

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y EPOCA DE
SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ENDIBIA
(*Cichrorium intibus*) PARA PRODUCCIÓN DE AZUCAR**

Tesis presentada a la Facultad de
Ciencias Agropecuarias y
Forestales de La Universidad de
La Frontera como parte de los
requisitos para optar al título de
Ingeniero Agrónomo.

RODRIGO JAVIER ESCALONA VILLABLANCA

PROF. GUÍA: RODOLFO PIHAN SORIANO.

JUAN CARLOS GARCIA DIEZ

TEMUCO – CHILE

2004

**EFFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA Y EPOCA DE
SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE ENDIBIA
(*Cichrorium intibus*) PARA PRODUCCIÓN DE INULINA**

PROFESOR PATROCINANTE : Sr. Rodolfo Pihán Soriano
Ingeniero Agrónomo
Depto. Producción Agropecuaria
Universidad de La Frontera

PROFESOR CONSEJERO : Sr. Juan Carlos García Díez
Ingeniero Agrónomo
Depto. Producción Agropecuaria
Universidad de La Frontera

CALIFICACIÓN PROMEDIO TESIS :

ÍNDICE DE MATERIAS

	CAPÍTULO	PÁGINA
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Antecedentes generales	3
2.2	Caracterización de la Endibia	4
2.2.2	Requerimientos edafoclimáticos	5
2.3	Importancia del cultivo en Chile y a nivel mundial	6
2.4	Definición y clasificación de los hidratos de carbono	6
2.4.1	Oligosacáridos de importancia alimenticia	7
2.4.2	Oligosacáridos no digeribles	8
2.4.2.1	Las inulinas	9
2.4.2.2	Fórmula química	9
3	MATERIALES Y METODOS	12
3.1	Materiales	12
3.1.1	Ubicación del ensayo	12
3.1.2	Características edafoclimáticas	12
3.1.3	Análisis químico del suelo	12
3.1.4	Cultivares	14
3.1.5	Materiales	14
3.2	Métodos	14
3.2.1	Manejo agronómico del ensayo	14
3.2.2	Manejo en laboratorio	15
3.2.3	Medición de los azúcares reductores	15
3.2.4	Análisis de los azúcares por HPLC	16
3.2.5	Distribución del ensayo y diseño experimental	16
3.2.6	Evaluaciones	17

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	18
4.1	Comportamiento d ela producción	18
4.2	Componentes del rendimiento de la Endibia	19
4.2.1	Peso de la raíz	19
4.2.2	Calibre de la raíz principal	20
4.3	Comportamiento de las concentraciones de diferentes azucares	22
4.3.1	Azucares reductores	22
4.3.2	Azucares reductoras totales	23
4.3.3	Sacarosa	24
4.3.4	Glucosa	25
4.3.5	Fructosa	26
4.4	Comportamiento de la producción de azucares	27
4.4.1	Sacarosa	27
4.4.2	Glucosa	28
4.4.3	Fructosa	29
4.4.4	Inulinas	30
5	CONCLUSIONES	32
6	RESUMEN	33
7	SUMARY	34
8	LITERATURA CITADA	35
9	APÉNDICE	39

1. INTRODUCCIÓN

La achicoria (*Cichorium intybus* var. *foliosum*) es una planta herbácea de la familia de las Compuestas (Compositae) o Asteráceas (Asteraceae), nativa de Europa y naturalizada en América del Norte. Es una planta amarga, las raíces se usan como sucedáneo del café (achicoria), las hojas tiernas se pueden consumir en ensalada y se han desarrollado variedades de cultivo para uso hortícola e industrial (endibias). Algo característico de las raíces de endibia es que estas tienen un alto contenido en inulina y pueden ser una fuente potencial de obtención de fructosa. Puede ser tóxica consumida en grandes cantidades.

