para la exportación, (INTA, 2003).

Las proyecciones de la FAO para el 2005 indicaron que la producción de yuca en Nicaragua aumentaría a casi 210 millones de toneladas y la tasa de crecimiento mundial sería de 2,2 por ciento, (Chavarría, 2008).

En la zona del Pacífico Norte: el cultivo de la yuca se concentra en León (Lechecuagos, Tololar y Chacaraseca) zona favorecida por el tipo de textura franco arenoso, y arenoso de los suelos. Las variedades que se siembra son Blanca y Valencia (menor proporción).

Según el MAG-FOR en el ciclo 2002- 03 se cultivaron más de 2.6 miles de hectáreas. En esta zona predominan los estratos de pequeños y medianos productores (siembran de 1 a 1.5 has, de 4 a 5 has y más de 20has). La comercialización se realiza mediante intermediarios de León, Chinandega, Managua y Honduras.

Zona Centro Sur: se siembra cerca de 13 mil hectáreas, actividad en la que participan unos 12 mil productores. De este total de hectáreas, solamente 250 están dedicadas para la exportación, a cargo de 180 productores. Las variedades que se siembran son Masaya y Campeona. Sus principales mercados locales son Juigalpa y Managua. El 60% de la producción es para la alimentación humana.

Zona del Pacífico Sur: las variedades que se cultivan son Ceiba (para consumo humano), Pochota o Cubana (para la fabricación de almidón). En Masaya, las áreas sembradas son de 350 has como mínimo. Las mayores áreas se establecen en la época de primera por 200 productores (IICA, 2006 e INTA. 2003).



La yuca se puede clasificar en dos variedades “dulce” y “amarga”. Las variedades dulces generalmente son de uso comestible (frita, cocida, etc.), como son: Ceiba, Algodón, Pata de paloma y Valencia; mientras que las variedades amargas, como son: Pochota, Cubana, Masaya y Campeona, son de uso industrial porque posee mayor concentrado de almidón (INTA, 2003).

Las variedades que actualmente se cultivan son: Ceiba, Pochota, Cubana, Blanca, Algodón, Masaya, Campeona y Valencia (Guido 2008-2009).

Guido (2004-2005), caracterizó catorce variedades nacionales de yuca para consumo humano en Masatepe y Masaya las variedades: Algodón, Amarga, Arbolito, Níspero #1, Masaya, Pochota, Sucra, Campeona, Brasileña, Níspero # 2, Valencia, Ceiba, Cubana y Rameña Amarga (Guido 2008-2009).

Según el IICA, 2006, las variedades recomendadas para cultivar tenemos las siguientes: 1. Blancas: Valencia, criolla, cinco minutos, San Andrés, Intibucá, Ceiba, otras; y 2. Amarillas: Guaymas 59, Guaymas 323, Llanera, otras (IICA, 2006).

Otras variedades dulces utilizadas para consumo humano, tenemos las siguientes: PER-183, SM 805-15, CM 6740-7, CM 6438-14, CM 6921-3, CM 523-7 y CM 2772-3; entre las variedades amargas que son utilizadas para la exportación y la industria están: SM 1433-4, CM 7514-8, CM 507-37, CM 5306-8, CM 8027-3. Todas las variedades, son procedentes del CIAT de Colombia, mediante el proyecto CLAYUCA (Guido, 2008-2009, Guido, 2005, Vega y Aburto, 2005/2006).

2.8. USO DE LA YUCA EN NICARAGUA.

El cultivo de la yuca, comprende una estructura insumo-producto en la que intervienen cuatro componentes que se derivan en un producto fresco (raíz de la yuca) y varios productos derivados.



Entre los principales usos tenemos los siguientes:

- Para la “**exportación**”: como producto fresco (congelada y parafinada) a los mercados de Estados Unidos, Puerto Rico, Honduras, El Salvador y Costa Rica.
- Para el “**consumo nacional**” como verdura fresca (cocida en sopas), platos típicos, postres, frita, puré, otros.
- Para la “**obtención de almidón y harina**” (pequeñas industrias), puede utilizarse como sustituto de la harina de trigo, maíz y arroz entre otros; en panificación (pan), en los alimentos tales como: pasta, mezclas, etc., se consume con frijoles y carne; se utiliza para rellenar pollos y para preparar varios platos de mariscos. La harina de yuca también es usada en la perforación de pozos de petróleo, en virtud de dar impermeabilización y reducir el roce en el proceso.
- Como “**materia prima**”, los productos más importantes de la yuca son: papel, utilización en la industria textilera, madera enchapada y adhesivos. En la alimentación de animales especialmente aves (en los pollos se ha usado harina de hoja de yuca), porcinos y ganado se utiliza toda la planta triturada (citado en INTA, 2003).

En Nicaragua, existen platos típicos conocidos como: "Yuca con Chicharrón", Vigorón, Baho, Buñuelos, Chingaste con yuca, Chancho con yuca, entres otros.

La yuca tiene una variedad de usos tanto en la industria, en lo agrícola, en la exportación del producto, como en la gastronomía de la cocina latinoamericana, entre estos países destacan: Brasil, Perú, Paraguay, México, Cuba, Venezuela, República Dominicana, Colombia, Panamá, otros (Wikipedia, 2009).



4.9. ENFERMEDADES Y PLAGAS QUE ATACAN LA YUCA.

La yuca es afectada por muchas enfermedades fungosas y bacterianas cuya distribución geográfica e importancia económica varían considerablemente. Las enfermedades que causan manchas foliares, necrosamiento del tallo y pudriciones radicales se presentan con mayor frecuencia y se distribuyen más ampliamente, causando pérdidas en rendimiento.

4.9.1. PLAGAS Y ENFERMEDADES.

Mancha parda de la hoja. Causada por *Cercospora henningsii*. Es una de las enfermedades más importantes de la yuca. Los síntomas que provoca son manchas marrones, más definidas en el haz y menos en el envés. Las venas cercanas a las lesiones circulares pueden aparecer de color negro. Las hojas situadas en la parte baja de la planta son más susceptibles de ser atacadas.

Mancha blanca de la hoja. Causada por *Cercospora caribae*. Es una enfermedad frecuente en los periodos húmedos y frescos. Los daños son marchitamiento de las hojas y la exudación de goma. La enfermedad a veces aparece en el extremo de las ramas, secándose las hojas nuevas.

Ceniza o mildiu. Causada por *Oidium* sp. Esta enfermedad aparece en la época seca. La ceniza de la yuca está causada por *Oidium manihotis*. Ataca preferentemente a las hojas más desarrolladas. Provoca lesiones amarillentas en las que en ocasiones aparecen áreas necróticas de color marrón. Pudiendo llegar hasta provocar la defoliación de la planta.

Bacteriosis, pudrición. Causada por *Xanthomonas manihotis*. Es una enfermedad importante en Argentina, Paraguay y Brasil. Provoca el marchitamiento de las hojas y la exudación de goma. La enfermedad a veces aparece en el extremo de las ramas, secándose las hojas nuevas. Existen variedades resistentes a la enfermedad.



