IMPORTANCIA

Una de las necesidades actuales es ampliar el conocimiento acerca de la utilización de especies vegetales alimenticias producidas en nuestro país, que pudieran servir para disminuir el elevado consumo de alimentos altamente procesados y cambiar nuestros hábitos alimentarios hacía productos naturales frescos, nutritivos. Esto traería como consecuencia un incremento en la demanda de cultivos mexicanos, como la jícama y a su vez mejoraría el mercado y generaría mayores inquietudes para el aprovechamiento de los recursos vegetales.

El valor económico de la jícama es la utilización del tubérculo como alimento por su contenido nutrimental, además de ser un cultivo de bajo costo y buena rentabilidad, con una importancia socioeconómica para los agricultores de escasos recursos.

INTRODUCCIÓN

La jícama es una hortaliza originaria y cultivada en México y América central donde se encuentra ampliamente distribuida, y se ha introducido en diferentes regiones tropicales con un notable éxito como en el sudeste de Asía (Sorensen, 1996).

La jícama pertenece al género *Pachyrhizus* es localizado taxonómicamente en la subtribu Dicotiledonea, tribu *Phaseoleae*, dentro de la familia leguminosas (*Fabaceae*), (Sorensen 1988).

Cultivo tropical, de gran adaptación susceptible al frío, tolerante a la sequía, sensible al fotoperíodo, se desarrolla hasta los 2000 msnm. Las temperaturas óptimas de cultivo están entre 18 y 30ºC, los suelos deben ser ligeros o arenosos, con buen drenaje y nivel que permita el buen desarrollo del tubérculo, el contenido de humedad en el suelo es importante para la producción y la forma de la raíz. El tamaño del tubérculo está determinado por la época, el método y densidad de siembra; La cosecha se sitúa entre 150 a 190 días, influidos por la variedad (Heredia, 1996).

La parte importante de la jícama es la raíz tuberosa, contiene una pulpa carnosa, crujiente, firme, blanca, porosa, de buen sabor, comestible. Se consume en fresco o cocida, rica en azúcares y agua (90 % de su peso total) y

pequeñas cantidades de calcio, hierro y fósforo, contiene un 10 % de almidón, de fácil digestión. El contenido de proteína es bajo, sin embargo los aminoácidos que la constituyen son de considerable interés, debido a que contiene los ocho aminoácidos indispensables para la dieta del hombre (Sorensen, 1990).

Es una planta anual, perenne, enredadera, rastrera o trepadora, de crecimiento rápido y vigoroso con tallos herbáceos, con hojas alternas compuestas trifoliadas (Sorensen 1988), las flores en racimos en un pedúnculo axilar erecto y poco denso, con flores irregulares de 4 lóbulos, la corola es papilonácea, el color varía de blanco a violeta, la poda de las flores aumenta el rendimiento de tubérculos. Produce vainas donde se depositan de 8 a 10 semillas, las cuales contienen de 20 – 30 % de aceite, también se caracteriza por su contenido de rotenona, sustancia insecticida, además de fungicidas como la fitoalexinas isoflavonoides que han sido probadas en una gran diversidad de insectos (Sorensen, 1990).

Las variedades mexicanas actuales son principalmente utilizadas en los Estados de Guanajuato y Nayarit. En Guanajuato tradicionalmente se siembra asociada con maíz y frijol, cuya producción se destina al mercado nacional (Heredia, 1996).

En Nayarit en donde las superficies de cultivo son mayores, se utilizan variedades mejoradas, cuya producción está destinada principalmente para el mercado de exportación, sistema que genera gran cantidad de empleos por las

labores culturales propias del cultivo. Cada uno de estos sistemas se realiza en una proporción de 1 a 1. (Heredia, 1996).

En la actualidad, la jícama resulta un cultivo de interés tanto nacional como internacional (Sorensen, 1990); esto probablemente a las bondades que presenta el cultivo, el rendimiento por hectárea, y que no requiere de tierras fértiles, ni de control de plagas ya que es mínimo el daño en la planta (Zinsou, 1992).

El valor económico de la jícama está en la utilización del tubérculo como alimento por su contenido nutrimental, además de ser un cultivo, de bajo costo y buena rentabilidad, con una importancia socioeconómica para los agricultores de escasos recursos (Heredia, 1985).

Esta situación nos llevo a realizar una evaluación de los cambios en la composición físico química del tubérculo de una variedad de Jícama (cristalina mejorada), durante un período aproximadamente de 180 días, hasta la madurez bajo condiciones de campo. A su vez distinguiendo las características químicas del tubérculo en el momento, comparando los cambios más significativos presentados durante el desarrollo del tubérculo con el tiempo de cosecha.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Antecedentes

Originalmente el nombre de la jícama proviene de la alteración indígena "Xicamatl" que quiere decir raíz acuosa de ombligo, tiene otros nombres indígenas como: Chikam, Mehen- Chicam (Maya) o "guyati" (Zapoteca) fue cultivada por la mayoría de las civilizaciones incluyendo la Tolteca, Olmeca, Azteca y Maya (Hernández 1790; Urbina 1906; Standley 1930; Martínez 1979), revisado por Sorensen (1996).

En inglés se conoce como "Yam bean". En las islas del pacífico como Hikama, Sinkamas, Bakuwang, Bangkowan; Huivi – Hiris, etc., en China recibe los nombres de To suu, Ti cual, Sha k´o y Liang zuu. (Casanueva, 1995).

La jícama es originaria y cultivada en México y América Central donde se encuentra ampliamente distribuida y ha sido introducida en diferentes regiones tropicales con un notable éxito como en el Sudeste de Asia, y es la única que se cultiva a gran escala para exportación (Sorensen, 1988).

En México es una hortaliza común en los Estados de Michoacán, Morelos, Puebla, Veracruz, Jalisco, Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Yucatán; Su distribución se ha extendido por Aguascalientes, Guanajuato, Sinaloa,

Tamaulipas, San Luis Potosí y Nayarit, donde ha mostrado una alta capacidad de adaptación.(Sorensen, 1990).

En los Estados Unidos de América, se siembra al sur del Estado de Florida, donde florece en los meses de octubre y noviembre, para cosecharse en enero y febrero. En las islas del Pacífico se le encuentra en Hawai, Filipinas, Java, Sumatra y Guam, en Asia se le cultiva al sur de China y en la India. En África se le encuentra en Guinea, Camerún, Pretoria y el Delta del Río Nilo. (Sorensen, 1990).

La más común en México, es la llamada jícama de agua *Pachyrhizus erosus* existiendo otra llamada jícama de leche, llamada así porque la pulpa de la raíz en vez de ser acuosa es lechosa y es menos agradable que la de agua (López, 1976).

La variación genérica es ciertamente considerable, la diferencia entre las plantas va desde tallos débiles rastreros o trepadores hasta pequeños arbustos erguidos, la temporada de crecimiento va desde los cinco meses hasta más de un año. Algunas plantas producen múltiples tubérculos, en cultivos mejorados genéticamente, producen un solo tubérculo de calidad, con un contenido de materia seca (menor de 10 % (Sorensen, 1990).

Las diferencias entre especies, se haya en el borde, densidad y forma de las hojas, longitud del pedúnculo floral, tiempo de floración, longitud, textura y peso de la vaina, tipo y largo del tallo, forma, color, tamaño, densidad y sabor del tubérculo. (Heredia, 1971).

2. Taxonomía

Por un largo tiempo la nomenclatura del género *Pachyrhizus* permaneció algo confundida debido a la introducción temprana de las especies *Pachyrhizus erosus* a regiones fuera de su área de origen (México y América Central), por ejemplo al Lejano Oriente; una de las primeras referencias botánicas a la especie actualmente conocida como *Pachyrhizus erosus* es hecho por Plukenet (1969), quien describió a una planta de México como *"Phaseolus nevisensis"*. Vale notar sin embargo, que Houttuyn (1779) sugirió como nombre y que la correcta pronunciación era probablemente " *nervisensis*". Linnaeus (1753), la descripción usada por Plukenet fue la base *Dolichos erosus* y expresó que esta planta era originaria del nuevo mundo. Todo esto revisado por Sorensen (1996).

Nomenclatura

Género. *Pachyrhizus* Richard ex DC. (1825:402 nom.cons.)., tipo especies: *P. angulatus* L.C.M. Richard ex DC (nom. illeg. = *P. erosus (L) Urban*) (Sorensen, 1996)

Sinónimos Genéricos

Cacara Rumph. Ex. Du petit-Thouars (1806: 35 nom. Rej.); tipo especies: C bulbosa Rumph. ex Du Petit-Thouars(=*P. erosus (L). Urban*) (Sorensen, 1996).

Taeniocarpum Desvaux (1826:421)., tipo de especie: T. Articulatum (Lam.) Desv. (= *P. erosus (L). Urban)* (Sorensen, 1996).

Robynsia martens and Galeotti (1843:193); tipoe species R. macrophylla Mart. *et al.* (= *P. erosus L Urban*) (Sorensen, 1996).

Género

De acuerdo a Lackey (1977) el género *Pachyrhizus* es localizado taxonómicamente en la subtribu *Dicoltiledonea*, tribu *Phaseoleae*, dentro de la familia leguminosas (*Fabaceae*), (Sorensen 1988). Comprende cinco especies dentro del género *Pachyrhizus: Pachyrhizus ahipa, Pachyrhizus panamensis, Pachyrhizus erosus, Pachyrhizus ferrugineus, Pachyrhizus tuberosus* esta última de amplia difusión en América del sur (Sorensen, 1990).

Entre las especies más cultivadas están la *P. erosus (L.) Urban, P. ahipa* (Wedd) *Parodi y la P. tuuberosus* (*Lam.) Spreng.* de las cuales son comestibles sus tubérculos. Las especies *P. ferrugineus y P. panamensis* son silvestres y no se aprovechan aunque también son cultivables. Estas especies están distribuidas en América del Sur, la *P. ahipa* se cultiva en pequeñas localidades en el subtropical valle de los Andes de Bolivia y norte de Argentina (Sorensen, 1990).

En México, solamente la *Pachyrhizus erosus* ha sido introducida, con alta producción y no se explican porqué los otros dos géneros carecen de características atractivas agrícolas para su explotación (Sorensen, 1996).

Una revisión hecha por Clausen (1945) menciona que, el género *Pachyrhizus* morfológicamente está delimitado por la presencia de las siguientes características: Es una planta herbácea con un tallo débil, rastrero o trepador (enredadera) perenne con una o más raíces tuberosas y es una de las leguminosas de crecimiento más rápido y vigoroso, con tallos muy delgados y muy ramificados de color verde o negro azulados que pueden alcanzar hasta 6 metros de largo (Sorensen, 1996).

Con una gran variación en el contorno o perfil de las hojas desde dentadas a palmeadas, las cuales son alternas compuestas, de tres foliolos siendo el foliolo central el de mayor tamaño, por lo general los foliolos tienen de 3.0 a 15.5 cm de longitud y 2.0 a 16.0 cm de ancho y están unidos al tallo por peciolos estipulados. Frecuentemente simples o lobulados y enteras o toscamente enteras. La especie se define por la carencia de pelo en los pétalos, el número de flores (4 a 11) compuesto por un axis o inflorescencias lateral formando complejos racimos y una larga de 8 a 45 cm de un color violeta o blanquecino (Sorensen, 1996).

El cáliz de la flor es de color grisáceo café, irregularmente con cuatro o cinco lóbulos profundamente alargados y escotados (Sorensen 1988-1990).

La corola es *papilonácea*, con estandarte muy ancho sub - orbicular, el cual mide entre 10 y 12 mm, de color morado hasta blanco, alas erectas o oblanceoladas y con espolones. La quilla de la flor oblanceoladas está unida en su totalidad, excepto en la base. Los estambres son diadelfos de 17 a 22 mm

de longitud, el pistilo mide de 14 a 23 mm de longitud y tiene estilo ciliado, encorvado y algo expandido en el ápice (Sorensen, 1996).

Todas las especies tienen flores bisexuales, son autopolinizables y la ocurrencia de cruza o multiplicación depende de la capacidad de los polinizadores, hay mucha diferencia entre las especies. La cruza se limita cuando el cultivo ésta en lugares de temporal (Sorensen, 1988,1990).

La floración ocurre entre los 2 y 2.5 meses después de la germinación variando con la longitud del día. Se lleva a cabo durante todo el año excepto en Enero, alcanzando un 90 % en los meses de julio a octubre, finalizando en época de lluvia, las leguminosas maduras son recogidas desde agosto a febrero según la época de siembra (Sorensen, 1990).

El fruto es una vaina oblonga que mide de 6 a 13 cm de longitud por 0.8 a 2 cm de ancho, pubescente y algo suave cuando está maduro; Cada inflorescencia llega a producir de 5 a 12 vainas con 8 a 10 semillas cada una, planas y lisas, vagamente cuadrangulares o redondeadas y miden de 6 a 10 mm de longitud y de 5 a 10 mm de ancho, con testa de color verde oliva café a café rojizo, con un peso de 0.2 g, La germinación se favorece a más de 15 °C tarda de 5 a 12 días con una viabilidad de 3 a 4 años (Sorensen, 1988,1999).

Tiene una composición similar a las raíces pero más ricas en proteínas (15 a 20 %), contienen de un 20 a 30.5 % de aceites (palmítico, esteárico, oleico, linoleico), dado a su alta calidad podría ser usado con fines comestibles

con una adecuada purificación antes de su consumo, contiene alto contenido de retonona sustancia insecticida (Casanueva, 1995).

La raíz es la parte comercial de la planta, es tuberosa y está formada por uno (variedades mejoradas) o por varios pseudo tubérculos (variedades silvestres), los cuales varían considerablemente de forma y tamaño, los hay ovales, periformes y achatados globosos, con un color externo café claro, puede llegar a alcanzar hasta 30 cm o más de diámetro a los 150 días post siembra, siendo más estimadas las achatadas y de mayor diámetro, estos parámetros están dados en base a la variedad, época, método y densidad de siembra. Las variedades mejoradas presentan altos rendimientos de producción (Caro, 1998).