En los últimos quince años en Europa se ha desarrollado el uso de esta planta como cultivo industrial, con el objeto de producir inulina y fructosa, azúcares con una alta demanda y valor económico. En Chile se han desarrollado proyectos de investigación y desarrollo que han permitido el establecimiento de este proceso. El año 2004 se inició en la VIII región un proyecto que contempla la construcción de una planta industrial para la obtención de estos azúcares, con una capacidad para procesar la producción raíces de 6.000 hectáreas; la inversión total es de alrededor de 200 millones de dólares.

Por lo anteriormente señalado, existe un interés creciente a nivel regional por propagar e investigar este cultivo. Esto también ha influido en el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar el establecimiento de la endibia.

Por otro lado, en Chile el tema es relativamente nuevo, por ser una hortaliza poco conocida. Por lo tanto, la orientación productiva industrial, debiera dirigirse hacia mejorar las condiciones agronómicas de este cultivo para aumentar la productividad y calidad del producto. La producción nacional para abastecer la industria se concentrará en el área comprendida entre Chillán y Mulchén, debido a que los estudios preliminares realizados por la Planta Industrial determinaron la factibilidad de obtener mejores rendimientos y calidad en esta zona.

En este contexto se estableció un ensayo, durante la temporada 2001/2002 en la Estación Experimental Las Encinas perteneciente a la Universidad de La Frontera; localizada a 1500 m de la casa central de la Universidad, en calle Avenida Las Encinas; en la comuna de Temuco, provincia del Cautín (38°45' LS y 72°35' LO a 90 m.s.n.m.).

Como hipótesis de trabajo se plantea que, frente a cambios de fertilización nitrogenada y época de siembra, estas no influyen en los niveles de azúcares e inulinas.

El Objetivo general consiste es:

- Determinar el rendimiento de raíces de endibia para la industria.

Los Objetivos específicos consisten en:

- Evaluar la respuesta de la concentración de distintos azúcares bajo cuatro niveles de aplicación de nitrógeno
- Evaluar el comportamiento de la concentración de distintos azúcares en dos épocas de siembra.

2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1. Antecedentes generales.

La endibia (*Cichorium intybus* L.) también conocida como “Achicoria de Bruselas”, “endibia Francesa”, “endibia de Bélgica”, “Achicoria Witloof” o simplemente “Witloof” (Alvarado, 1998), tiene como ancestro la achicoria silvestre (var. *Silvestris*), planta que crece en toda Europa, Africa del Norte, Afganistán y Siberia (Tronickova, 1986).

Según Giaconi (1995), la achicoria silvestre sería originaria de Asia, pasando a Europa donde fue objeto de mejoramiento genético, dando lugar a una hortaliza de fina calidad, muy solicitada en las mejores mesas.

La achicoria de Bruselas o chicoria Witloof pertenece a la familia Compositae (compuesta), subfamilia Lactucoideae, tribu de las Cichorieae, género *Cichorium* y especie *intybus* (L.). En Chile el nombre vulgar “endibia” usado para la especie (*Cichorium intybus* var. *foliosum*), lamentablemente se trata de una equivocación histórica, que no se ha cometido en otros países de habla hispana, en los cuales la palabra “endibia” se reserva para *Cichorium endivia*, que es la achicoria escarola o rizada. En España y otros países hispano parlantes el nombre vulgar de la especie (*Cichorium intybus* var. *foliosum*) es achicoria (IRSIA, 1987).

Havaux (1992), señala que las achicorias son plantas de la familia de las compuestas que los botánicos han clasificado en dos especies.

- *Cichorium endivia*: Achicorias escarolas y crespas.
- *Cichorium intybus*: Achicorias amargas.

Esta última especie se reagrupa en tres formas de utilización descritas por Coninck *et al.*, 1977; Leteinturier, 1983 y Havaux, 1992.

2.2. Caracterización de la endibia.

La endibia es una planta bianual, que posee un sistema radical conformado por una raíz primaria pivotante, larga, de forma cónica o fusiforme, pilosa o glabra, de color beige, que puede llegar a alcanzar un largo de 30 a 70 cm (Rabau *et al.*, 1987; Maroto, 1994).