El taladrador de tallos y ramas. *Coelostermus* sp. Existen cinco especies de este género que ataca a la yuca. Las larvas hacen galerías que pueden llegar a los 13 mm.

Gusano de la hoja. *Erinnyis ello*, Lepidóptero. Es una plaga importante que ataca por toda América y acaba con las hojas de la yuca y otras plantas. Las larvas de este insecto son muy voraces y generalmente se alimenta de hojas y pecíolos, dejando en algunos casos las plantas completamente defoliadas.

"Mosquinha dos mandiocais" o "Broca dos brotes", *Lonchaea pendula*. Es una de las plagas más importantes de América. La mosca coloca los huevos en los brotes, llegando a acabar con las hojas en desarrollo. Existen variedades con resistencia genética.

Ácaros. Provoca decoloración y deformación de las hojas, llegando a la caída de las mismas. Desorganiza todo el proceso de crecimiento de la planta, provocando acortamiento de los nudos y la muerte en los extremos apicales, incluso en toda la planta. Se observa una mayor proliferación en la estación seca (Infoagro, 2008). Los ácaros de las especies *Mononychellus tanajoa* y *Mononychellus caribeanae*, estos arácnidos atacan principalmente el follaje dando un aspecto de mosaico con una posterior caída de las hojas.

Hormigas cortadoras, las cuales son insectos sociales que viven en forma subterránea y generalmente atacan la parte aérea de la planta, causando importantes pérdidas, principalmente en las etapas iniciales del cultivo (Vaccharino, 2007).

4.10. TERMOTERAPIA.

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz), es un arbusto perenne distribuido en el trópico húmedo, que se considera de gran importancia económica por su uso para el consumo humano, animal e industrial.



Debido a que la semilla sexual le confiere gran variabilidad genética a la planta, los agricultores han perpetuado el cultivo mediante la propagación vegetativa utilizando semilla asexual (estacas). La semilla asexual se obtiene cortando secciones de tallo de 20 cm de longitud con varias yemas (Albarrán J. et al. 2003).

Los bajos rendimientos de yuca, se deben a factores de los cuales, uno de los más limitantes son las enfermedades, entre las que se destacan: el añublo bacterial, cuero de sapo y pudrición radical causada por varias especies de *Phitophtora* (Salazar, 2007). El uso de estacas infectadas es generalmente responsable de la diseminación de enfermedades entre plantaciones, debido a la supervivencia de patógenos entre un período de cultivo y otro (Ortega y Velásquez, 2008).

Así como su almacenamiento previo a un nuevo ciclo de siembra influyen en los rendimientos del cultivo, por lo que no todas las estacas germinan, ocasionando pérdidas y bajo crecimiento a los productores (Albarrán J. et al, 2003). El material de propagación que se detecte con problemas fitosanitarias, se debe realizar una observación cuidadosa de los tallos de donde se van a cortar las estacas. Toda sección de tallo que presente lesiones externas o internas causadas por plagas y enfermedades deben eliminarse y quemarse.

Para la obtención de buenas estacas deben seleccionarse plantas maduras con edad de 8–18 meses y un tamaño de 20 cm, asegurando 5–7 yemas, lo que es garantía de una buena emergencia. Las estacas no deben presentar signos de herida, ya que podrían ser afectadas las yemas. En ésta, es indispensable el manejo apropiado de tallos y/o estacas durante la cosecha, el almacenamiento y el transporte (Ortega y Velásquez, 2008).

La yuca se destaca por su habilidad para dar buenos rendimientos en suelos ácidos e infértiles y generalmente es el último cultivo que se siembra en un programa de rotación (Domínguez et al. 1971).



Sin embargo, la disponibilidad de tecnología de alta producción (cultivo in vitro), oportunidades de exportación, fácil manejo, prácticas agronómicas y fitosanitarias que son de alto costo, no es accesible para los pequeños agricultores (Manual de Yuca, 2008).

La ventaja que ofrece esta técnica es que es: de costo bajo, de fácil acceso y manejo, aumenta la productividad, la sostenibilidad y competitividad del cultivo, y es ecológicamente limpia reduciendo el riesgo de contaminación del medio ambiente (Salazar, 2007).

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), se está estudiando el efecto de la duración y la intensidad de la termoterapia, durante el brotamiento de las estacas, sobre la erradicación de enfermedades de tipo viral y su relación con el tamaño del explante para el cultivo de meristemas (Domínguez *et al.* 1971).

La técnica de “termoterapia” consiste en obtener plantas libres de virus con el empleo de temperaturas altas. Una práctica muy usada es la combinación de la termoterapia y el cultivo de meristemas. Esto implica mantener las plantas en termoterapia por un período variable de tiempo y temperatura (entre 34° y 38°C desde una a varias semanas), luego se realiza la extracción del meristema, se siembra en el medio de cultivo y se continúa con los pasos convencionales para su desarrollo.

En algunos casos las bajas temperaturas (5°C) seguidas del cultivo de meristemas fueron utilizadas con éxito para la eliminación de virus. Esta práctica fue aplicada en el caso de viroides, los cuales se desarrollan bien con altas temperaturas (Conci, 2004).



4.11. DISEÑO EXPERIMENTAL.

El diseño experimental sirve, para comparar las medias de dos o más tratamientos a través del análisis de varianza, propuesto por Ronald A. Fisher. Un experimento consiste en una manipulación intencional y controlada de una o más variables para evaluar su efecto en la variable dependiente o variable-respuesta.

Dependiendo de las características, el experimento puede hacerse en un diseño completamente aleatorio (cuando el material experimental se supone homogéneo), un diseño de bloques completos al azar (cuando hay variación en una dirección), un diseño de cuadrados latinos (cuando hay variación en dos direcciones), entre otros.

El análisis de varianza permite obtener conclusiones sobre si hay diferencias o no entre las medias de los niveles de factor (Wikipedia, 2009). También, indicará si los efectos de todos los tratamiento son iguales o diferentes; en caso de aceptar la hipótesis de que todos los tratamiento no tienen el mismo efecto (Wikipedia, 2009, Diseño experimental ¿Año?).

Análisis de varianza (ANOVA)

Técnica que determina si hay diferencia entre las medias de dos o mas poblaciones: $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ y $H_a =$ no todas las medias son iguales.

Definición

- Variable** (dependiente), caráct. que se está midiendo.
- Factor** (independiente), caract. Que tiene algun efecto en la variable respuesta.
- Tratamiento** (niveles del factor), los diferentes valores que tiene un factor (grupo que se quieren comparar).
- Variacion dentro del grupo** (error), varación debida al error aleatorio.



-Variacion entre grupos (tratamiento), variacion debida al efecto del tratamiento (Ray ¿año?).

Después de realizada el análisis de varianza de un experimento en particular, es necesario realizar pruebas de comparaciones como las siguientes:

Prueba de comparación múltiple de Dunnet.

Esta prueba es util cuando el experimentador esta interesado en determinar que tratamiento es diferente de un testigo, control o tratamiento estándar y no en hacer todas las comparaciones posibles es decir, cuando se quiere comparar el testigo con cada uno de los tratamiento en estudio (Wikipedia, (Diseño experimental ¿Año?).