3. Prácticas de cultivo

Las actuales variedades son principalmente utilizadas en los Estados de Guanajuato y Nayarit. En Guanajuato tradicionalmente se siembra intercalada con maíz (*Zea mays* L.) y frijol común (*Phaseolus vulgari L*), en Nayarit debido a que las superficies son mayores y el mercado es la exportación se siembra sola. Las variedades son morfológicamente muy uniformes comparadas con las criollas locales de otros estados como Oaxaca y Veracruz (Díaz, 1975).

Las áreas de cultivo de mayor producción comercial son Guanajuato y Nayarit, sin embargo poseen marcadas diferencias en la morfología y en sus características físicas. Las regiones productoras de Guanajuato y Nayarit se

encuentran localizadas virtualmente a la misma latitud, la mayor parte de la superficie cultivada en Nayarit se encuentra a nivel del mar, en cambio en Guanajuato se ubica a los 1700 msnm. En ambos casos la superficie en su mayoría es de riego, sólo algunas pequeñas áreas de Nayarit se producen en temporal y se encuentran aproximadamente al nivel del mar (Sorensen, 1996).

Los períodos de siembra y cosecha son virtualmente opuestos. El principal período de cosecha en Guanajuato es de octubre a noviembre época en la cual se inicia la siembra en Nayarit, donde usualmente comienza la cosecha de febrero a marzo que es cuando se esta sembrando en Guanajuato (Heredia, 1996). En Nayarit también se obtiene cosechas durante los meses de noviembre y diciembre en pequeñas áreas de temporal a una altitud de 1000 msnm (Caro, 1998).

Las diferencias morfológicas principales son el color, el espesor o grosor de la piel de los tubérculos. Los cultivares de Nayarit tienen la piel más gruesa y café oscura, y la savia bastante lechosa, mientras que las variedades de Guanajuato tienen la piel más delgada color café claro y la savia acuosa traslúcida por lo que se denomina jícama de agua (Heredia, 1996).

Fisiológicamente los dos grupos difieren de su ciclo de crecimiento y en su respuesta a factores ambientales. Por ejemplo, mientras que las variedades de Guanajuato necesitan ser podadas respectivamente, varias veces para maximizar el crecimiento de las raíces, en Nayarit la poda no es necesaria cuando se cultiva a nivel del mar y la siembra se efectúa durante los días cortos

y la cosecha cuando se incrementa la longitud del día. En relación a la poda reproductiva varios autores dan diferentes cifras en cuanto al incremento del rendimiento al realizar esta práctica Martínez (1936), reportó un incremento de en rendimiento de 140 a 340 % cuando probaron tres variedades mexicanas de mayor rendimiento. En tanto Grum *et al* (1996) registraron rendimientos de 7 a 39 % cuando probaron 32 accesiones de *Pachyrhizus. erosus* en Tonga, Costa Rica; En Nayarit, Caro y Casillas (1998) también reportaron incrementos en rendimiento aproximadamente de un 50 % con la poda reproductiva en un material genético seleccionado en la FAUAN.

Experimentos llevados a cabo en Tonga Costa Rica donde se evaluaron ambos grupos de variedades revelaron que cuando se sembró al final de los días cortos, las variedades de Nayarit exhibieron un considerable retraso en la floración y producción de semillas comparado con las variedades de Guanajuato (Sorensen, 1996).

Los mejores suelos para el desarrollo de la jícama son los aluviales, que se caracterizan por ser ligeros o arenosos, con buen drenaje (Gajón, 1951) este tipo de suelos permite el buen desarrollo de la jícama. Los suelos arcillosos acumulan excesos de humedad que pueden causar pudriciones y/o deformaciones de las raíces, por lo que no es recomendable este tipo de suelos (Heredia, 1996).

La mejor época de siembra es la segunda quincena de febrero y todo marzo, es posible ampliar la época de siembra hasta abril y mayo; sin embargo,

se corre el riesgo de heladas tempranas que puedan afectar sensiblemente al cultivo (Heredia, 1996).

Para jícama de tamaño chico o piñatera se sugiere sembrar en agosto. (Heredia, 1996). Dejar una distancia entre plantas de 5 a 7 cm sembrando en 5 de oros (o sea se colocan cuatro semillas formando un cuadrado y la quinta en el centro del mismo) sobre el lomo del surco (Villanueva, 1976).

La densidad de siembra generalmente es de 30 Kg/ha. Para producir jícama piñatera, se requieren 40 Kg de semilla /ha (Heredia, 1996).

Métodos de Siembra

Tradicionalmente se utilizan dos métodos:

a) Método de siembra a tierra venida: Siendo el más utilizado. Consiste en regar el terreno y una vez que la tierra dé punto se hace la doble raya a 25 cm de separación sobre el lomo del surco, ya sea con "almocafre" o yunta e inmediatamente después se siembra depositando una semilla de jícama cada 20 cm. La semilla se tapa con un arado de rejas anchas de tracción animal; Otra forma de sembrar a tierra venida es con estaca, y se realiza con el terreno un poco más húmedo que en la forma anterior, se hace un hoyo con la estaca y se deposita una semilla cada 20 cm, a doble hilera (Heredia, 1985).

b) Método de Siembra en seco: Se utiliza menos. Una vez preparado el terreno se trazan los surcos y se raya el lomo del surco en doble hilera, a 25 cm de

separación. Se siembra una semilla cada treinta cm, luego se tapa y finalmente se procede a regar a trasporo y evitar encharcamientos y que el agua suba sobre el surco (Heredia, 1985).

El número de riegos que la jícama requiere dependen del tipo de suelo y del período en que se encuentre Cuando la planta está en período de emergencia se recomienda dar un riego ligero, sobre todo en terrenos que forman costra, para facilitar la emergencia de las plántulas y así evitar que estas mueran (Pinto, 1970).

En suelos muy arenosos los riegos se deben dar con una frecuencia de 8 a 10 días sobre todo en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. En suelos areno-limosos (tierra lama) se aplican los riegos cada 15 a 20 días (Saray, 1980) lo importante es mantener el suelo con la humedad adecuada evitando los excesos de agua que provocan pudriciones de la raíz o bien evitar escasez de agua para no castigar a la planta. Generalmente el riego se suspende cuando la jícama ha madurado y esto se hace porque el suelo se agrieta o parte por efecto del desarrollo total de las raíces (Heredia, 1996).

Otro aspecto importante del cultivo de la jícama es el que no se fertiliza por no haber respuesta a los fertilizantes; sin embargo, se acostumbra hacerlo para evitar castigar a la planta (Heredia, 1996).

Es recomendable efectuar tres deshierbes manuales distribuidos durante los primeros tres meses de desarrollado el cultivo para mantenerlo libre de malas hierbas (Heredia, 1996).

El desfloreo es una práctica obligada en el cultivo de la jícama, ya que si no se eliminan las flores el rendimiento se reduce a la mitad o menos y la calidad de las raíces desmerece por la formación de fibra y de jícamas en forma de trompos perdiendo valor comercial. Durante la etapa de floración se recomienda tres desfloreos a mano muy bien realizados. El primero se efectúa, cuando haya floración total, el segundo un mes después aproximadamente, y el tercero al siguiente (Heredia, 1996)

Tan pronto como aparezcan las flores se suprimen éstas cortándolas antes de que abran, para que los jugos que deberían alimentarlas refluyan a las raíces, a fin de que las hagan engrosar más y tomen mejor sabor (Escobar, 1942).

La práctica del desfloreo aumenta el tamaño y el peso unitario de las raíces y consecuentemente el rendimiento por unidad de superficie; el aumento es de más del doble del podado con respecto al no podado (Heredia, 1971).

Se debe controlar es evitar la formación de vainas, la eliminación de guías porque está práctica reduce el rendimiento y encarece la práctica de desfloreo (Heredia 1996).

Las raíces de jícama que se cosechan al final del ciclo del cultivo, pueden producir una planta sí son enterradas de nuevo lo cual facilita la selección de materiales para generar variedades mejoradas (Heredia, 1996).

En todos los casos las raíces tienen una corteza delgada y fácilmente desprendible, cuyo color varía de café oscuro a café claro. En su interior son de color blanco traslucido, de textura crujiente, suculenta y sabor levemente dulce (Sorensen,1996).

En la parte aérea del cultivo se llegan a presentar algunos insectos; sin embargo, no causan daños de importancia económica, puesto que son plantas muy rústicas en comparación con otras de la misma familia como el frijol, que casi no presentan problemas en cuanto a plagas y enfermedades (Caro, 1998).

Ocasionalmente las raíces de jícama son atacadas por la gallina ciega, de acuerdo con los antecedentes que se tenga de esta plaga en el terreno será necesario hacer aplicaciones preventivas de insecticidas. La enfermedad que se presenta con mayor frecuencia es el tizón de halo causado por una bacteria, la planta enferma presenta como síntomas puntos de color café rodeados por círculos amarillentos sobre las hojas, generalmente se presenta en la última etapa de desarrollo de la planta, tiempo en que ya no es un daño económico (Heredia, 1996).

La época de cosecha depende del ciclo de cultivo de cada variedad y de la fecha de siembra, la señal más práctica para determinar el período de cosecha es cuando el suelo está agrietado a lo largo de las hileras de raíces, en ese momento la jícama está madura, bien desarrollada y es cuando debe cosecharse (Heredia, 1996).

Cuando no es conveniente cosechar por razones económicas, los tubérculos pueden permanecer en el terreno sin sufrir daño por dos o tres meses o más, siempre y cuando no se aplique algún riego (Heredia 1996).

La planta de jícama es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico, lo que hace deseable el reciclaje de sus residuos de cosecha, el forraje de jícama es una buena fuente de abono verde (Heredia, 1996).

Las variedades de jícama de las cuales se obtienen los más altos rendimientos, dependiendo del manejo que se le dé al cultivo son: Agua dulce, Cristalina, San Miguel, San Juan y Vega de San Juan (Heredia, 1996).

4. Usos: industrial, ambiental y doméstico

De acuerdo con Kundu (1969) en la India el tubérculo de P. *erosus* es utilizado para producir harina de buena calidad y se produce un almidón que sirve para preparar natillas y pudines (Allen y Allen, 1981).

Estudios recientes reportan que el análisis de las semillas maduras se han encontrado desde 0.03 a 0.11 % de retonona (Lackhan, 1994) a su vez Deshaprabhu (1966) reporta contenidos de 0.5 a 1 %.

Las posibilidades de utilización de la retonona de las semilla como un pesticida y los tubérculos como una fuente de almidón son atractivas alternativas. Sin embargo actualmente se utiliza la retonona como un insecticida limitado, es principalmente usado como polvo contra las pulgas. Nuevos estudios son necesarios para identificar otras aplicaciones de este compuesto

químico; por ejemplo, como un agente protector de plantas y en la limpieza de lagos. Como un agente protector y económico de la cosecha. Ojalá sea una opción atractiva para los productores del mundo desarrollado. (Sorensen, 1990).

Los tubérculos son, de textura crujiente, suculenta y sabor levemente dulce por lo que son consumidas en muchas formas, adicionándoles chile, aceite y vinagre. En algunos países las raíces son hervidas para sopa, o cocidas como cualquier otra verdura, con la ventaja que, a diferencia de la mayoría de los cultivos de raíz, se conserva su textura crujiente aún después de la cocción (Sorensen,1996).

La jícama puede ser utilizada como un producto atractivo en diversos platillos y como botana (Mudahar, 1991).

Entre otras propiedades que se le atribuyen a la jícama es el de mitigar la sed, quita el calor y la sequedad de la lengua, regula la temperatura corporal, su zumo se aprovecha contra el dolor de la gota y contra toda inflamación y si al zumo se le añade azúcar y se beben seis onzas (175 ml) en ayunas quita el ardor en vías urinarias y templa los riñones, así mismo es bueno contra la ictericia y la fiebre, la tintura alcohólica de las semillas se ha usado con eficacia para el tratamiento de la sarna (Martínez, 1959)

En México la jícama es usada de diferentes maneras: Como fruta, el tubérculo fresco rebanado en tiras con chile y jugo de limón (comúnmente son vendidos por vendedores en las calles), como vegetal en rebanadas y usados

en varios platillos para ensaladas, cocinados para preparar sopas, solo o con otros vegetales, rebanadas fritas, en conserva rebanada o cubos con cebolla y chiles en vinagre utilizada como botana para acompañar bebidas, Martínez (1936) reporta también que la rebanadas de jícama pueden ser conservadas en vinagre con otras legumbres inmaduras (Sorensen 1990).

En Estados Unidos de Norteamérica y Japón la han incorporado en algunos platillos orientales, principalmente por la escasez de castaña de agua de procedencia de china, y como bocadillo bajo en calorías (Tamez, 1987).

En Tailandia no solamente el tubérculo de la jícama es usado como comida, sino además las vainas inmaduras, son consumidas como un substituto de frijoles de Francia y se dice que tienen un sabor agradable (Ratandilok *et al*, 1994).

Nutricionalmente las vainas son comparadas con leguminosas, con vainas de frijol soja (Nag *et al*, 1936; Cruz, 1950; Broadbent *et al*, 1963).

Bhag Mal y Kawalkar (1982) de la India también reportan que algunas veces son cocinadas las vainas inmaduras, pueden ser utilizadas como vegetal de la misma manera que el frijol francés, además se recomienda el uso del tubérculo en la preparación de pepinillos con salsa picante, y en la preparación de una bebida con sabor agradable llamada Kheer preparado con leche (Bhag Mal *et al*, 1982).