Durante la primera temporada (etapa vegetativa) el sistema caulinar de la planta presenta un tallo comprimido, sobre el cual se disponen hojas de desarrollo basal y en un número que oscila entre 15 y 25, durante la fase generativa las hojas son alternadas, glandulares y ciliadas (IRSIA, 1987).

En el segundo año del cultivo, se desarrolla un tallo floral principal y tallos secundarios con una altura de uno o dos metros, diferenciando en los ápices los capítulos florales en respuesta a las bajas temperaturas invernales (Rabau *et al.*, 1987).

La inflorescencia es un capítulo en el cual se agrupan de 18 a 42 flores, liguladas, perfectas y comúnmente de color azul o celeste, presentándose raramente flores blancas o rosadas (Coninck *et al.*, 1977).

La endibia es una especie que presenta caracteres de autoincompatibilidad que dificultan la autofecundación, a causa de esto presenta polinización cruzada, realizada principalmente por abejas (Hanson *et al.*, 1991).

La raíz de la endibia, se caracteriza por su material de reserva, la inulina. El total de inulina puede alcanzar el 15 % de la materia fresca. La inulina localizada en las vacuolas representa reservas fácilmente disponibles y juega un rol fisiológico importante en el metabolismo de la planta.

De acuerdo a los reportes existentes las raíces contienen dos tipos de enzimas; las que forman los polímeros y aquellas que la degradan. Se ha reportado que la enzima fructan-exohidrolasa es activa cuando las raíces son una fuente fisiológica y cuando son cosechadas (De Roover *et al.*,

1996). Esta enzima remueve la fructosa terminal de la molécula del polímero lo que resulta en la liberación de fructosa y por lo tanto el grado de polimerización disminuye. Para efectos de comercialización, la presencia de ciertas enzimas disminuye el valor del producto como materia prima. Por tal motivo, el almacenamiento y procesamiento de las materias primas utilizadas debe ser el adecuado, con el fin de establecer el efecto de estas enzimas y conservar de mejor forma las propiedades de estos productos.

2.2.2. Requerimientos edafoclimáticos. La endibia es una planta rústica, resistente al frío, excepto durante la germinación (Pihan, 1988; Montoya, 1997), capaz de tolerar heladas débiles en otoño, cuando la planta está desarrollada (Hanson *et al.*, 1991); Por su parte Maroto (1994), señala que las heladas excesivamente intensas pueden provocar, tras un deshielo rápido, podredumbres del cuello de la raíz. Para obtener una germinación satisfactoria es conveniente elegir una fecha en la cual no haya riesgo de heladas (Bravo, 1989) y la temperatura del suelo sea superior a 9 °C (Pihan, 1988).

Como temperatura óptima de crecimiento se señala el rango comprendido entre 15 - 20 °C y como máximo 26 °C (Ciren, 1995). Niveles térmicos inferiores a los 8 °C detienen el crecimiento de la planta (Maroto, 1994).

A pesar de que la endibia se adapta a distintos tipos de suelos, se deben cumplir algunos requisitos generales para asegurar una óptima producción (Bravo, 1989; Havaux, 1992); por esta razón los mejores suelos deberán ser profundos, no pedregosos, de textura media a suelta, bien aireados y que permitan una penetración de la raíz en al menos 30 cm (Hanson *et al.*, 1991; Giaconi, 1995).

Se deben evitar los suelos mal drenados, compactados y con altos contenidos de arcilla, porque estas condiciones pueden contribuir a un pobre desarrollo de la raíz, y a la vez se dificultan las operaciones de siembra, cosecha mecánica y limpieza de las raíces (Hanson *et al.*,

1991; ³). El rango de pH aceptable para las endibias, dependiendo de la variedad cultivada, oscila entre 5,5 y 7,5 aún cuando se adapta a suelos con un pH entre 5,2 y 6,6 (Ciren, 1995; Giaconi, 1995). En cuanto al contenido de materia orgánica, Bravo (1989) señala que debe ser bajo (2-3%).