La Prueba de comparaciones de medias por pares L.S.D.

Consiste en obtener una estimacion mediante un intervalo de confianza de la diferencia entre las medias de las poblaciones, debido a que solo se usa si primero se ha encontrado un valor F significativo al usar el analisis de varianza (Anderson y Sweeney, 2008). La prueba LSD es la más sensible para detectar diferencias entre tratamientos. Es tan potente que detecta diferencias hasta donde no las hay (Wikipedia, 2009).

Tratamientos.

Vienen a constituir los diferentes procedimientos, procesos, factor o material y cuyo efecto van hacer medidos y comparados. El tratamiento establece un conjunto de condiciones experimentales que deben imponerse a una unidad experimental dentro de los confines del diseño seleccionado.

Testigo.

Tratamiento de comparación adicional. La elección del tratamiento testigo es de gran importancia en cualquier investigación, este constituye como referencia del experimento que sirve para la comparación de los tratamiento en prueba (Wikipedia, ¿Año?, Diseño experimental ¿Año?).



3. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en el período comprendido de Enero a Septiembre del año 2008, en el Laboratorio de Cultivo de Tejido de la UNAN-León, localizada en la Finca el Ojoche, ubicada a 1 km al oeste de la Universidad Tecnológica La Salle.

El trabajo se realizó en dos etapas:

3.1. MICROPROPAGACION.

Se inició a partir de segmentos nodales de material colectado en la Comarca Lechecuagos, el cual se lavó con agua y jabón por 30 minutos, luego se realizó cinco enjuagues con abundante agua; posteriormente se dejaron en alcohol (70%) por 1 minuto y se desechó; Luego, se colocaron en hipoclorito de sodio al 2.5%+2 gotas de tween 20 por 20 minutos. Se llevaron a la cámara de flujo laminar para proceder a la eliminación del desinfectante enjuagándolos con agua destilada estéril cinco veces; luego, se procedió a la siembra colocándolos en los diferentes medios con sus respectivas concentraciones hormonales.

El medio de cultivo que se utilizó fue el de Murashige-Skoog MS. (1962) suplementado con reguladores de crecimiento (Ver Anexo, Tabla 1). Se prepararon cuatro recipientes con 500 ml de agua destilada, complementado con las sales minerales, las vitaminas, la sacarosa y el myo-inositol, además, se les adicionó las diferentes concentraciones de hormonas reguladoras de crecimiento, correspondientes a los siguientes tratamientos: I. BAP 0.025 mg/l+0.02mg/l ANA; II. BAP 0.05 mg/l+0.02 mg/l ANA; III. BAP 01mg/l+0.02mg/l ANA y IV. Testigo. Se aforaron, y el PH se ajustó a 5.7 con ácido clorhídrico (HCL 1%) o con hidróxido de sodio (NAOH 1N Y 0.1N), previo a la adición del agente solidificante. A los medios se les aplicó calor hasta ebullición, y se vertieron en tubos de ensayos esterilizándolos en autoclave a 120 °C, por 20 minutos, al igual que el material a utilizar como son: agua destilada, papel craff, pinzas, bisturí y erlenmeyer.



Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La variable de interés a evaluar fue el número de brotes en cada uno de los tratamientos. Las observaciones y toma de datos se realizaron a los treinta días. Los datos fueron analizados mediante un ANOVA y se realizó La Prueba de Comparaciones por Pares LSD, utilizando el paquete estadístico SPSS.

5.2. APLICACIÓN DE TERMOTERAPIA

El material utilizado para la realización de esta etapa fue colectado en la Comarca San Benito, Chinandega, tomando en cuenta los parámetros de selección que el productor hace en su material como son tallos no muy viejos, apariencia sana y con nudos muy cercanos.

Se utilizó para la siembra un bancal de 5x1 mt, desinfectando el suelo con agua caliente, dejándolo por 24 h para eliminar malezas y otros agentes patógenos. Se utilizaron estacas de 20 cm de longitud, con cuatro a cinco nudos, las cuales se lavaron con abundante agua y jabón; por cada tratamiento se utilizaron 15 estacas. Los tratamientos hidrotérmicos utilizados fueron 40°C, 45°C y 50°C, durante 30 min, mas el testigo a temperatura ambiente.

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 4 tratamientos, en cada tratamiento se sembraron 15 estacas para un total de 60, elaborándose un esquema de ubicación en el bancal. El material de siembra se colocó inclinado, se le aseguró riego constante y limpieza de maleza para asegurar el desarrollo del mismo. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre el crecimiento y desarrollo del material a los tres meses, se procedió a la toma de datos de las variables consideradas como la altura y número de nudos de cada brote, por tratamiento.

Los datos fueron analizados estadísticamente, mediante un ANOVA y se realizó La Prueba de Comparación de Dunnett, utilizando el paquete estadístico SPSS.



4. RESULTADOS Y DISCUSION.

4.1. MICROPROPAGACIÓN.

En la etapa de micropropagación donde se evaluó la variable número de yemas, sobre la tasa de proliferación en cuatro medios de cultivos a diferentes concentraciones de hormonas: I. BAP 0.025 mg/l+0.02 mg/l de ANA; II. BAP 0.050 mg/l+0.02 mg/l ANA; III. 0.01 mg/l BAP+0.02 mg/l ANA y IV. Testigo, presentaron diferencias significativas.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza mostraron un grado de significancia de $p=0.012$, por lo que la tasa de proliferación en uno de los tratamientos reflejó diferencias significativas. (Ver cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza sobre los tratamientos.

Fuente	Suma Cuadrática	Df	Media Cuadrática	F	Sig.
Modelo Correctivo	44,844(a)	5	8,969	2,498	,034
Intersección	3244,128	1	3244,128	903,664	,000
Tratamiento	40,956	3	13,652	3,803	,012
Repetición	3,627	2	1,813	,505	,605
Error	445,156	124	3,590		
Total	3740,000	130			
Correctivo Total	490,000	129			

Realizada el análisis de varianza, se procedió a utilizar la prueba de comparaciones de medias por pares (L.S.D.), el cual nos indicó, que uno de los tratamientos presentó una diferencia de media, siendo el tratamiento dos (0.050 mg/l BAP+0.02 mg/l ANA) el que obtuvo un valor promedio de 5,93 sobre la tasa de proliferación, en comparación con el grupo control y los tratamientos T1 y T3,



los cuales no difirieron; aunque el T3 mostró un valor más bajo que los otros con una media aproximada de 4,47 (Ver cuadro 2).

Este resultado se debería por el efecto de la dosis alta de 0.100 mg/l BAP+0.02 mg/l ANA, que causó mayor formación de callo y menor reducción de brotes.

Cuadro 2. Análisis de Varianza entre las medias de los tratamientos.