En Malasia, los tubérculos tiernos son rebanados y comidos con otros vegetales tiernos con una salsa picante, este es un tradicional platillo llamado "rujak" (Sorensen 1996).

5. Composición química y aspectos nutritivos

En el cuadro 5.1. se observan la composición nutrimental de la jícama. En cuanto al aspecto de composición química de la planta (Cuadro 5. 1.)la parte aérea contiene de 15 a 20 % de proteína, posee propiedades tóxicas para los humanos. En América central se consumen los ejotes de la jícama requiriendo cuidado y sobre todo experiencia en su preparación. A la semilla se le extrae el insecticida llamado rotenona, el extracto de semilla combate sarna e insectos en personas y animales (antipsoricas); El análisis químico de este producto nos indica la existencia de dos compuestos: *Glucosido pachyrrhizid y Glucosido pachyrrhizine* (Sorensen, 1990).

La jícama tiene un aporte energético bajo, es una buena fuente de vitamina C (21 mg/100 g de jícama) contiene calcio, fósforo y agua (90 g de agua/100 de jícama) tienen una textura crujiente y un sabor agradable que prácticamente no se encuentra en ninguna otra raíz (Sorensen, 1996).

Su concentración de azúcares reductores y no reductores es baja (de 2 a 3 mg/100g) en cambio el contenido de almidón es mayor (10.5%) de naturaleza altamente digestible, baja proteína, sin embargo su perfil de aminoácidos es de

considerable interés, debido a que contiene los ocho indispensables para la dieta del hombre, por lo que se recomienda su consumo (Casanueva, 1995).

Cuadro 5.1. Aporte nutricional de la jícama base húmeda por 100 g de muestra (Casanueva, 1995)

		Raíces	Vainas	Semillas
Energía	(Cal)	39.0	45.0	196.0
Humedad	(g)	87.0	86.0	8.0
Proteína	(g)	1.3	2.2	21.9
Lípidos	(g)	0.1	0.2	15.9
Carbohidratos	(g)	10.3	8.7	23.6
Fibra	(g)	0.7	2.5	6.3
Calcio	(mg)	15.0	121.0	alto
Fósforo	(mg)	16.0	39.0	alto
Hierro	(mg)	0.6	1.3	—
Cobre	(mg)	0.4	—	—
Retinol	(μgeq)	huellas	190.	—
Tiamina	(mg)	0.06	0.11	—
Riboflavina	(mg)	0.05	0.09	—
Vitamina C	(mg)	18.70	1056.	—
Niacina	(mgeq)	0.20	0.8	—

Por otra parte las raíces de la jícama son ricas en almidón (10 %), de buena digestibilidad, posee de 3 a 5 partes de nitrógeno más que la papa y el camote, la malanga y yuca. Al madurar la raíz aumenta su concentración de almidón, disminuyendo a su vez el contenido de azúcares; libre de grasas, bajo contenido de sodio, contenido de proteínas y azúcares en cantidades

moderadas. Una porción de 100 g aporta aproximadamente 55 calorías (Sorensen, 1996)

6. Importancia económica

En cuanto a el valor económico de la jícama es la utilización del tubérculo como alimento, el uso en la medicina es de pequeña importancia. Las resinas de los cotiledones tiene valor como insecticida, cualidad conocida en México y América Central en tiempos precolombinos (Sorensen, 1996).

El valor socioeconómico esta dado en base a que muchas familias de escasos recursos económicos se dedican al cultivo de esta leguminosa, es una buena fuente de trabajo debido a sus labores culturales que en su mayoría son hechas a mano: Siembra, eliminación de malezas, deshierbes poda, desfloreo, cosecha, selección del tubérculo (Heredia, 1985).

En Nayarit durante el período de 1993- 1998 se cosecharon en promedio 6 680.5 ha, con una producción de 211 029 toneladas y un rendimiento cerca de 31.5 t/ha (SAGAR, 1999) situando al Estado de Nayarit entre los primeros lugares de producción de jícama en el país (Gutiérrez 2001)

HIPÓTESIS

Científica:

La proporción de los diversos componentes físico químicos variarán considerablemente durante la formación del tubérculo.

Estadística:

Los componentes físico químico de la jícama se verán afectados por la etapa fenológica del tubérculo.

OBJETIVOS

1. Evaluar los cambios en la composición química del tubérculo de la jícama variedad cristalina mejorada en tres etapas fenológicas, durante un período de 170 días, hasta la madurez bajo condiciones de campo.

2. Comparar los cambios más significativos presentados en el aspecto físico químico durante el desarrollo del tubérculo de jícama al tiempo de cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

1 Fuente y preparación de las muestras

El material biológico utilizado se obtuvo en la Facultad de Agricultura de la Universidad Autónoma de Nayarit en Xalisco, Tepic, Nayarit.

Se utilizó jícama (*Pachyrhizus erosus (L) Urban)* variedad cristalina, cuyo material fue mejorado genéticamente e identificado como FAUAN-97 cuyas características están bien definidas por la forma bien redondeada de la raíz, con piel muy delgada.

Fue sembrada en los terrenos de la Facultad de Agricultura de Nayarit durante el período comprendido de junio a julio de 1999 (época lluviosa) a una altura de 1100 msnm, (terreno en el que se aplica la rotación de cultivo, donde un año se siembra caña de azúcar y el siguiente jícama). con una precipitación pluvial de 1100 a 1200 mm y una temperatura promedio anual de 18°C.

El método de siembra que se utilizó fue en surcos con doble hilera, de 10 a 15 cm de distancia entre cada semilla, con una densidad de siembra de 30 a 40 Kg por hectárea. Región donde se siembran anualmente 1200 Ha. Con una producción promedio de 40 Ton/Ha se aplicaron riegos de emergencia para evitar el estrés del cultivo.

Los muestreos se realizaron manualmente, a los 105 días el primero, el segundo y el tercero a los 135 y 165 días respectivamente, después de la siembra; utilizando un método completamente al azar obteniendo un tamaño de muestra de 4 plantas por repetición y con tres repeticiones cada uno. De las cuales 1 planta se utilizo para la determinación de la textura y las tres restantes para las otras determinaciones.

A las muestras recolectadas se les eliminó el exceso de tierra de cada tubérculo. Posteriormente fueron cubiertas en papel plástico auto adherible y colocadas en bolsas de papel para conservarlas durante el traslado a la ciudad de Irapuato, Guanajuato (para el Análisis de textura e integridad) y otras a la ciudad de Saltillo, Coahuila y Monterrey, Nuevo León, para efectuar el resto de las determinaciones.

Las muestras en el laboratorio fueron lavadas rápidamente y colocadas encima de papel secante para eliminar el excedente de agua, fueron pesadas y medidas en su diámetro ecuatorial y polar, longitud de raíz y el peso en gramos de cada una de las piezas.

Posteriormente se les eliminó la cáscara o piel y se procedió a cortar en trozos pequeños en un procesador de alimentos, donde fue molida la muestra, a una submuestra se le determinó el contenido de humedad por triplicado y el resto de material fue deshidratado y homogeneizado para posteriormente realizar las diferentes determinaciones.

2. Procedimientos analíticos

El Análisis de muestras se efectuó en el laboratorio de Nutrición y Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" y en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad De Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León en Monterrey, Nuevo León. La determinación de textura e integridad se efectuó en el Instituto de Ciencias Agrícolas y Alimentos de la Universidad Autónoma de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato.

2.1 Análisis químicos

A las muestras de jícama se le aplicaron los siguientes análisis para la evaluación.

2.1.1 Composición proximal

Análisis en el cual se determinó la composición de la jícama en de sus principales grupos de nutrimentos, es decir se evaluó la calidad del tubérculo en función de grupos de compuestos con características físico químicas semejantes pero con diferente valor nutricional, como el contenido de **Humedad:** Eliminación de agua por evaporación, mediante la aplicación de calor, y su determinación por pérdida de peso, utilizando el método de estufa de aire. **Materia seca:** Desecación del material hasta peso constante. **Cenizas:** calcinación de la muestra seca a 600 °C. **Proteína**: Cuantificación de nitrógeno (amino, amido e imino) presente en la muestra. **Grasa cruda**: Extracción de

compuestos orgánicos solubles en éter. **Fibra cruda**: Cuantificación del residuo insoluble dentro de una solución ácida seguida de una alcalina. Métodos en los cuales se utilizaron los procedimientos de la AOAC (AOAC 1990) (Alanís, 1996) y el contenido de **Carbohidratos (Extracto Libre de Nitrógeno)** fue determinado por diferencia de restar de 100 los porcentajes de humedad, materia mineral, proteína, grasa y fibra cruda. La composición de la jícama se reporta en términos de % en base húmeda y % base seca (Alanís, 1996; Coultate, 1998; Olivares, 1986).

2.1.2 Fibra dietética total

La fibra dietética total fue determinada por el método enzimático-gravimétrico de la AOAC Nº 991.43 (Lee *et al.* 1992) Modificación del método AOAC Nº 985-29. En el cual se utilizó un gramo de muestra ajustada a pH 6.0 con buffer de fosfato e incubada con amilasa, para solubilizar almidones a 95 ºC durante 15 minutos. Posteriormente fue ajustada a pH 7.5 e incubada a 60 ºC por 30 minutos, primero con proteasa para remover proteínas y luego con amiloglucosidasa a pH 4.0 – 4.6 para hidrolizar almidones. La fibra soluble fue precipitada de la solución con etanol al 95 % (durante toda la noche). El precipitado fue transferido a un crisol con celite, previamente tarado, lavado con acetona y etanol al 95 % y luego secado en una estufa "Narca" modelo 620, con circulación de aire a 105 ºC por 24 horas. Dos blancos fueron corridos durante todo el procedimiento, obteniéndose cuatro residuos, dos de muestra y dos de blancos. Dos de ellos analizados por proteína por el método de kjeldahl (AOAC, 1990) y los otros dos incinerados a 525 ºC por 5 horas en una mufla

Sybrow/Thermoline, modelo F-A 1730 (Iowa, USA) para determinar las cenizas. Gravimétricamente se determinó el contenido de fibra dietética total. Los análisis fueron realizados por duplicado.

2.1.3 Determinación de azúcares reductores y totales.

Se utilizó el método Lane-Eynon polisacáridos en el cual se determinaron los azúcares totales (Disacáridos, reductores y no reductores almidones o polisacáridos) y azúcares reductores (Glucosa, lactosa y sacarosa).

Para la preparación de las soluciones se utilizaron reactivos grado analítico. En esta determinación se utilizaron soluciones de Fehling – Soxhlet Nº 1 y solución de Fehling Nº 2, de la cuales se utilizan 5 ml de cada una, agregando agua destilada y a punto de ebullición, se agrega 2 gotas de azul de metileno al 1 % y rápidamente se efectúa una titulación preliminar con una solución estándar de glucosa o sacarosa hasta la desaparición del color azul. (Manteniendo la solución en calentamiento y agitación constantes) hasta que la solución adquiera un color ladrillo o café- naranja. Anotando los mililitros utilizados en la titulación.

Para la determinación de azúcares reductores directos se utilizaron 10 gramos de muestra los cuales se diluyeron en agua destilada, agregando a esta solución aproximadamente 2.8 ml de acetato neutro de plomo saturado, agitando y dejando sedimentar, posteriormente se añadieron pequeñas porciones de oxalato de sodio o de potasio (1 g) agitando y filtrando en papel watman 3 40, y aforando a un volumen de 250 ml. enseguida se transfirió a una

bureta y se valoró con ella 5 ml de solución de Fehling 1 y 5 ml de solución de Fehling 2 en 50 ml de agua destilada. Sobre la base del gasto de mililitros de solución problema se cálculó el contenido de azúcares reductores directos.

Posteriormente se determinaron los azúcares totales en los que se utilizaron 5 gramos de muestra sólida en fresco y húmedo, en una solución con 80 ml de agua destilada y 5 ml de HCl (ácido clorhídrico) concentrado los cuales se sometieron al calentamiento en baño María a una temperatura de 65-70 °C / 15 minutos para que se efectuara la hidrólisis, enseguida se dejo enfriar y se neutralizó con NaOH 1 N. Se le agregó 0.5 ml de solución saturada de acetato de plomo mezclando y reposando, se le adicionó porciones de carbonato de sodio anhídro (1 g aprox.), agitando suavemente y se dejo sedimentar. Posteriormente se filtro y se hicieron lavados con porciones de 10 ml de agua destilada, se aforó a 250 ml y se llevo a cabo una valoración colocando esta solución en una bureta y se valoraron 5 ml de solución Fehling 1 y 2 con 50 ml de agua a punto de ebullición y azul de metileno hasta la formación de un color rojo ladrillo, tomando en cuenta el gasto en ml de la solución de azúcar para el cálculo gravimétrico de azúcares totales. Los análisis se realizaron por triplicado.

2.1.4 Contenido de almidón

Se utilizó un método en el cual se efectuó una hidrólisis enzimática del almidón de la A.O.A.C. Nº 979.10 utilizando glucoamilasa. A la muestra se le agrego agua (100 ml) y se agitó por 30 min. se filtro y se lavo el residuo con 50

ml de agua se le adicionó 10 ml de HCl, se colocó a reflujo y calentamiento durante 2 horas posteriormente se dejo enfriar y se neutralizó con NaOH, enseguida se filtro y se aforo a un volumen de 100 ml (Solución de Almidón) se adicionaron 10 ml de solución buffer acetato pH = 4.8 posteriormente se agregaron 0.1 ml de enzima (glucoamilasa) a 55 °C durante 3 horas, para llevar a cabo la hidrólisis enzimática, posteriormente se aforó, se filtró y se hizo una valoración con solución de Fehling I y II utilizando azul de metileno como indicador. Se determinó el contenido de azúcares directos en base al gasto de solución utilizado, y en las tablas se obtienen los miligramos de azúcar valor que se divide entre el gasto de la titulación y se multiplica por 100 así se obtiene el contenido de almidón.