2.3. Importancia Del Cultivo En Chile y a Nivel Mundial.

Este cultivo industrial está teniendo gran interés a nivel mundial, debido a la creciente demanda por productos que sean beneficiosos para una dieta sana, por otra parte en Chile, se puede convertir en una real alternativa para la rotación de cultivos en la zona comprendida entre Chillán y Mulchén, debido a la construcción de una planta procesadora de endibia para extracción de azúcares.

2.4. Definición y Clasificación de los Hidratos de Carbono.

Los glúcidos o hidratos de carbono son uno de los nutrientes contenidos en los alimentos. También son las sustancias orgánicas más extendidas en la naturaleza. Son la principal fuente de energía de los seres vivos. Los hidratos de carbono están compuestos de C, H, O, y éstos últimos van en la proporción del agua, de ahí que se llamen hidratos. Las moléculas más elementales de los hidratos de carbono son los azúcares simples (monosacáridos), como la glucosa, fructosa y galactosa. Cuando se combinan dos azúcares simples se forma un azúcar doble (disacárido), como por ejemplo la sacarosa, maltosa y lactosa. También podemos encontrar oligosacáridos, que están formados por 3 a 10 monosacáridos. Entre los polisacáridos los hay digeribles para el hombre (almidón y glucógeno) y no digeribles, que constituyen lo que llamamos fibra alimentaria o fibra dietética (celulosa, hemicelulosa, pectina, agar-agar, gomas y mucílagos)².

² <http://es.geocities.com/bonidavi/nutri1.html>

2.4.1 Oligosacaridos de importancia alimenticia. A continuación se mencionarán diversos oligosacaridos ⁴.

- extracción de fuentes naturales (por ejemplo, inulina, oligosacáridos de soja), y tras un proceso de hidrólisis enzimática parcial (por ejemplo, xilo-oligosacáridos, oligofructosa, malto-oligosacáridos),
- síntesis a partir de disacáridos como la lactosa o sacarosa mediante la acción de enzimas (por ejemplo, transgalacto-oligosacáridos).

Los oligosacáridos no digeribles se encuentran de forma natural en los alimentos vegetales destinados a consumo humano. Y la ingesta diaria de oligosacáridos del tipo de la inulina se estima que es entre 1 y 4g al día.

La Comisión Europea ha llevado a cabo un proyecto (ENDO: European project on non-digestible oligosaccharides) con el fin de responder a la cuestión: ¿Son los oligosacáridos no digeribles ingredientes de alimentos funcionales?.

En la siguiente tabla se indican los distintos efectos que se atribuyen a los oligosacáridos no digeribles según los resultados de estudios realizados en humanos. Las pruebas se clasifican como fuertes (basadas en estudios confirmados en humanos), prometedoras (estudios en humanos que requieren confirmación), o preliminares (estudios de experimentación animal).

⁴ <http://www.alimentacion-sana.com.ar/Informaciones/alim.func.htm#>

Cuadro 2. Distintos efectos que se atribuyen a los oligosacáridos no digeribles.

EFEECTO	PRUEBAS (en humanos)
Probiótico e interacción con la flora intestinal	Fuertes
Regulación del tránsito intestinal	Fuertes
Incremento de la absorción de minerales	Prometedoras
Efectos sobre el metabolismo lipídico	Preliminares
Cáncer de colon	Preliminares

Fuente: <http://www.fatfree.com/cgi-bin/fatfree/usda/usda-10.cgi?chicory,%20witloof>

Diversos estudios sugieren que la ingesta de oligosacáridos no digeribles aumenta la absorción de minerales, en particular del calcio. Este hallazgo abre una nueva vía en la prevención de la osteoporosis. Respecto al efecto sobre el metabolismo lipídico, los datos disponibles no son suficientes, pero indican que una ingesta moderada de inulina y oligofructosa pueden afectar al metabolismo lipídico humano (reduciendo los niveles de triglicéridos en sangre). Otro efecto atribuido a los oligosacáridos no digeribles es la reducción del riesgo de cáncer de colon. Este efecto se ha demostrado en animales de experimentación, pero son necesarios estudios en humanos.