Tratamientos	Media	Error Estd.	95% Intervalo de Confianza	
			Límite Inferior	Límite Superior
Testigo	4,818	,335	4,155	5,481
1) 0.025 mg/l BAP + 0.02 mg/l ANA	4,758	,330	4,105	5,410
2) 0.050 mg/l BAP + 0.02 mg/l ANA	5,939	,330	5,287	6,592
3) 0.100 mg/l BAP + 0.02 mg/l ANA	4,474	,335	3,811	5,137

En el cuadro 3, se observa que el tratamiento dos (0.050 mg/l BAP + 0.02 mg/l ANA), presenta diferencia significativa con respecto al Testigo y los tratamientos 1 y 3 ya que obtuvo mayor tasa de proliferación.



Cuadro 3. Análisis de la Prueba de Comparación de Medias por Pares sobre la tasa de proliferación entre los tratamientos.

(I) Tratmto.	(J) Tratmto.	D.M. (I-J)	Error Est.	Sig.(a)	95% Intervalo de Confianza.	
		Límite Inferior	Límite Superior	Límite Inferior	Límite Inferior	Límite Superior
0. Testigo	1- 0.025 mg/l BAP+ 0.02mg/l ANA	,060	,470	,898	-,870	,991
	2- 0.050 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-1,121(*)	,470	,019	-2,052	-,191
	3- 0.100 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	,344	,474	,469	-,594	1,281
I- 0.025 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-Testigo	-,060	,470	,898	-,991	,870
	2- 0.050 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-1,182(*)	,466	,013	-2,105	-,259
	3- 0.100 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	,283	,470	,548	-,647	1,214
II- 0.050 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-Testigo	1,121(*)	,470	,019	,191	2,052
	1- 0.025 mg/l BAP+ 0.02mg/l ANA	1,182(*)	,466	,013	,259	2,105
	3- 0.100 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	1,465(*)	,470	,002	,535	2,396
III- 0.100 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-Testigo	-,344	,474	,469	-1,281	,594
	2- 0.025 mg/l BAP+ 0.02mg/l ANA	-,283	,470	,548	-1,214	,647
	3-0.050 mg/l BAP+ 0.02 mg/l ANA	-1,465(*)	,470	,002	-2,396	-,535



El gráfico 1, se observó que hay alta tasa de proliferación en el tratamiento dos, con un valor aproximado de 5,9 en comparación con los demás tratamientos; siendo el tratamiento tres, que obtuvo menor tasa de proliferación con un valor aproximado de 4,4.

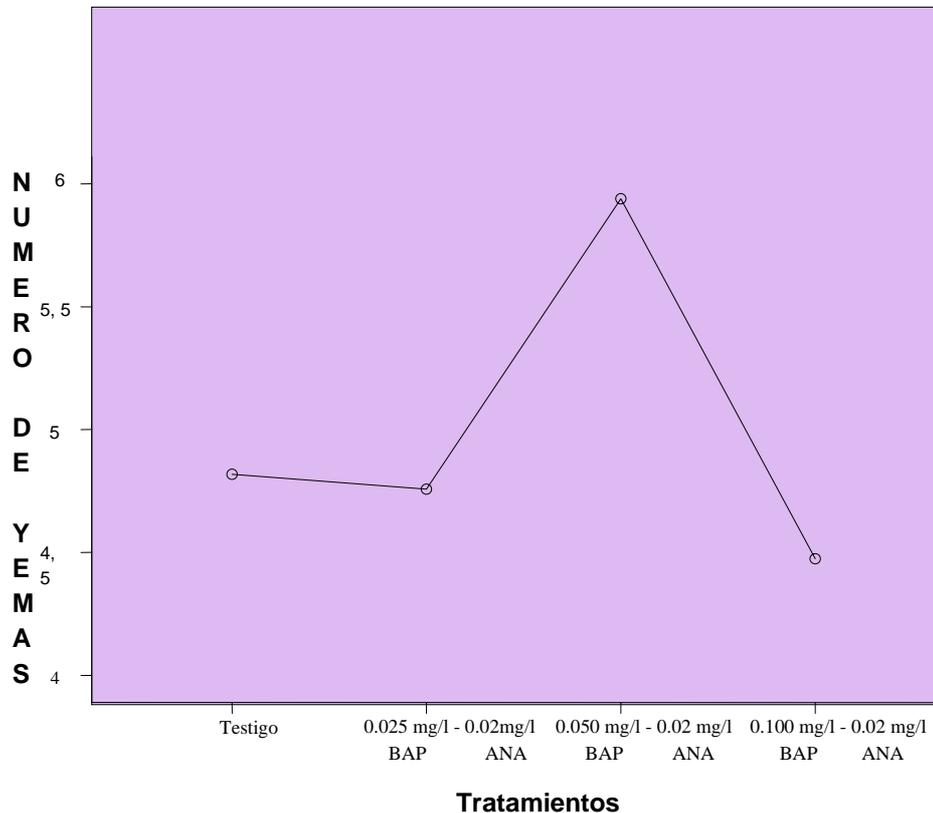


Gráfico 1. Efecto de las diferentes concentraciones de hormonas combinadas BAP y ANA en número de yemas de yuca.

Suárez, L. y Hernández, María. 2008, reportan que al aplicar ANA con otras hormonas, causa formación de callo, sin obtener diferencia en el aumento de brotes, esto contradice a los autores Albarrán, J. *et al.* 2003, que indican que la concentración de 0.02 mg/l de ANA, forma plantas completas de yuca sin formación de callos, lo que nos afirman los autores Medina, Ricardo D. *et al.* 2000, que el aplicar ANA mas BAP genera formación de callo y crecimiento de las plantas completas, esto nos corrobora con los resultados obtenidos en este trabajo.



4.2. APLICACIÓN DE TERMOTERAPIA A MATERIAL DE SIEMBRA.

En esta etapa, se evaluaron dos variables, altura (cm) y número de nudos, en cuatro diferentes tipos de temperaturas (40°C, 45°C, 50°C y el Testigo), se obtuvieron los siguientes resultados:

a. Altura:

Al realizarse el análisis de varianza a los datos de altura de brotes, presentaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0,001$); aceptándose la hipótesis alternativa que al menos una de las altura promedio en los tratamientos es diferente. (Ver cuadro 1).

Cuadro1. Análisis de Varianza de los tratamientos sobre lo variable altura.

Fuente	Suma de cuadrados	gl.	Media Cuadrática	F	Sig.
Intercepto	154103,015	1	15403,015	865,035	,000
Tratamiento	3437,624	3	1145,875	6,432	,001
Error	8729,183	49	178,147		

Al encontrar diferencias significativas entre los tratamientos se realizó el análisis de Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunnett, que indica que uno de los tratamientos presentó altura diferente.

En el Cuadro 2, se observa que el tratamiento 2 (45°C) al compararlo con el testigo presenta una mayor diferencia de media de 11,5; siguiéndolo de cerca el tratamiento 3 (50°C) al compararlo con el testigo, presentó una diferencia de media de 10,8; pero el tratamiento 1 (40°C) al compararlo con el testigo obtuvo una menor diferencia de media de 5,7 (Ver cuadro2).

Esto indica que hubo factores que influyeron en el crecimiento de la planta; como se dijo anteriormente, la planta puede estar afectada internamente por algún patógeno o virus que altere su desarrollo y crecimiento.



Cuadro 2. Análisis de la Prueba de Comparaciones Múltiples de Dunnett entre los tratamientos sobre la variable altura.