2.1.5 Contenido de minerales:

2.1.5.1. Determinación del contenido de calcio.

Para la determinación del calcio se utilizó la técnica volumétrica para la valoración una solución de Permanganato de potasio, de concentración conocida, los mililitros gastados son directamente relacionados con la concentración del calcio presente en la muestra y que fue precipitado como oxalato de calcio por medio de oxalato de amonio. Al valorar con el permanganato el contenido de ácido oxálico liberado en medio ácido a partir del oxalato de calcio, se conoció indirectamente la cantidad de calcio unido al axalato (Tejada, 1983).

Se incineran 2 g de muestra en la mufla, y se colocan con una solución de HCl (1+3), con 5 gotas de HNO_3 concentrado, calentando a ebullición suavemente, se transfiere a un matraz aforando a 100 ml con H_2O destilada, posteriormente se filtra, se toma una alícuota de 20 ml del filtrado se diluye a 100 ml adicionándole 2 gotas de indicador rojo de metilo, enseguida se agrega NH_4OH (1:1) ajustar el pH a 5.6, se agrega HCl (1+10) a pH 2.5. posteriormente se lleva a ebullición y se adiciona $(NH_4)_2C_2O_4$, se coloca a baño María la solución durante toda la noche y se filtra, lavando el precipitado con 3 porciones de hidróxido de amonio (NH_4OH). El embudo con el precipitado se coloco en otro recipiente limpio y se perforo con la punta de un agitador de vidrio y se procedió a lavar el papel con 130 ml de H_2SO_4 (1+25) caliente asegurando que todo el precipitado se haya disuelto., enseguida se procedió a calentar la solución y se llevo a cabo una titulación con $KMnO_4$ hasta obtener la aparición de un color rosa ligero, se corrió un testigo. Posteriormente se cálculo el porcentaje de calcio total en la muestra y se reporta en base húmeda.

2.1.5.2 Determinación del contenido de fósforo

En la determinación del fósforo se utilizó una técnica colorimétrica (Tejada, 1983), en la cual se formó un complejo estable con una intensidad de color directamente relacionada a la cantidad de fósforo, este complejo se forma con la adición de molibdovanadato de amonio a una solución de concentración conocida de fósforo en una serie de tubos con cantidades ascendentes, las diferentes intensidades de color fueron medidas en un colorímetro para formar una curva patrón de calibración (Corregida por regresión lineal) contra la cual se

comparó la coloración de las muestra (2 g de muestra calcinada a 550 °C y preparadas en solución ácida) y así se conoce la concentración del fósforo.

Se utilizó una alícuota de la dilución ácida preparada a partir de las cenizas misma utilizada en la determinación de calcio, la cual se hizo reaccionar con una solución de molibdeno-vanadato de amonio aforando con agua a un volumen total de 100 ml y agitando, se dejo reposar por diez minutos y se determino la densidad óptica a 400 nm en un espectofotómetro Coleman. Comparando las densidades obtenidas para las muestras con la densidad óptica obtenida de la curva patrón preparada a partir de una solución conocida a partir de un estándar de fósforo (Aldrich, certificada de 1000 μg) de la cual se tomaron cantidades ascendentes entre 0.1 a 1 mg de fósforo, y diluyendo con agua destilada, las cuales se prepararon y se efectuó la determinación haciéndolas reaccionar con la solución de molibdovanadato de amonio. Se preparó una curva patrón, y los datos obtenidos de la muestra problema fueron interpolados en la curva y se hizo el cálculo correspondiente de la concentración de fósforo.

2.1.6 Determinación de pH

El pH se determino con un Potenciómetro beckman 720-A, calibrado con solución estándar. La lectura se estableció a 20 ± 1 °C. La muestra fue utilizada en fresco, la cual se molió y mezcló perfectamente para realizar las lecturas de pH.

2.2 Análisis físico

Para la determinación de las características físicas primero se determinó a cada jícama el peso en gramos, se hicieron mediciones del diámetro ecuatorial y longitud (altura) en centímetros de cada uno de los tubérculos, y forma (cualitativamente).

2.3 Determinación de textura:

La textura de las jícamas fue determinada en un Texturómetro TA.-TX2 (Texture Tecnologies Corp. Scardale, N.Y./Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, UK). Está prueba se realizó con un probeta de 10 mm de diámetro a una velocidad de 5 mm/seg. a una distancia de 10 mm y se reportó en Newton se hizo la determinación en cuatro puntos diferentes de la jícama. La jícama fue colocada en la posición deseada sobre la plataforma del texturómetro y penetrada con la probeta.

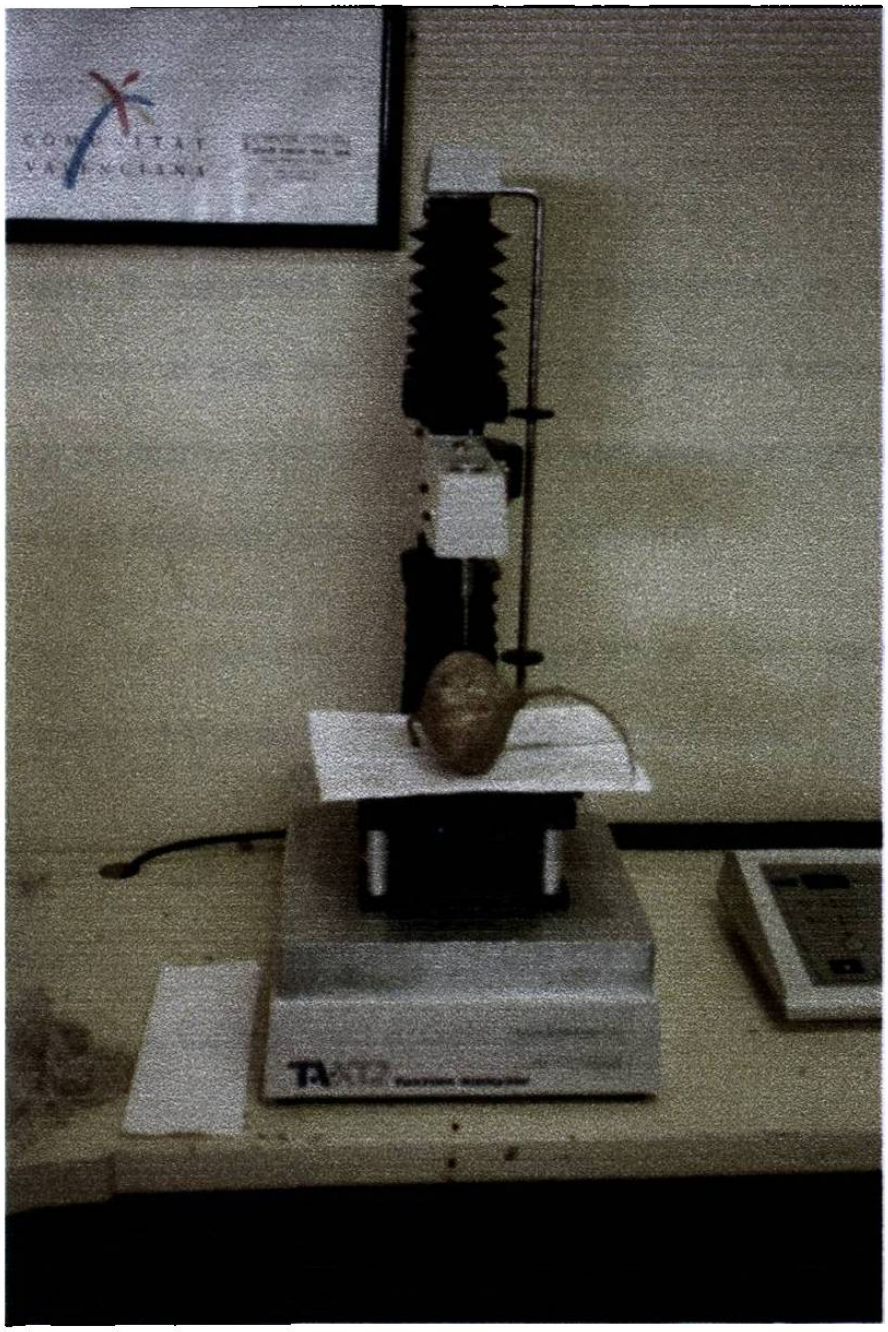


Figura 1. Texturómetro TA-TX2 (Texture Tecnologies Corp. Scardale, N.Y./Stable Micro Systems, Haslemere, Surrey, UK).

3. Diseño experimental y análisis de datos

Las variables de estudio fueron los porcentajes obtenidos de: materia seca y/o humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno en base seca, azúcares reductores y totales, contenido de almidón, fibra dietética, concentración de calcio y fósforo, tamaño, textura, pH.

Dada la naturaleza del material experimental se empleó un diseño completamente al azar dentro de la localidad con 3 tratamientos (fechas de muestreo) de jícama, con unidades experimentales homogéneas. Obteniendo 3 muestreos en total, con tres repeticiones cada uno.

Para la evaluación se consideraron las variables señaladas anteriormente, utilizando el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

i = 1, 2, 3, tratamientos (muestreos)

j = 1, 2, 3 repeticiones

Donde Y_{ij} = Es la observación del tratamiento **i** en la repetición **j**

μ = El efecto verdadero de la media general

τ_i = Es el efecto de i — ésimo tratamiento (fecha de muestreo)

ε_{ij} = Es el error experimental

Suponiendo que:

Los errores ε_{ij} se distribuyen normal e independientemente con media cero y varianza igual a $\sigma^{2.}$

Las diferencias entre cada período se evaluaron por medio de un análisis de varianza para cada variable, así como una comparación de medias de los tratamientos (muestreos) se compararon, mediante la prueba de Tukey (Steel y Torrie, 1980; Olivares, 1996).

Utilizando para el análisis estadístico el método para computadora STATGRAPHICS (Gutiérrez, 1996).

(Gutiérrez, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Análisis bromatológico del tubérculo

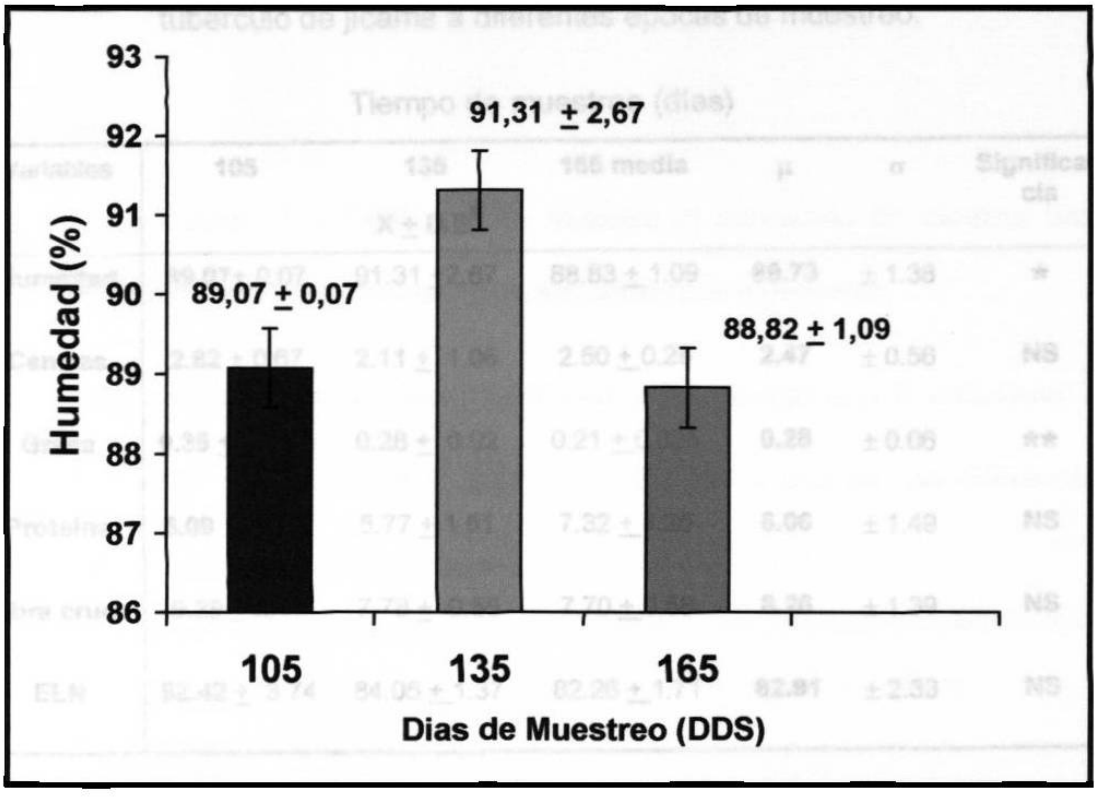
Humedad

El contenido de humedad del tubérculo de jícama encontrado en los diferentes muestreos se muestran en el cuadro 1.

Como se puede observar en el análisis de varianza hay diferencias significativas entre las medias de respuesta de los muestreos en el contenido de humedad ya que el nivel de significancia calculado fue de 7.694 el cual es mayor que el tabulado 5 14 para α 0.05 (Cuadro B.1), por lo que se concluye que la concentración de humedad varía a diferentes épocas de cosecha de la jícama.

Para ubicar las diferencias entre tratamientos se realizó una prueba de rangos múltiples, al comparar la diferencia entre las medias de los tratamientos T1–T2 y para T2-T3 donde se obtuvieron valores de 2.240 y 2.483 respectivamente, ambos datos son mayores que la mínima diferencia significativa (1.70831), por lo tanto el T2 es diferente y mayor que los demás, las citadas diferencias se observan adecuadamente en la Gráfica 1 y Cuadro B.1.