2.4.3 Oligosacáridos no digeribles. Los fructooligosacaridos (FOS) son oligosacaridos naturales que contienen fructosa y se encuentran en plantas como la Achicoria (raíz), las Dalias (raíz), cebollas, ajos, espárrago, plátano y alcachofas, entre otros muchos. Se componen de una cadena de unidades de fructosa con una unidad de glucosa terminal. La longitud de la cadena polimerica puede variar entre 2 y 10. La Oligofructosa (FOS) es definida como una fracción de oligosacáridos con grado de polimerización menor de 20, aunque los productos comerciales suelen tener un valor medio de nueve. Los fructooligosacaridos se extraen industrialmente de achicoria (Chicory root). Mediante extracción se obtiene la Inulina que se describe como un fructooligosacarido con un grado de polimerización de 20 a 60 monomeros de fructosa, reservándose el nombre FOS para

los productos obtenidos por hidrólisis enzimática de la inulina.que tienen un valor medio de 9 monomeros (Modler *et al.*, 1993).

2.4.3.1 Las inulinas. El carbono fijado por las plantas puede ser empleado en la síntesis de carbohidratos estructurales (celulosa, pectina) o en carbohidratos de reserva como sacarosa, almidón o fructanos. El almidón, polímero de glucosa, es lejos el polisacárido no estructural más común en el reino vegetal (Modler *et al.*, 1993).

2.4.3.2 Fórmula química. La Inulina y FOS son oligosacáridos (fibra soluble) que no son digeribles por las enzimas intestinales presentes en la superficie luminal del intestino delgado, alfa amilasas, sacarosas y alfa glucosidasas, por lo tanto, alcanzan el tracto final del intestino que a partir del ileon inferior contiene bacterias. La microflora intestinal presente es capaz de metabolizar preferentemente de forma anaerobia los fructooligosacaridos, dando lugar a productos de degradación tales como ácidos grasos de cadena corta, dióxido de carbono. aminoácidos de cadena corta y otros metabolitos. En los oligosacaridos, en general, este metabolismo microbiano puede producir secreción fluída, aumento de la motilidad intestinal y calambres, como consecuencia del aumento de la presión osmótica intraluminal, distensión del intestino o irritación de la mucosa intestinal. Estudios experimentales in vitro han demostrado que en el caso de los fructooligosacaridos son metabolizados selectivamente por las bifidobacteria, y que esta fermentación selectiva induce una disminución del pH del medio debido a la producción de grandes cantidades de lactato y acetato que inhiben el crecimiento de E. Coli y Clostridium y otras bacterias patógenas como listéria, shigella o salmonella. La fermentación selectiva de la inulina y FOS por las bifidobacterias tambien se ha demostrado en vivo mediante pruebas con voluntarios. La alimentación continuada con Inulina de 9 a 15 g/día en tres dosis diarias, produce un aumento de 6 a 22% en la población de bifidobacterias y disminución de E. Coli de 25 a 4% y clostridium de 1 a 0.2%. La población bacteriana total se mantiene constante, variando la correlación porcentual de las diferentes especies. La Inulina y FOS están siendo incluidos hoy en numerosos productos alimentarios humanos y animales por su efecto positivo como probiotico estimulante del crecimiento de la flora intestinal no patógena. Ha encontrado aplicación en

nutracéuticos y dietética, productos lácteos, alimentos para pequeños animales (Petfoods) y en menor medida en animales de producción (Modler *et al.*, 1993).