(I) Tratmto.	(J) Tratmto.	D. de M.	Error	Sig.	95% Intervalo de Confianza	
		(I-J)	Est.		Límite inferior	Límite Superior
		Límite inferior	Límite Superior	Límite inferior	Límite inferior	Límite Superior
1) 40°C	0 Testigo	5,797	3,0225	,149	-1,525	13,120
2) 45°C	0 Testigo	11,590(*)	2,9681	,001	4,399	18,780
3) 50°C	0 Testigo	10,887(*)	3,0225	,002	3,564	18,210

El gráfico 2, se observa que el tratamientos 3 comparado con el testigo, presentó una altura mayor de 62 cm; seguido del tratamiento 2 comparado con el testigo, obtuvo una altura promedio de 59 cm; mientras que los tratamientos 0 y 1 presentaron un comportamiento sobre el crecimiento de la planta muy similar siendo el tratamiento 0 el mas bajo con una altura promedio de 29 cm, y el tratamiento 1 un poco mas arriba de 37cm de altura, observándose esto resultados en el tercer mes (Septiembre).

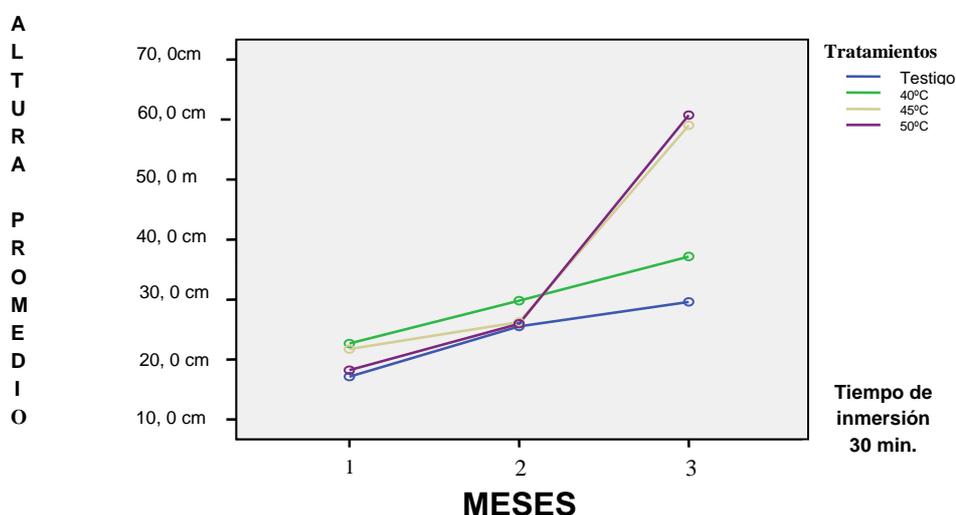


Gráfico 2. Efecto del comportamiento de diferentes temperaturas sobre la altura de las plantas de yuca



b). Números de Nudos:

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza sobre la variable número de nudos, reflejan que no hay diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que indica que todos los tratamientos tienen igual número de nudos. (Ver cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de Varianza de los Tratamientos sobre el número de nudos.

Fuente	Suma de cuadrados	gl.	Media cuadrática	F	Sig.
Intercepto	20989,385	1	20989,385	1661,509	,000
Tratamiento	105,411	3	35,137	2,781	,051
Error	619,004	49	12,633		

Al no encontrar significancia, se le aplicó la prueba de comparación múltiple de Dunnett. El resultado indica que el tratamiento 3 en comparación con el testigo presentó mayor diferencia de medias de 2,21 en número de nudos; seguido del tratamiento 2 en comparación con el testigo tiene una diferencia de media de 1,57 en número de nudos; y el tratamiento 1 en relación con el testigo obtuvo una menor diferencia de media de 0,87 en número de nudos. Esto indica que hay igual comportamiento de las temperaturas entre los tratamientos sobre el número de nudos, (ver cuadro4).

Cuadro 4. Análisis de la prueba de comparación múltiple de Dunett de los tratamientos sobre número de nudos.

(I) Tratmto.	(J) Tratmto.	DM (I-J)	Error Est.	Sig.	95% Intervalo de Confianza	
					Límite inferior	Límite superior
1) 40°C	0 Testigo	,87	,805	,569	-1,08	2,82
2) 45°C	0 Testigo	1,57	,790	,129	-,34	3,49
3) 50°C	0 Testigo	2,21(*)	,805	,023	,26	4,16

El gráfico 3, indica que el tratamiento 3 comparado con el testigo presenta mayor número de nudos con un valor aproximado de 16,5; el tratamiento 2 comparado con el grupo control, presentó una disminución de 14,9 en número de nudos y los tratamientos 1 y 0 obtuvieron un efecto igual, con valores



aproximadamente bajos, siendo de 11,7 y 10,8 en números de nudos, estos resultados en el tercer mes (Septiembre).

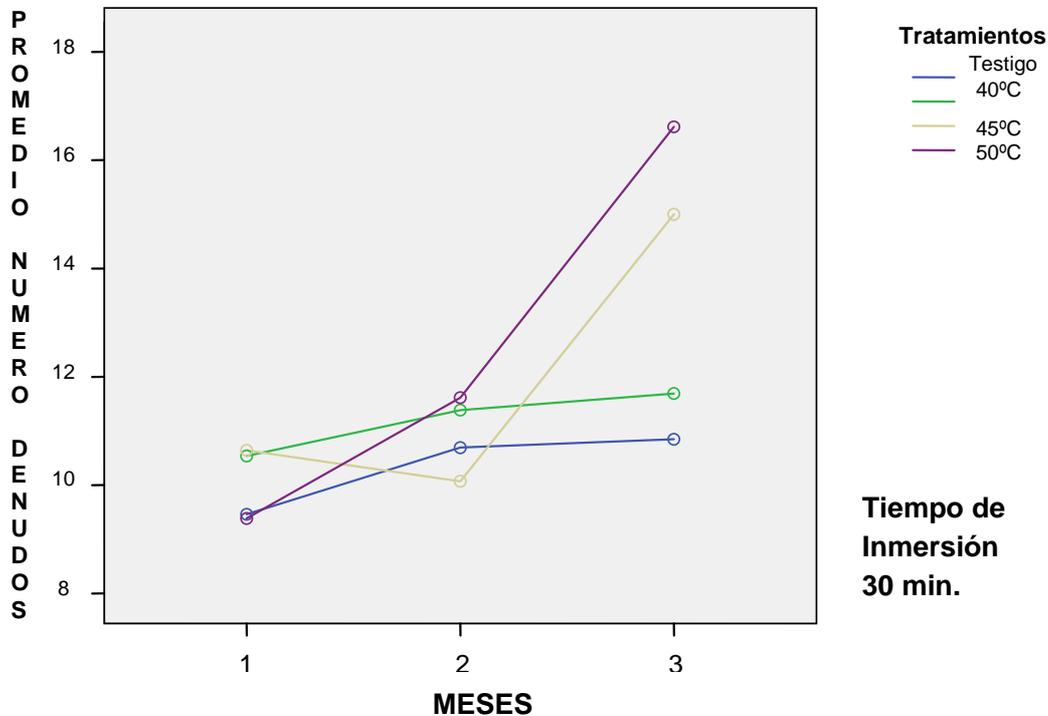


Gráfico 3. Efecto de diferentes temperaturas en la producción de número de nudos en plantas de yuca.