Estos resultados concuerdan con los reportados en la literatura, El contenido de humedad en el tubérculo de jícama oscila de 78 a 94%, dependiendo de la variedad, región, labores de cultivo y época de siembra (Sorensen, 1990; Heredia, 1986). Aguilar (1966) reporta un 80 % de agua, Martínez (1936) encontró un 84%, Souza, *et al* (1950) en un análisis general reporta aproximadamente un 89% y Sahadevan (1987) reporta un 94%.



Gráfica 1. Contenido de humedad (%) del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Por otra parte en otro trabajo donde se realizó el análisis proximal de la jícama, variedad "Agua Dulce" se reportaron valores de 91.33 % ± 0.08 que son similares a los obtenidos en este estudio (Juárez, 1994). Como se observa en este caso, el valor de humedad es similar al encontrado en el segundo

muestreo aún siendo otra variedad y diferente localidad, esto indica que el comportamiento para esta variable puede ser similar aún entre variedades.

Cabe recordar que los tubérculos pueden modificar su contenido de humedad de acuerdo al tipo de riego que se les implemente, para una zona en particular (Charley, 1997).

Cuadro 1. Composición próximal (%), base seca y contenido de humedad del tubérculo de jícama a diferentes épocas de muestreo.

Variables	105	135	165 media	μ	σ	Significancia
		X ± D.E♦				
Humedad	**89.07**± 0.07	91.31 ±2.67	88.83 ± 1.09	**89.73**	± 1.38	*
Cenizas	**2.82** ± 0.67	2.11 ± 1.06	2.50 ± 0.28	**2.47**	± 0.56	NS
Grasa	**0.35** ± 0.005	0.28 ± 0.02	0.21 ± 0.025	**0.28**	± 0.06	**
Proteína	**5.09** ± 1.78	5.77 ± 1.51	7.32 ± 1.25	**6.06**	± 1.49	NS
Fibra cruda	**9.29** ± 2.17	7.78 ± 0.55	7.70 ± 0.58	**8.26**	± 1.39	NS
ELN	**82.42** ± 3.74	84.05 ± 1.37	82.26 ± 1.71	**82.91**	± 2.33	NS

NS: no significativo
* (P< 0.05) diferencia significativa
** P(<0.01) diferencia altamente significativa
♦ media ± desviación estándar (n = 9)

Complementando, Escobar (1942) menciona que en el cultivo de la jícama el riego debe aplicarse tan pronto como se note resequedad en la tierra,

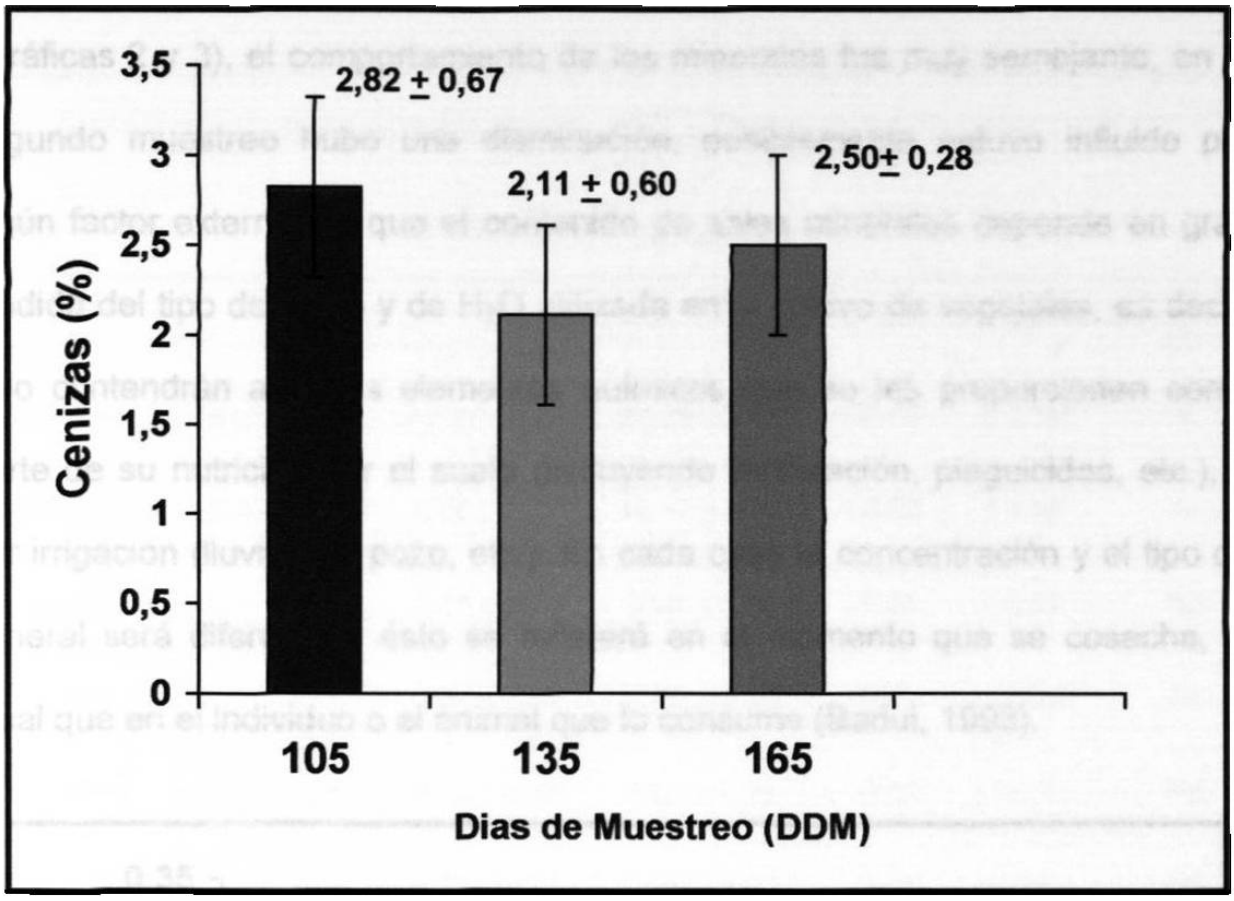
a fin de conservar la humedad, ya que su raíz es muy jugosa y necesita agua con más frecuencia.

Las raíces, tubérculos, bulbos y otros vegetales llamados de tierra son muy importantes, aunque su valor alimenticio disminuye a causa de su alto contenido de humedad, el follaje contiene poco alimento almacenado y son muy perecederas por su contenido de agua, se les consume como fuente de vitaminas, minerales y fibra (Desrosier, 1983).

Cenizas

En el Cuadro 1 y Gráfica 2 se muestra el contenido de cenizas base seca, encontrados en este trabajo para los diferentes muestreos.

Según el análisis de Varianza (Cuadro B.3) arroja una F calculada de 1.287 $<$ 5.14 (F tabulado) por lo que este valor indica que no hay diferencias significativas dentro de los muestreos.

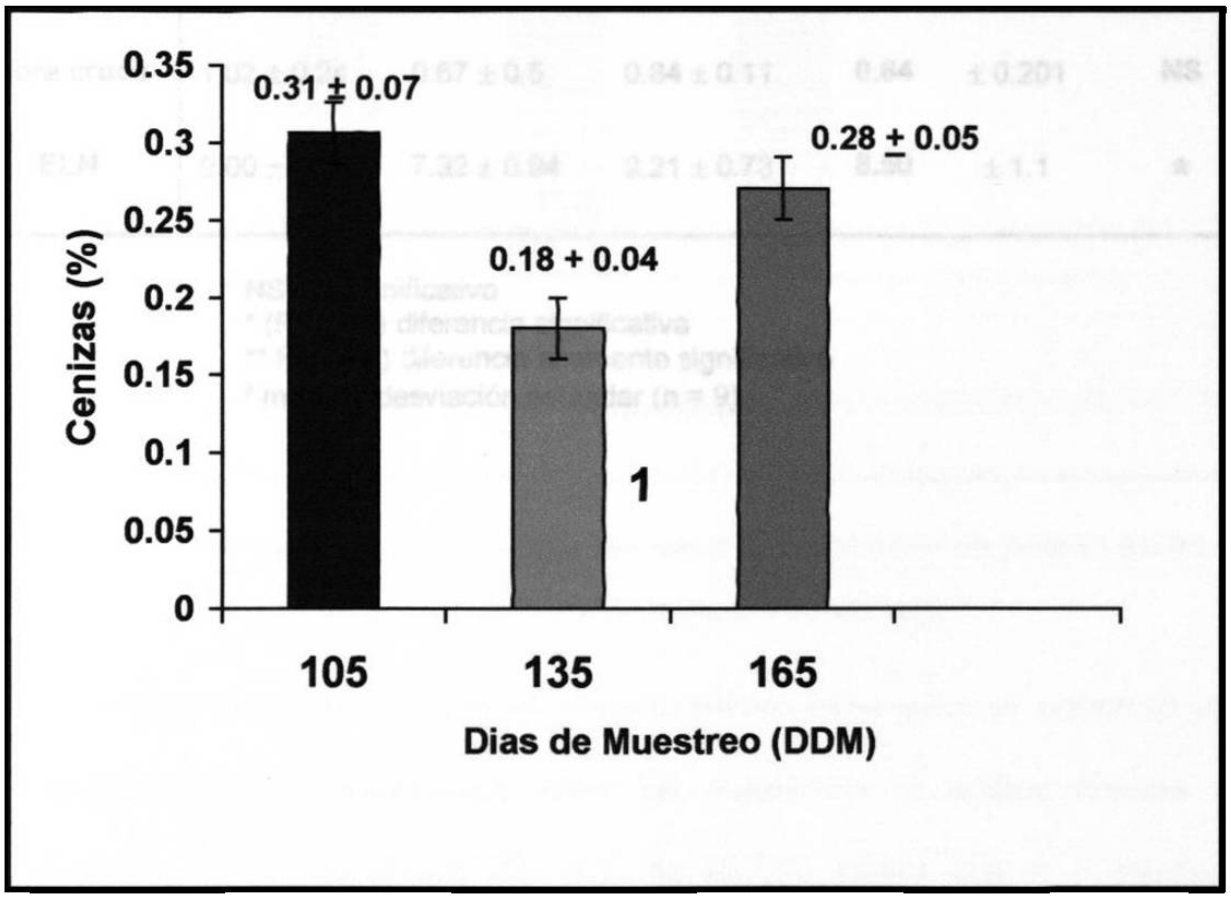


Gráfica 2. Contenido de cenizas (%) base seca del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Los datos reportados en la literatura para cenizas en base húmeda, coinciden con los obtenidos experimentalmente en el tercer muestreo (Cuadro 2), Juárez (1994) que reporta un contenido de cenizas de 0.3 a 0.8 % para el tiempo de cosecha, de igual manera otros autores como Nag et. al. (1936) reporta 0.5 %, y Sorensen (1990) reporta valores entre 0.3 – 0.8 %.

De igual manera para el análisis realizado en base húmeda el ANOVA indica que no hay diferencias estadísticas se observa estos datos en la gráfica de intervalos de confianza del Cuadro B.4.

Al observar las gráficas tanto para base seca como para base húmeda (Gráficas 2 y 3), el comportamiento de los minerales fue muy semejante, en el segundo muestreo hubo una disminución, posiblemente estuvo influido por algún factor externo, ya que el contenido de sales minerales depende en gran medida del tipo de suelo y de H_2O utilizada en el cultivo de vegetales, es decir, sólo contendrán aquellos elementos químicos que se les proporcionen como parte de su nutrición por el suelo (incluyendo fertilización, plaguicidas, etc.), o por irrigación (lluvia, río, pozo, etc.). En cada caso la concentración y el tipo de mineral será diferente y ésto se reflejará en el momento que se cosecha, al igual que en el individuo o el animal que lo consume (Badui, 1993).



Gráfica 3. Contenido de cenizas (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres fechas de muestreo (media ± desviación estándar).

Cuadro 2. Composición próximal del tubérculo de jícama, por 100 g en peso Fresco a diferentes épocas de muestreo.