A diferencia del almidón los fructanos son polímeros de la fructosa. Su estructura varía de estructuras simples, correspondientes a las inulinas que ocurren en la familia asteraceae a las estructuras algo complicadas y ramificadas encontradas en la familia poaceae (Van Den Ende, 1996). Las inulinas son fructanos lineales unidos principalmente por enlaces β (2 $\rightarrow$ 1). Todos los fructanos presentes en las plantas dicotiledóneas y en algunas monocotiledóneas son de este tipo. Este grupo de fructanos se encuentra presente en el topinambur, que acumula compuestos con número creciente de 2 a 9 moléculas de fructosa (Modler *et al.*, 1993).

Dentro de cada planta individual, los fructanos parecen localizarse en la vacuola donde se acumulan, llegando a constituir más del 70% del peso seco de órganos específicos. Esta acumulación en tejidos vegetativos está típicamente asociada a procesos de “perennación” (Rodríguez, 1998).

Es incuestionable que la función primordial de los fructanos es actuar como carbohidratos de reserva. No obstante, el hecho de que solo un pequeño número de especies utilice estas moléculas, frente a la predominancia del almidón, hace pensar que la biosíntesis de fructanos podría conferir una ventaja selectiva en condiciones específicas. Por ello, se ha propuesto que estas moléculas podrían proteger a la célula vegetal de los efectos adversos de las bajas temperaturas al disminuir el punto de congelación del fluido celular (Rodríguez, 1998).

Dado que las enzimas del metabolismo de los fructanos son menos sensibles a las bajas temperaturas que las que intervienen en la acumulación del almidón, se ha sugerido que en determinadas condiciones el almacén energético en fructanos permite a las plantas resolver algunas limitaciones asociadas a la acumulación de almidón. La solubilidad de los fructanos depende del tamaño molecular (Rodríguez, 1998).

Los fructanos son clasificados como alimentos bajos en calorías, puesto que no son digeridos por los seres humanos; aunque son utilizados eficientemente como fuente de carbono por las bifidobacterias del colón (González y Suárez, 2002)

3. MATERIAL Y METODO

3.1 Materiales.

3.1.1. Ubicación del ensayo. La investigación se realizó durante la temporada 2001-2002 en la estación experimental “Las Encinas” del Instituto de Agroindustrias de la Universidad de La Frontera, ubicado en la comuna de Temuco, Provincia de Cautín, Novena Región de La Araucanía (38°45’ LS y 72°35’ LO a 90 m.s.n.m.) y en los Laboratorios ubicados en las dependencias del Instituto de Agroindustrias de la Universidad de La Frontera.

3.1.2. Características edafoclimáticas. El suelo corresponde a un Andisol de la serie Temuco, familia Temuco (Medial, mesic, Entic Dystrandep). Se caracteriza por poseer una posición fisiográfica de depresión intermedia y una posición topográfica plana con pendiente de 1 – 3 %. Su material parental se compone de cenizas volcánicas moderadas. Su profundidad efectiva es de 70 cm y posee drenaje bueno a imperfecto en áreas deprimidas. Su textura es media y su color predominante es el pardo muy oscuro (Mella y Kuhne, 1985).

3.1.3. Análisis químico del suelo. La caracterización química del suelo se realizó a partir de muestras tomadas a una profundidad de 20 cm, tres semanas antes de la siembra. La composición química del suelo previo al establecimiento del ensayo se presenta en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química del suelo previo al establecimiento del ensayo. Comuna de Temuco, IX Región. Temporada 2.000.