Trabajos realizados por Vaccarino, Luis, et al, 2008, recomienda que para desinfectar el material de siembra (estacas) se utilice fungicidas o insecticidas sumergiéndolas por un tiempo de 5 -10 minuto, para obtener plantas sanas. Pero el Programa de Yuca, (Domínguez, Carlos E. *et al.* 1971), afirma que es mejor utilizar termoterapia (T° 45°C a más) a un determinado tiempo, lo cual, disminuye virus y desinfecta el material de siembra, sin hacer uso de sustancias químicas que contaminan el ambiente y el agua. Conci, Vilma C., 2007, menciona que la aplicación de termoterapia, utilizando temperaturas de 34°C a 38°C o más, desinfecta el material. Lo que corrobora con los resultados obtenidos en este trabajo que confirman que con la aplicación de termoterapia se obtiene material de siembra sano, bien desarrollado; Además es un método sencillo, fácil aplicación y no contamina el ambiente.



5. CONCLUSION Y RECOMENDACIÓN.

En base a los resultados obtenidos en micropropagación y aplicación de termoterapia en *Manihot esculenta* Crantz en el laboratorio de cultivo, se concluye lo siguiente:

- El medio MS. modificado con las hormonas BAP 0.050 mg/l y ANA 0.02 mg/l combinados obtuvo el mayor número de yemas con un valor de 5,93 sobre la tasa de proliferación en comparación con el testigo. Al utilizar la micropropagación se reduce a corto tiempo la producción de las plantas y se obtiene material aséptico libre de toda enfermedad y de muy buena calidad.
- La aplicación de termoterapia a material de siembra de yuca (estacas), refleja que existe diferencias significativas siendo el tratamiento III de 50°C durante 30 minutos las plantas que alcanzaron mayor altura de 62 cm. En el mismo tratamiento III, se obtuvo un valor promedio de 16,5 nudos.

El uso de la termoterapia para desinfectar material de siembra es un método barato y amigable al ambiente que puede ser utilizada por el productor para garantizar la limpieza del material, por lo que se recomienda:

1. Continuar trabajos para definir protocolos de la fase de regeneración y de aclimatación de plantas in vitro.
2. Realizar más ensayos en otras plantas alimenticias como quequisque, papa, etc. con el fin de obtener a mediano plazo plantas libres de agentes patógenos utilizando el cultivo in vitro.
3. Establecer ensayos de campos para evaluar producción utilizando material de siembra al cual se le aplicó termoterapia.
4. Elaborar una guía práctica que indique los pasos para aplicar termoterapia a los materiales de campo y al sustrato de siembra.



6. BIBLIOGRAFÍA.

1. Albarrán J. *et al*, 2003. Propagación Clonal Rápida de Variedades Comerciales de yuca Mediante Técnicas Biotecnológicas. Revista Digital de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela. CENIAP No. 3. Septiembre – Diciembre.

Disponible en la red y consultado el 22/07/08:

<http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy3/articulos/n3/texto/albaran>.

2. Anderson, David R. y Sweeney, Dennis J. 2008. Estadística para administración y economía.

Disponible en la red y consultado el 25/05/09:

http://books.google.com/books?id=ehmBzUUZdzUC&pg=PA511&lpg=PA511&dq=en+que+consiste+la+prueba+l.s.d.&source=bl&ots=-cZAt2Lpp7&sig=ndPGP1b5tBalgrBDXuh_uZGFR4I&hl=es&ei=tg8bSvLODpHFtg_ez4MXvDA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=4

3. Blanco Navarro, Moisés *et al*. 2004. Efecto de las densidades de siembra en el rendimiento de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) vr. Valencia. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua, Nicaragua.

4. Castillo, Alicia. 2004. Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. Unidad de Biotecnología, INIA, Las Brujas, Uruguay.

Disponible en la red, consultado el 25/08/08:

http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/1b/ad/2004/ad_382.pdf.

5. Conci, Vilma C. 2004. Obtención de plantas libres de virus. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal.

Disponible en la red y consultado el 29/09/08:

<http://www.inta.gov.ar/ediciones/2004/biotec/parte8.cap5>.



6. Chavarría M., Eusebio. 2008. Evaluación de tolerancia a principales plagas que inciden en cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) utilizando clones introducidos; expuesto bajo condiciones agroecológicas de Nueva Guinea, RAAS, Nicaragua en época primera del 2008. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria INTA. Centro-Sur. Dirección de Investigación e Innovación Tecnológica. Protocolo de Experimentación.

Disponible en la red y consultado el 29/09/08:

http://www.inta.gob.ni/biblioteca/protocolos/1ra_2008_Centro-Sur/aet_pro_vr_yuca.pdf.

7. Domínguez, Carlos E. *et al*, 1971. Yuca investigación, producción y su utilización. – Referencia de los cursos de capacitación sobre yuca dictado por el centro internacional de agricultura tropical. CIAT.

8. García Minaya, Tomás. 2009. Manejo cultivo de yuca. Inia.gov. ve

Disponible en la red:

<http://agrodominicano.blogspot.com/2009/04/manejo-cultivo-yuca-repdom.html>

9. Guido Miranda, Alfonso. 2008-2009. Evaluación de dieciséis variedades de yuca (*Manihot esculenta*) para consumo humano en Masatepe, Masaya.

Disponible en la red y consultado el 10/06/09:

<http://www.inta.gob.ni/biblioteca/protocolos/1ra-2008-pac-sur/aet-pro-evaluacion-16-variedades-yuca.doc>.

10. Guido, Alfonso. 2005. Evaluación Preliminar de 12 genotipos de yuca para consumo humano e industrial en el pacífico sur de Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. INTA.

Disponible en la red y consultado el 10/06/09:

http://www.clayuca.org/clayunet/edición10/presentaciones/nicaragua2_2007.pdf.

11. Hartmann, Hudson T., Kester, Dale E. 1980. Propagación de plantas: principios y prácticas. Traducido por Antonio Marino Ambrosio. México: CECSA.



12. Larios Ramos, Silda Ma., Mendoza Morales, Porfirio. 1986. Cultivo in vitro en hojas inmaduras de *Saccharum officinarum*. León, Nic.: UNAN.

13. Laynes Garsaball, J. A. Sánchez Cuevas, Claudia. 2006. Desinfección de ápices de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) cu. Querepa rosada con hipoclorito de Sodio. Revista Científica UDO Agrícola. Vol. 6 No. 1.

Disponible en la red y consultado el 14, 22, 24/ 05/08:

www.bioline.org.br/request?cg06008-35k

14. Matelus, Juan *et al.* 2006. Multiplicación in vitro de ocumo y taro. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Maracay, Venezuela.

15. Navarro Álvarez, Willy y Perea Dallos, Margarita. 1996. Técnicas in vitro para la producción y mejoramiento de plantas. 2da Edición. Heredia, C.R.: EUNA.