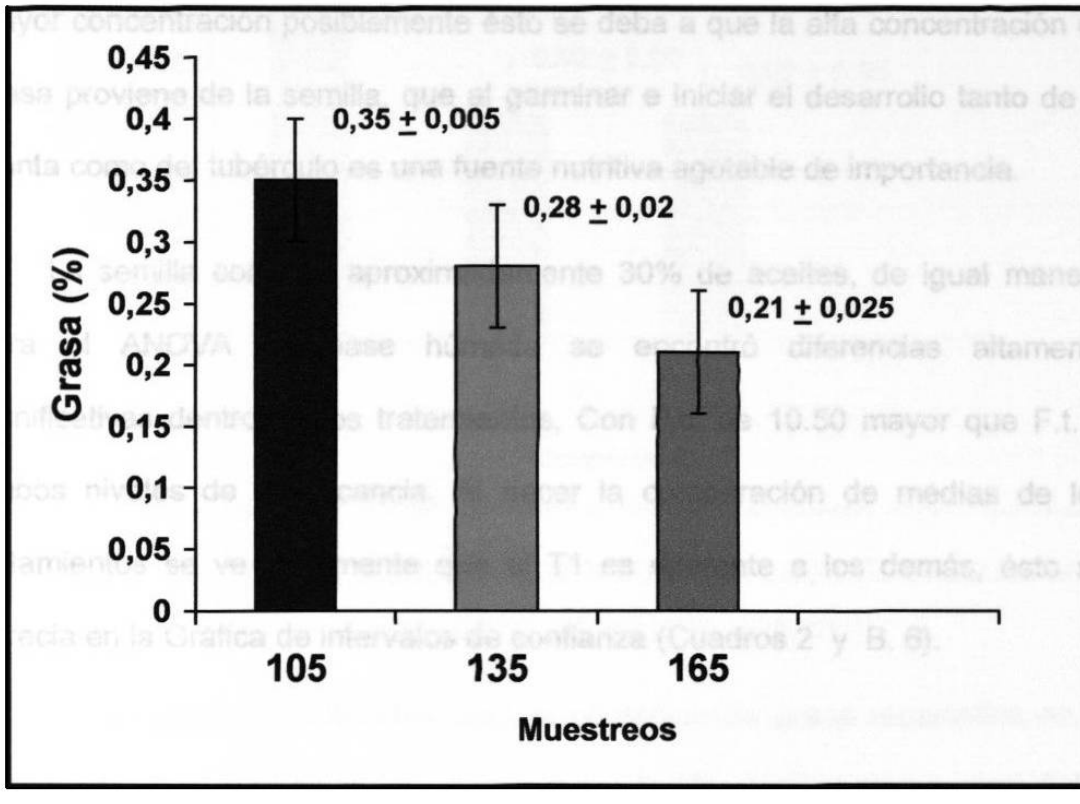
Tiempo de muestreo (días)

Variables	**105**	**135** X ± D:E ♦	**165**	μ	σ	**Significancia**
Humedad	89.07 ± 0.07	91.31 ± 2.67	88.83 ± 1.09	**89.73**	± 1.39	*
Materia Seca	10.93 ± 0.07	8.69 ± 1.17	11.17 ± 0.92	**10.29**	± 1.38	*
Cenizas	0.31 ± 0.07	0.18 ± 0.04	0.28 ± 0.05	**0.25**	± 0.07	**NS**
Grasa	0.04 ± 0.00	0.02 ± 0.05	0.02 ± 0.05	**0.03**	± 0.008	**
Proteína	0.56 ± 0.19	0.50 ± 0.06	0.82 ± 0.21	**0.62**	± 0.210	**NS**
Fibra cruda	1.02 ± 0.24	0.67 ± 0.5	0.84 ± 0.11	**0.84**	± 0.201	**NS**
ELN	9.00 ± 0.37	7.32 ± 0.94	9.21 ± 0.73	**8.50**	± 1.1	*

NS: no significativo
* (P< 0.05) diferencia significativa
** P(<0.01) diferencia altamente significativa
♦ media ± desviación estándar (n = 9)

Grasa

El contenido del extracto etéreo para los tubérculos de jícama encontradas en este experimento se encuentran en el Cuadro 1.



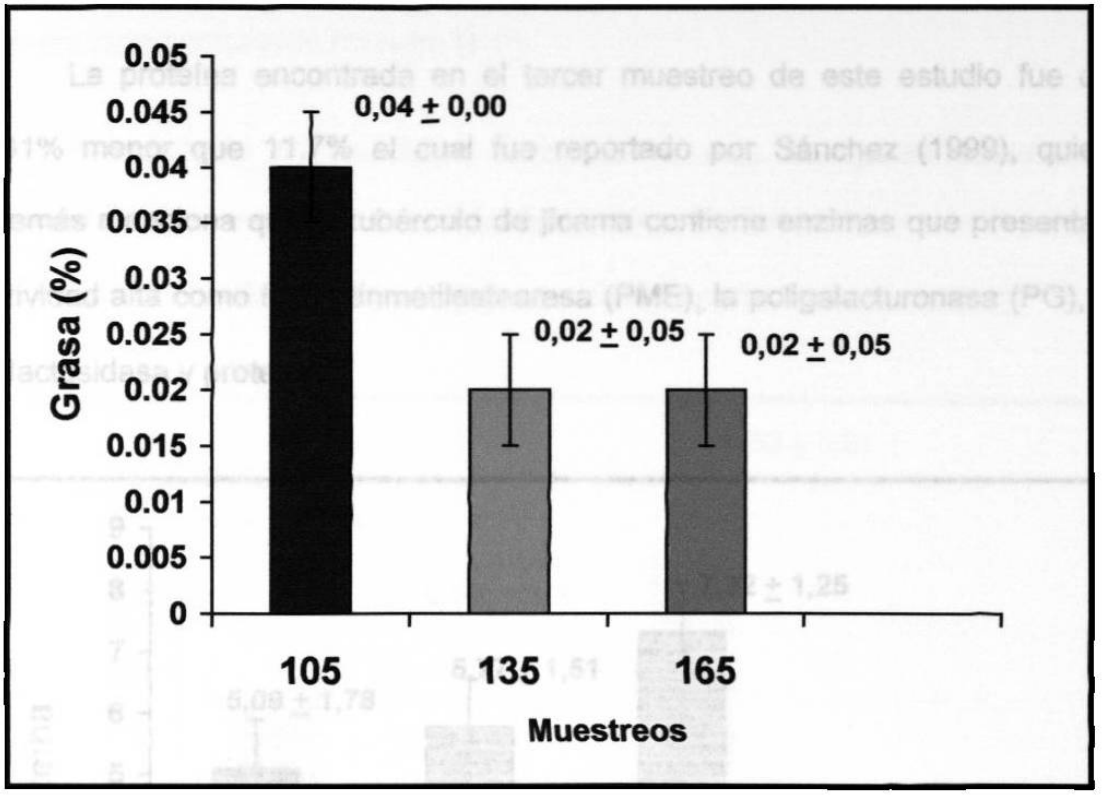
Gráfica 4. Contenido de Grasa (%) base seca del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Conforme al ANOVA para el extracto etéreo base seca se encontró una diferencia altamente significativa entre los muestreos, a ambos niveles de significancia, donde se obtuvo una F.c. de 42.030 mayor que el F tabulado (Cuadro B.5).

La comparación de medias entre los tratamientos 1-3, 1-2 y 2-3 resultaron ser diferentes estadísticamente. Al Observar la gráfica de intervalos de confianza para la grasa en base seca denota que las medias de los tratamientos son diferentes (Cuadro B. 5).

Observando la gráfica 4, el contenido de grasa inicialmente fue el de mayor concentración posiblemente ésto se deba a que la alta concentración de grasa proviene de la semilla, que al germinar e iniciar el desarrollo tanto de la planta como del tubérculo es una fuente nutritiva agotable de importancia.

La semilla contiene aproximadamente 30% de aceites, de igual manera para el ANOVA en base húmeda se encontró diferencias altamente significativas dentro de los tratamientos, Con F.c. de 10.50 mayor que F.t. a ambos niveles de significancia. Al hacer la comparación de medias de los tratamientos se ve claramente que el T1 es diferente a los demás, ésto se aprecia en la Gráfica de intervalos de confianza (Cuadros 2 y B. 6).



Gráfica 5. Contenido de grasa (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

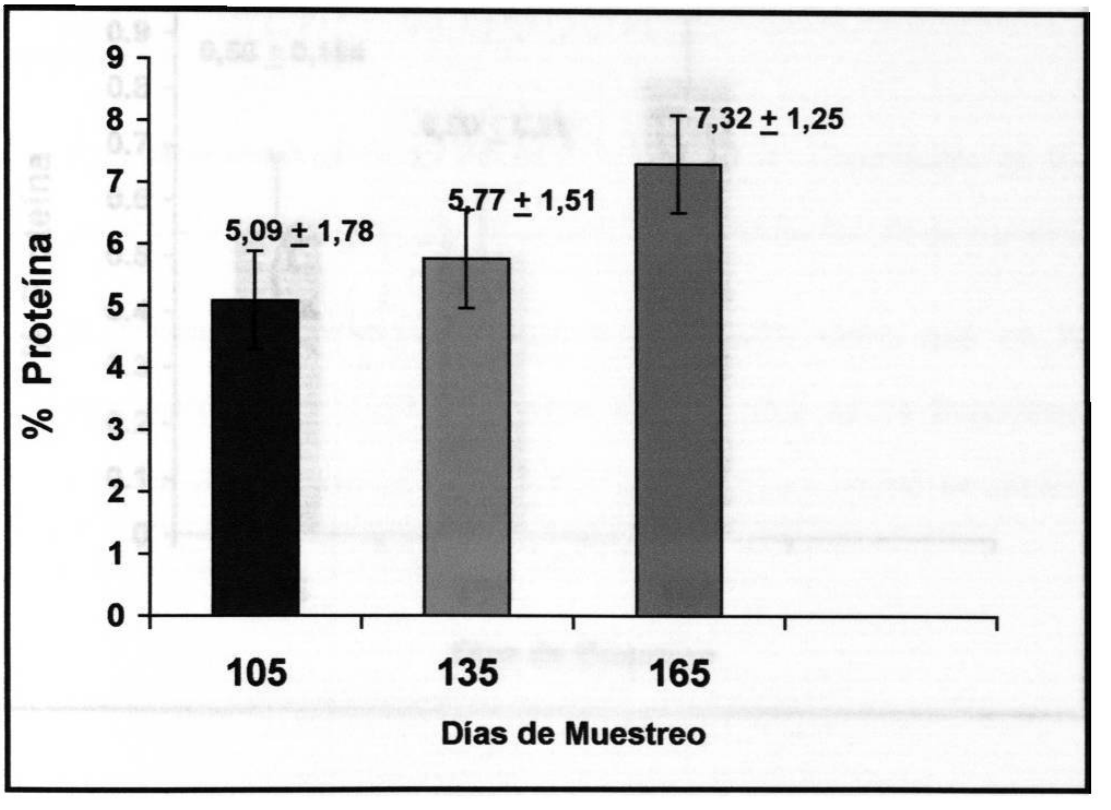
Los resultados obtenidos para el contenido de grasa reportados en el Cuadro 2, coinciden con los de la literatura, donde se dan valores entre 0.1 a 0.8% en muestras obtenidas al tiempo de cosecha, lo cual puede estar influenciado por diversos factores externos (Sorensen, 1990).

Proteína

Los resultados obtenidos para la proteína en base seca se muestran en el cuadro 1. Los resultados del análisis de varianza para esta variable muestran

una Fc de 2.344 menor a 5.4 Ft, indicando con esto que no hay diferencias significativas entre los muestreos (Cuadro B. 7).

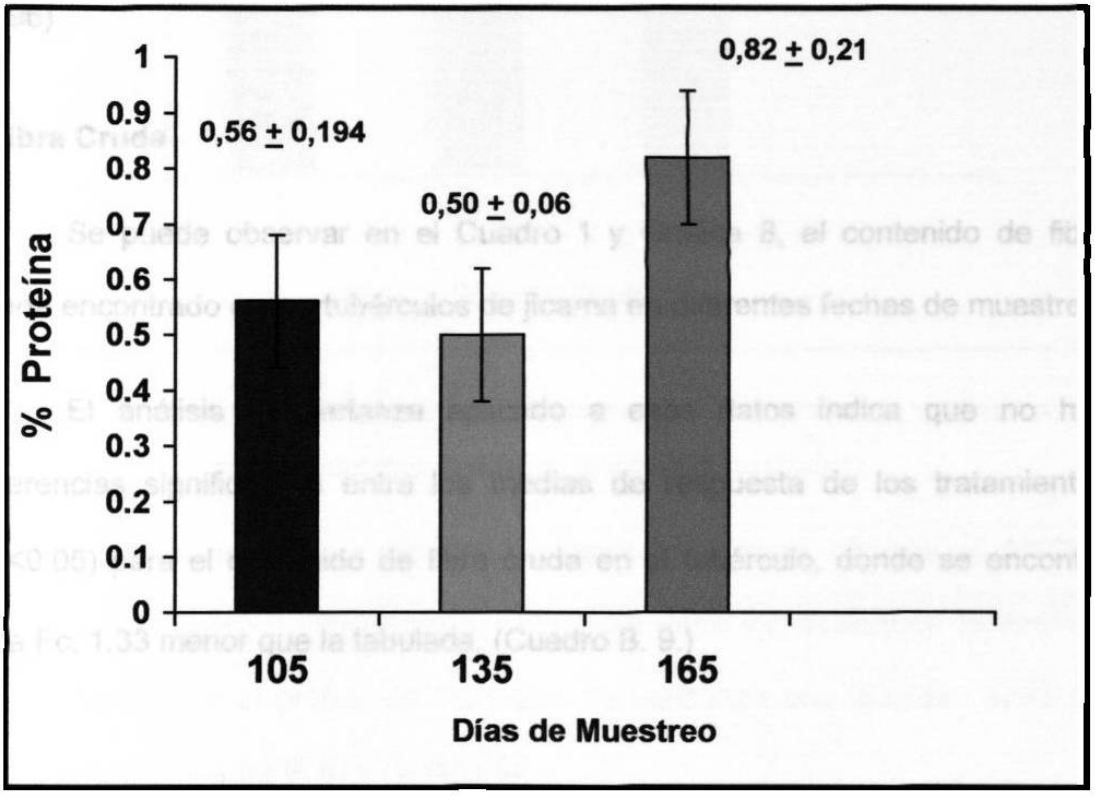
La proteína encontrada en el tercer muestreo de este estudio fue de 7.31% menor que 11.7% el cual fue reportado por Sánchez (1999), quien además menciona que el tubérculo de jícama contiene enzimas que presentan actividad alta como la pectinmetilestearasa (PME), la poligalacturonasa (PG), β galactosidasa y proteasa.



Gráfica 6. Contenido de proteína (%) base seca del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Los resultados obtenidos para la proteína en base húmeda revelan un comportamiento similar, las medias entre los tratamientos no presentan diferencias significativas (Cuadro B. 8).

No obstante en los datos obtenidos de este trabajo se observó la tendencia a incrementar el contenido de proteína, conforme transcurre el tiempo de desarrollo del tubérculo, tanto en base húmeda como seca (Cuadro 2).