16. Olmos, Sofía *et al.*, 2004. Micropropagación: Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Disponible en la red, y consultado el 23/05/07:

www.inta.gov.ar/ediciones/2004/biotec/parte5_cap1.pdf.

17. Ortega Cartaya, E. y Velásquez, Ennodio J. 2008. Obtención y manejo de estacas de calidad para la producción integral de yuca. FONAIAP-Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Monagas. Maturín.

Disponible en la red y consultado el 24/03/09:

www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd53/yuca.

18. Quiróz Pérez, Nadir Eugenia, Mendoza Martínez, Karla Patricia. 2001. Micropropagación de orquídeas *Epidendrum* sp. desarrollado en el laboratorio de cultivo de tejido. León, Nic. UNAN.

19. Ramírez Villalobos *et al.* 2000. Hongos contaminantes en el establecimiento in vitro de segmentos nodales de *Psidium guajava* L. Rev. Fac. Agron.17.



Disponible en la red y consultado el 2, 8, 12/09/08:

mcramire@starmedia.com

20. Romay Gustavo *et al.* 2006. Almidón modificado de yuca como sustituto económico del agente solidificante para medio de cultivo de tejido vegetal. Revista científica de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Asociación Interciencias. Caracas, Venezuela. Septiembre, año/Vol. 31, No. 009.

Disponible en la red y consultado el 4, 6, 12, 25,28/07/07:

www2.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0378-187442006000900012&lng=pt&nrm=iso-39k

21. Salas, José. 1995. Producción de semillas pre-básica de papa. FONAIAP.CIAE Mérida. Fonaiap. Divulga. No.48. Abril –Junio.

Disponible en la red y consultado el 24/02/09:

www.ceniap.gov.ve/publica/divulga/fd48/texto/prodpapa.

22. Salazar, Juan Carlos. 2007. Manejo Integrado de Enfermedades del Cultivo de Yuca.

Disponible en la red:

www.ciat.cgiar.org/ipm/pdfs/leaflet_anublo_yuca.pdf.

23. Stevens. W. D. *et al.* 2001. Flora de Nicaragua: Introducción gimnospermas y angiospermas (acanthaceae-euphorbiaceae). St. Louis, Missouri: Missouri Botanical Garden. Press.

24. Suárez, L. y Hernández, M., 2008. Efecto de una mezcla de oligogalacturónidos en la propagación in vitro de la yuca *Manihot esculenta* Crantz) var. CMC.40. Cultivo Tropical. VOL. 29. No.3.

Disponible en la red y consultado 15/08/07:

www.inca.edu.cu/otras_web/revista/pdf/2008/3/ct29309.pdf.



25. Vaccarino, Luis; Montilla, Joan *et al.* 2007. Buenas Prácticas agrícolas para el cultivo de la yuca en sabanas bien drenadas al sur de Anzoátegui, Venezuela. CENIAP. Venezuela.

Disponible en la red y consultado el 18, 20,24/03/08:

http://www.ceniap.gov.ve/pbd/RevistasTecnicas/ceniaphoy/articulos/n14/pdf/l_vaccarino.pdf.

26. Vega C., Elbenes de J. 2005/2006. Evaluación de 29 clones de yuca (*Manihot esculenta*). Nicaragua. Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria. INTA.

Disponible en la red:

http://www.clayuca.org/clayunet/edición10/presentaciones/nicaragua_2007.pdf.

27. 2006. Guía Práctica para la exportación a EE.UU. Managua, Nicaragua. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. IICA. Nicaragua.

Disponible en la red:

[www.iica.int.ni/Guias Técnicas/ Cultivo Yuca.pdf](http://www.iica.int.ni/Guias_Técnicas/Cultivo_Yuca.pdf).

28. 2003. La Yuca en Nicaragua. Guía Tecnológica de la Yuca. INTA.

Disponible en la red:

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1028s/a1028s0/.pdf>

29. 2009. *Manihot esculenta*. Wikipedia, enciclopedia libre.

Disponible en la red:

<http://es.wikipedia.org/wiki/Casava>.

30. 2008. Cultivo de la yuca. Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos.

Disponible en la red:

<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.



31. ¿Año? Diseño experimental.

Disponible en la red:

<http://tarwi.lamolina.edu.pe/~ivans/aspgen.pdf>.

32. Ray, Ada ¿Año? Análisis de Varianza (ANOVA).

Disponible en la red:

<http://www.aray.com/docupdf/anova.pdf>.

33. 2009. Diseño experimental.

Disponible en la red:

http://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_experimental.

34. 2009. Uso de un diseño experimental.

Disponible en la red:

http://es.wikipedia.org/wiki/An%C3%A1lisis_de_dise%C3%B1os_experimentales_con_igual_n%C3%BAmero_de_submuestras.

35. ¿Año? Elucubraciones sobre las comparaciones de Medias.

Disponible en la red:

http://www.agro.unalmed.edu.co/cursos/material/3000010/COMPARACIONES_DE_MEDIAS.doc.

36. 2008. Manejo del Cultivo de Yuca. Proexant.- Producción de exportaciones agrícolas no tradicionales.

Disponible en la red:

File://C:\Documents_and_Settings\xxx\Mis_documentos\MIyuca\Manual_de_Yuca.htm.

37. 2008. Propagación Vegetativa. Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos. Infoagro. Com.

Disponible en la red:

<http://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.



ANEXO



Tabla 1. Composición del Medio de Cultivo Murashige-Skoog MS. (1962), suplementado con las hormonas BAP Y ANA.

Compuestos inorgánicos	Concentración (mg/l)	Soluciones Stock (g) (1000ml)	Cantidad requerida (1L)
Nitratos NH ₄ NHO ₃ KNO ₃	1650 1900	165g. 190g.	10ml
Sulfatos MgSO ₄ 7H ₂ O MnSO ₄ H ₂ O ZnSO ₄ 7H ₂ O CuSO ₄ 5H ₂ O	370 16.9 8.6 0.025	37g. 1.69g.(=1690mg/L) 0.86g.(=860mg/L) 0.0025g.(=2.5mg/L)	10ml
Halógenos CaCl ₂ 2H ₂ O KI CoCl ₂ 2H ₂ O	440 0.83 0.025	44g. 0.083g.(=38mg/L) 0.0025g.(=2.5mg/L)	10ml
PBMo KH ₂ PO ₄ H ₃ BO ₃ Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	170 6.2 0.25	17g. 0.62g.(=620mg/L) 0.025g.(=2.5mg/L)	10ml
Na Fe EDTA Fe SO ₄ 7H ₂ O Na ₂ EDTA	27.8 37.24	2.784g. 3.724g.	10ml
Vitaminas Glicina Ac. Nicotínico Piridoxina Tiamina		0.2g. 0.05g. 0.05g. 0.01g.	10 ml
Comp. orgánicos Sacarosa Myo-inositol			20 g. 0.1g
Hornas. reguladoras BAP			1) 0.025mg/l; 2) 0.05mg/l; 3) 0.1mg/l.
ANA			0.02mg/l
Gel rite pH.			2.4g. 5.7



Cuadro 1. Base de datos tomados de números de brotes sobre la tasa de proliferación.