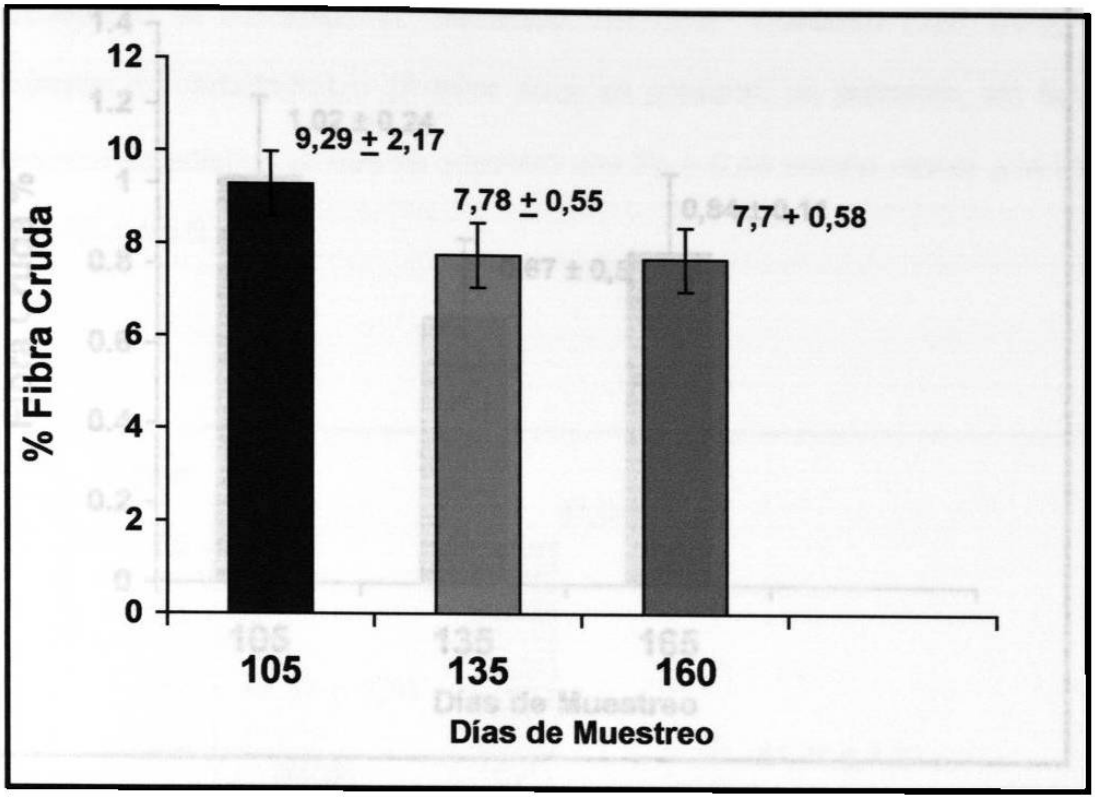
Gráfica 7. Contenido de proteína (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Comparando los datos obtenidos con los reportados en la literatura, son valores ligeramente menores, Neg et al (1936) reporta 1.5 g/100 g de muestra fresca. Portefield (1951) muestra valores de 2.2 % y Martínez (1936) 1.6 % de proteína en tubérculos de jícama. National Academy of Sciences (1999) reporta valores de 1.1% de proteína. Estas diferencias encontradas pudieran depender de diversos factores, como la variedad, tipo de suelo, región, labores culturales, época de siembra, métodos de riego etc. (autores revisados por Sorensen, 1996).

Fibra Cruda

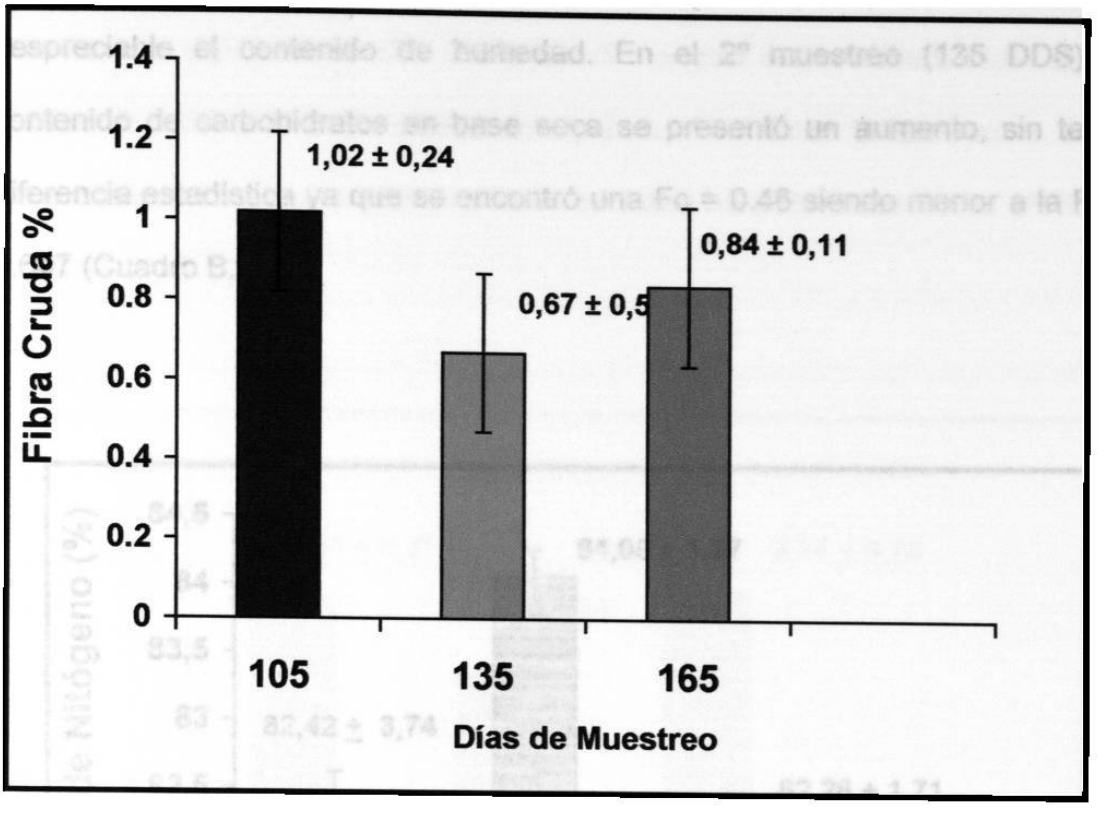
Se puede observar en el Cuadro 1 y Gráfica 8, el contenido de fibra cruda encontrado en los tubérculos de jícama en diferentes fechas de muestreo.

El análisis de varianza aplicado a esos datos indica que no hay diferencias significativas entre las medias de respuesta de los tratamientos ($P<0.05$) para el contenido de fibra cruda en el tubérculo, donde se encontró una Fc. 1.33 menor que la tabulada. (Cuadro B. 9.)



Gráfica 8. Contenido de fibra cruda (%) base seca del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

De igual manera en los datos obtenidos en base húmeda el ANOVA indica que no existen diferencias significativas entre los muestreos realizados. Coincidiendo con la gráfica de intervalos de confianza una igualdad entre los tratamientos (Cuadro B.10 y Gráfica 9).



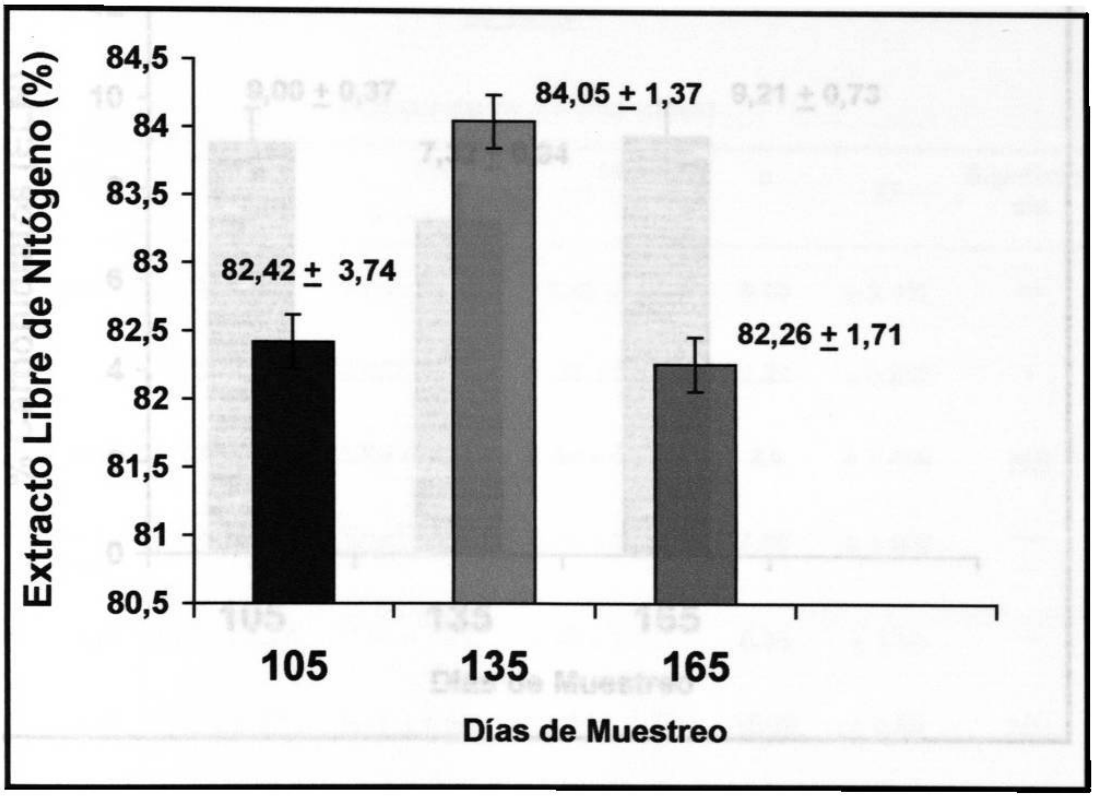
Gráfica 9. Contenido de fibra cruda (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Los datos encontrados en este estudio (μ = 0.77) coinciden con los reportados en la literatura para fibra cruda. Sorensen (1990) reporta un valor promedio de 0.7 % de fibra cruda. en otros estudios se reportan valores de 0.6% a 0 9 % de fibra cruda (Sorensen, 1996).

Extracto Libre de Nitrógeno (Carbohidratos)

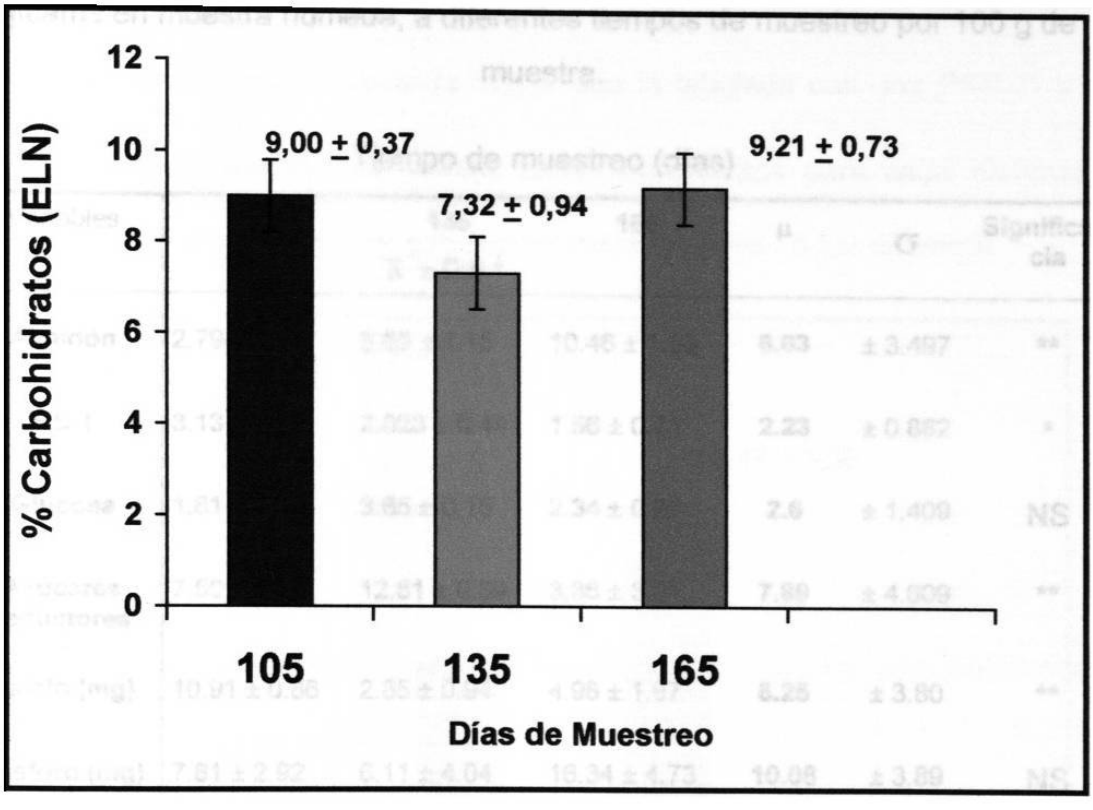
El Contenido de Extracto Libre de Nitrógeno encontrado en los diferentes muestreos se dan en el Cuadro 1.

Los carbohidratos se calcularon por diferencia, considerando despreciable el contenido de humedad. En el 2° muestreo (135 DDS) el contenido de carbohidratos en base seca se presentó un aumento, sin tener diferencia estadística ya que se encontró una Fc = 0.46 siendo menor a la Ft = 0.647 (Cuadro B. 11).



Gráfica 10. Contenido de carbohidratos (extracto libre de nitrógeno) (%) base seca del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

De igual forma para la muestra en base húmeda, los resultados indican que no son significativas (P< 0.05) las diferencias entre tratamientos. En la gráfica de intervalos de confianza se aprecia claramente la semejanza entre ellos, para ambas presentaciones tanto en base húmeda como seca, (ANOVA Cuadros 2 y B.12).



Gráfica 11. Contenido de carbohidratos (ELN) (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

El contenido de carbohidratos reportados muestran valores entre 6.5 a 14.9% (Sorensen, 1990), coincidiendo con los obtenidos en este trabajo (Cuadro 2 y Gráfica 11), los valores están en un amplio rango, probablemente se deba a las diferentes reacciones que se llevan dentro del tubérculo, puesto

de que es un ser vivo y sufre transformaciones constantemente. Y pueden estar influenciados por el origen de las muestras, variedad, localidad, época de siembra, suelo, etc.

2. Análisis fisicoquímicos del tubérculo de jícama

Cuadro 3. Otros parámetros de la caracterización química del tubérculo de jícama en muestra húmeda, a diferentes tiempos de muestreo por 100 g de muestra.

Tiempo de muestreo (días)

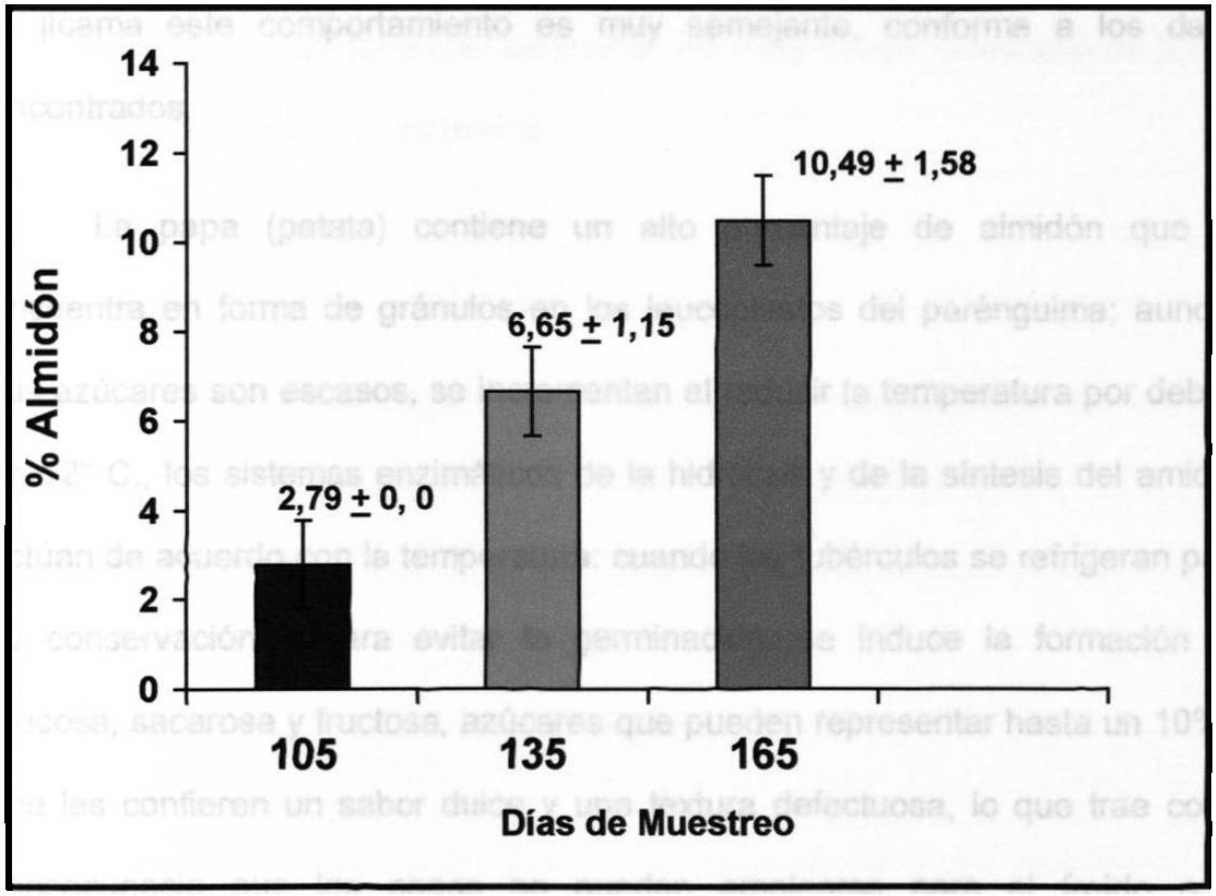
Variables	105	135 X ± D:E ♦	165	μ	σ	Significancia
Almidón	2.79 ± 0.0	6.65 ± 1.15	10.46 ± 1.58	**6.63**	± 3.497	**
F D T	3.13 ± 0.67	2.023 ± 0.44	1.56 ± 0.71	**2.23**	± 0.882	*
Glucosa	1.81 ± 0.19	3.65 ± 0.15	2.34 ± 0.27	**2.6**	± 1.409	NS
Azúcares reductores	7.50 ± 2.90	12.81 ± 0.39	3.36 ± 3.01	**7.89**	± 4.609	**
Calcio (mg)	10.91 ± 0.86	2.85 ± 0.94	4.98 ± 1.97	**6.25**	± 3.80	**
Fósforo (mg)	7.81 ± 2.92	6.11 ± 4.04	16.34 ± 4.73	**10.08**	± 3.89	NS
pH	4.70 ± 0.32	5.09 ± 0.40	5.34 ± 0.14	**5.04**	± 0.389	NS

NS: no significativo
* (P< 0.05) diferencia significativa
** P(<0.01) diferencia altamente significativa
♦ media ± desviación estándar (n = 9)

Almidón

El contenido encontrado para el almidón se muestran en el Cuadro 3 diferentes muestras.

Como se puede observar en el ANOVA (Cuadro 3 y B.13) se encontró una diferencia altamente significativa entre las medias de respuesta de los tratamientos para el contenido de almidón, a ambos niveles de significancia, donde se obtuvo una F calculada mayor que la tabulada con una $P<0.01$ y el análisis de comparación de medias entre tratamientos para cada contraste, indicando que el contenido de almidón en cada tratamiento fue diferente



Gráfica 12. Contenido de Almidón (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

Los datos obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados por Sorensen (1990) quien da rangos desde 2.1 a 10. 7 g/100 g de peso fresco, el valor difiere con la variedad y la madurez. Potter (1997) menciona que la composición de las hortalizas y frutas no sólo varía de acuerdo con las variedades botánicas, las prácticas de cultivo y el estado atmosférico sino que cambia con el grado de madurez

Las verduras tienen un nivel poco mayor de carbohidratos que las frutas, los frijoles, los chícharos y las papas, todos almacenan almidón y poseen altos niveles de carbohidratos. Cuando no han madurado contienen azúcar, pero a medida que maduran es reemplazado por el almidón (Charley, 1997) lo cual en la jícama este comportamiento es muy semejante, conforme a los datos encontrados.

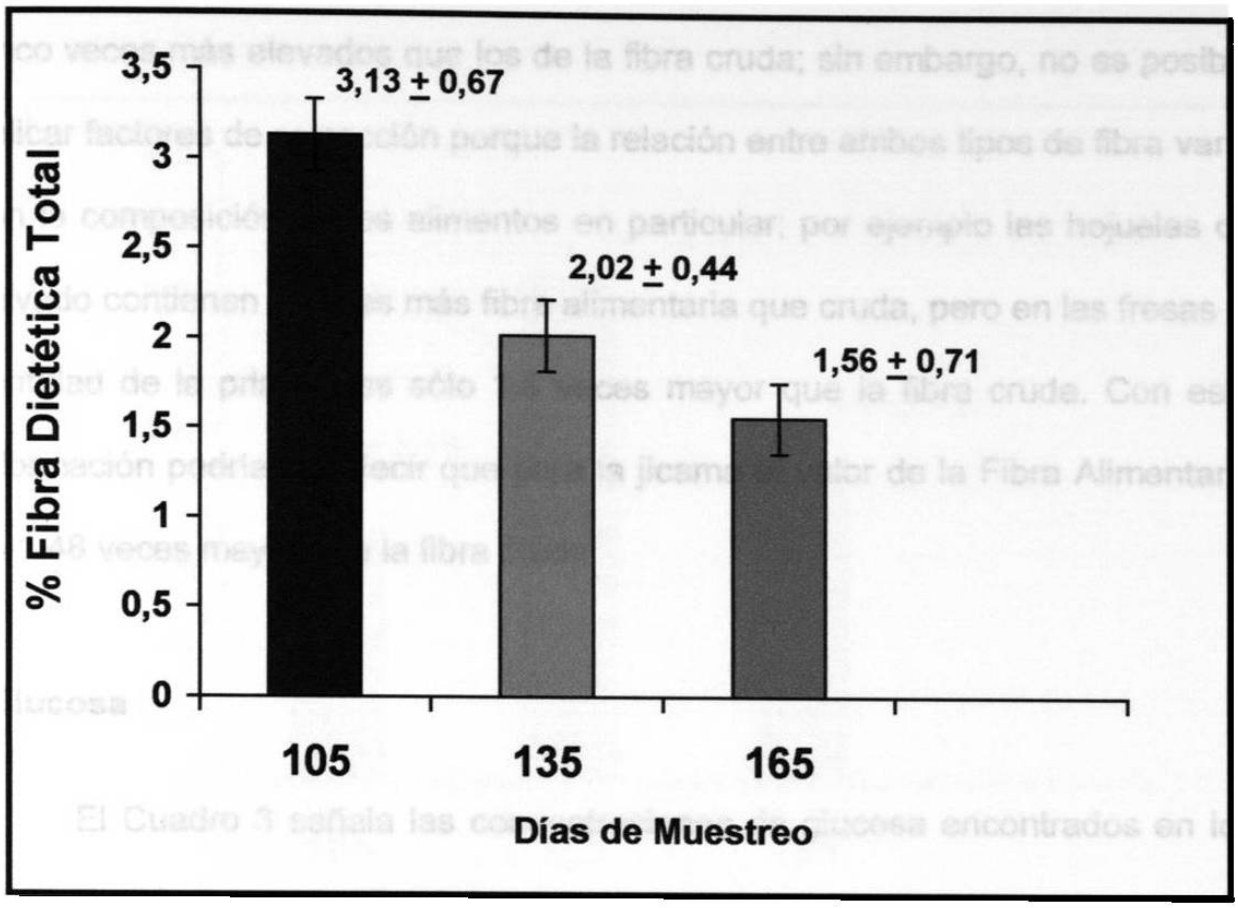
La papa (patata) contiene un alto porcentaje de almidón que se encuentra en forma de gránulos en los leucoplastos del parénguima; aunque sus azúcares son escasos, se incrementan al reducir la temperatura por debajo de 12° C., los sistemas enzimáticos de la hidrólisis y de la síntesis del amidón actúan de acuerdo con la temperatura: cuando los tubérculos se refrigeran para su conservación o para evitar la germinación, se induce la formación de glucosa, sacarosa y fructosa, azúcares que pueden representar hasta un 10% y que les confieren un sabor dulce y una textura defectuosa, lo que trae como consecuencia que las papas no puedan emplearse para el freído o la deshidratación debido a que favorece las reacciones de oscurecimiento. Por el contrario, al conservar los tubérculos por algunos días a 20-25°C se invierte el

proceso, ya que los azúcares, en estas condiciones se emplean para la síntesis del almidón; este estado es adecuado para utilizar las papas en el freído o la deshidratación (Badui, 1993).

Fibra Dietética Total

El contenido de fibra dietética total del tubérculo de jícama en los diferentes muestreos se presenta en el Cuadro 3 y Gráfica 13.

Los resultados del ANOVA (Cuadro B. 14), aplicado a esos datos indican que no son significativas (al nivel 0.05) las diferencias encontradas entre las medias de los tratamientos no son significativas al nivel de 0.05 La cantidad de fibra dietética total del tubérculo de jícama, en base fresca, disminuyó de 3.13 a 1.56% en los muestreos realizados.



Gráfica 13. Contenido de fibra alimentaria (%) base húmeda del tubérculo de jícama en tres muestreos (media ± desviación estándar).

La gráfica de Intervalos de confianza revela que los valores obtenidos presentan una disminución en el contenido de FDT conforme el tubérculo va desarrollándose (Cuadro B.14).

Según Mahan (1995), la fibra que contienen los alimentos se ha especificado como fibra cruda, descrita por los materiales que se digieren por ácidos y álcalis. Como la acción real de las enzimas digestivas es menos intensa, la cantidad de fibra que permanece después en el tubo digestivo del

hombre, es mucho mayor que la que se estima por el proceso de la fibra cruda. Los valores obtenidos en la fibra alimentaria o de la dieta, suelen ser de dos a cinco veces más elevados que los de la fibra cruda; sin embargo, no es posible aplicar factores de corrección porque la relación entre ambos tipos de fibra varía con la composición de los alimentos en particular; por ejemplo las hojuelas de salvado contienen 6 veces más fibra alimentaria que cruda, pero en las fresas la cantidad de la primera es sólo 1.6 veces mayor que la fibra cruda. Con esta información podríamos decir que para la jícama el valor de la Fibra Alimentaria es 1.48 veces mayor que la fibra cruda.

Glucosa

El Cuadro 3 señala las concentraciones de glucosa encontrados en los tubérculos de jícama analizados.

Observando la Gráfica 14, en el muestreo 2 (135 DDS) se obtuvieron valores ligeramente más altos, que coinciden con los reportados por Tadera *et al* (1984) para muestras cosechadas a su tiempo de madurez. Y caen dentro de los valores reportados en Sorensen (1996) (1.7 – 3.4 por 100 g de muestra).

El comportamiento en el contenido de azúcares reductores fue similar para todos los tratamientos (Cuadro B. 15) al hacer el análisis estadístico para los tres muestreos no se encontró diferencia significativa ($P>0.05$), los valores promedio de los tres tratamientos son relativamente iguales entre sí, aún comparándolos numéricamente se encuentran muy cercanos uno del otro, a la