T1	R1	40	5	
Tratmto.	Rep.	No. tubos	No. de brotes producidos/explantos.	Media de tasa de proliferación
T1	R1	42	5	
T1	R1	43	5	
T1	R1	44	6	
T1	R1	3	4	5,27
T1	R2	45	5	
T1	R2	46	6	
T1	R2	47	4	
T1	R2	48	6	
T1	R2	49	4	
T1	R2	50	3	
T1	R2	51	5	
T1	R2	52	6	
T1	R2	53	5	4,72
T1	R2	54	6	
T1	R2	55	5	
T1	R2	14	5	4,72
T1	R3	56	4	
T1	R3	57	6	
T1	R3	58	4	
T1	R3	59	6	
T1	R3	60	2	
T1	R3	61	5	
T1	R3	62	3	
T1	R3	63	6	
T1	R3	64	5	5,00
T1	R3	65	5	
T1	R3	66	4	
T1	R3	25	3	4,27
T1	R3	67	5	
T1	R3	68	6	
T1	R3	69	6	
T1	R3	70	4	
T1	R3	71	4	
T1	R3	72	3	
T1	R3	73	6	
T1	R3	74	6	
T1	R3	75	7	4,72
T2	R1	36	5	
T2	R1	35	6	
T2	R1	36	4	5,9
T2	R2	38	4	
T2	R2	39	2	
T1	R1	39	3	



T2	R2	123	6	
T2	R2	124	6	
T2	R2	125	12	
T2	R2	126	13	
T2	R2	127	2	
T2	R2	128	2	
T2	R2	129	3	
T2	R2	130	2	
T2	R2	131	6	
T2	R2	132	5	6,18
T2	R3	89	6	4,36
T2	R3	90	6	
T2	R3	91	5	
T2	R3	92	4	
T2	R3	93	4	
T2	R3	94	7	
T2	R3	95	7	
T2	R3	96	7	
T2	R3	97	4	
T2	R3	98	7	
T2	R3	99	6	
T2	R3			5,72
T3	R1	100	3	
T3	R1	101	5	
T3	R1	102	4	
T3	R1	103	6	
T3	R1	104	2	
T3	R1	105	3	
T3	R1	106	6	
T3	R1	107	4	
T3	R1	108	3	
T3	R1	109	5	
T3	R1	110	6	
T3	R1			4,27
T3	R2	111	0	
T3	R2	112	7	
T3	R2	113	5	
T3	R2	114	4	
T3	R2	115	6	
T3	R2	116	2	
T3	R2	117	2	
T3	R2	118	5	
T3	R2	119	6	
T3	R2	120	5	
T3	R2	121	6	
T3	R2			4,8
T3	R3	122	2	



Cuadro 2. Base de datos tomado de la aplicación de termoterapia sobre la Altura y número de nudos.

Brote	Tramto.	Alt.1.	Alt.2.	Alt. 3.	Nud 1.	Nud. 2.	Nud. 3.
1	0	17,4	32,2	37,2	10	11	14
1	1	21,0	32,5	44,0	10	11	13
1	2	24,4	27,0	96,8	12	11	26
1	3	0	0	0	0	0	0
2	0	29,0	38,5	44,5	11	15	15
2	1	27,5	30,5	42,5	12	12	16
2	2	13,5	19,0	65,0	10	9	18
2	3	28,5	32,5	40,0	11	12	10
3	0	21,0	35,0	40,5	12	13	13
3	1	18,5	23,0	,0	9	10	0
3	2	9,5	15,0	81,5	5	9	17
3	3	25,0	35,0	61,9	10	13	14
4	0	11,3	14,8	25,0	9	9	9
4	1	24,4	25,8	27,0	11	10	10
4	2	21,0	26,0	25,5	11	12	11
4	3	9,0	12,0	86,4	8	10	25
5	0	12,5	12,0	12,0	9	7	5
5	1	20,5	22,3	0	10	11	0
5	2	20,0	22,0	35,5	10	11	8
5	3	15,5	21,8	94,8	11	12	22
6	0	23,5	18,0	15,0	10	10	5
6	1	22,5	28,5	41,7	10	11	13
6	2	25,5	25,0	48,0	12	10	12
6	3	16,5	20,0	65,3	10	12	14
7	0	21,0	22,8	25,0	11	11	13
7	1	16,3	19,0	,0	9	10	0
7	2	27,4	32,0	70,4	12	13	11
7	3	14,0	22,0	63,2	9	10	15
8	0	0	0	0	0	0	0
8	1	21,0	23,0	24,7	11	9	9
8	2	,0	0	0	0	0	0
8	3	10,8	19,0	33,2	8	8	9
9	0	16,0	30,8	47,3	9	10	14
9	1	25,2	32,9	46,5	12	12	13
9	2	30,0	33,0	75,0	13	11	19
9	3	0	0	0	0	0	0
10	0	14,0	29,5	40,8	10	12	12
10	1	25,3	32,2	42,0	13	12	12
10	2	23,3	37,0	47,8	10	11	13
10	3	25,5	33,0	25,0	12	12	10
11	0	14,0	20,0	28,5	10	12	11



11	1	26,4	28,5	51,4	12	13	11
11	2	19,0	25,0	32,0	8	9	9
11	3	2,0	18,0	47,0	0	10	21
12	0	16,0	17,0	17,4	9	9	10
12	1	21,0	27,0	30,8	10	10	12
12	2	16,0	20,0	36,5	10	9	11
12	3	19,5	25,0	88,0	10	11	27
13	0	6,5	30,0	32,2	3	10	11
13	1	28,0	32,0	52,5	12	12	18
13	2	27,9	30,0	84,0	12	10	21
13	3	22,5	31,0	70,0	11	12	22
14	0	20,5	31,0	19,4	10	10	9
14	1	32,5	35,6	30,0	13	13	11
14	2	23,5	28,5	47,8	12	8	13
14	3	23,0	33,0	54,8	12	14	14
15	0	14,3	32,0	0	11	11	0
15	1	3,5	40,0	50,0	2	13	14
15	2	23,4	27,8	80,6	12	8	21
15	3	25,0	35,0	60,0	10	15	13

MICROPROPAGACION



I Fase: Iniciación

- ♣ Explantes sembrados en medio cero formadas con



hojas y con callosidades en la parte inferior, sin formación de raíces.

* Eliminación de las hojas y corte en segmentos.



* Segmentos nodales listos para la Etapa de proliferación en el medio con hormonas reguladoras para su crecimiento



II Fase: Multiplicación

☼ Brotes con formación de hojas y nudos, sembrados en el medio



con hormonas reguladoras del crecimiento de la planta

Multiplicación de brotes.



✧ Proliferación de brotes en el tratamiento 2 (0.050 mg/l BAP+0.02 mg/l ANA).



TERMOTERAPIA

❖ Crecimientos de las plantas en diferentes tratamientos.



➤ Altura de las plantas en los distintos tratamientos.

T3. 50°C; T2. 45°C; T1. 40°C y T0. Ambiente.