Parámetro	Contenido	Unidad
Nitrógeno	62	(ppm)
Fósforo	13	(ppm)
Potasio	231	(ppm)
Boro	0,48	(ppm)
pH H ₂ O	5,92	-
Materia Orgánica	15	(%)
Potasio	0,59	(meq/100 g)
Sodio	0,23	(meq/100 g)
Calcio	8,40	(meq/100 g)
Magnesio	1,74	(meq/100 g)
Aluminio	0,04	(meq/100 g)
C.I.C.E.	11	(meq/100 g)
Saturación de Aluminio	0,36	(%)
Zinc	0.70	(ppm)
Azufre	11	(ppm)

Fuente: Laboratorio de Análisis Químico de Suelos y Plantas. Instituto de Agroindustria. Universidad de La Frontera. Fósforo (Olsen); S disponible: extracción con $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 0,1 mol/L; Ca, Mg, K y Na intercambiable: extracción con $\text{CH}_3\text{COOOONH}_4$ 1 MOL/L A PH 7,0; Al intercambiable: extracción con KCl 1 mol/L; CICE: $\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K} + \text{Na} + \text{Al}$ intercambiables; Saturación de Al: $(\text{Al intercambiable} \times 100) / \text{CICE}$; Técnicas analíticas según norma de la CNA de la Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo

3.1.4. Cultivares. El cultivar utilizado fué: Witloof di Bruxelles, que corresponde a una variedad corriente de endibia

3.1.5. Materiales.

a. Materiales de campo: Los materiales de campo empleados en esta investigación fueron: motocultivador, pulverizador manual de espalda, azadón, rastrillo, surcador manual, balanza, raspador, bolsas de polietileno, laya, sacos de polietileno.

b. Materiales de Laboratorio: Los materiales de laboratorio empleados en esta investigación fueron: matraces, probetas, picetas, balanza, estufa de secado Memmert, pipetas, tubos de ensayo, placas petri, espectrofotómetro Spectronic, centrífuga, cromatógrafo (HPLC) Water Inc., baño Memmert, picadora, cubetas.

3.2. Método.

3.2.1. Manejo agronómico del ensayo. El suelo del ensayo es proveniente de pradera, se realizó un barbecho químico y fue preparado mediante el empleo de motocultivador. Previo a la siembra se niveló con rastrillo. Posteriormente fueron hechos los surcos con un arado surcador manual.

La siembra se realizó en dos épocas, la primera época de siembra fue el 4 de octubre de 2001, la segunda el 15 de noviembre del 2001 y se realizó en forma manual, depositando 2 a 3 semillas a la distancia de 6 cm sobre la hilera y 30 cm entre hileras, en parcelas de 1.5 por 3 metros.

Dentro de las épocas de siembra, se aplicaron tres niveles de fertilización nitrogenada, mas un testigo; correspondiendo a 0, 100, 200 y 300 UN /há; aplicándose el 50 % a la siembra y el restante 50%, 45 días después

Desde el 8 de diciembre de 1999 hasta el 27 de febrero del 2001, se utilizó riego por aspersión, el que se aplicó con una frecuencia de 4 días.

Posteriormente el control de malezas se efectuó en forma manual, una vez por semana, entre y sobre las hileras, lo que permitió mantener el cultivo libre de malezas.

La cosecha se realizó el 15 de abril de 2002, extrayéndose con laya las tres hileras centrales de cada parcela, desechando las hileras borde y la cabecera (0,5 m). Posteriormente todas las plantas fueron defoliadas a 2 – 3 cm sobre el cuello de las raíces. Para luego realizar las mediciones de las raíces, parcela por parcela.

3.2.2. Manejo en laboratorio. El contenido de humedad fue determinado termogravimétricamente en estufa de secado a 105 °C, hasta peso constante. Para la extracción de los azúcares, a 100 g de tubérculos previamente homogeneizados en un procesador, se le adicionó agua destilada en una proporción sólido: agua de 1: 1 para el producto húmedo. Los azúcares fueron extraídos a 70 °C durante 30 min. La mezcla fue centrifugada. Los análisis para la determinación del contenido de azúcares se realizó al sobrenadante.

3.2.3. Medición de los azúcares reductores. Para determinar la concentración de azúcares reductores (AR) se utilizó el análisis del DNS, descrito por Miller (1959). Este método se basa en la oxidación de los grupos aldehídos presentes en los azúcares reductores en presencia de ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS), el cual al ser reducido presenta una coloración anaranjada. La concentración de azúcares reductores se obtiene midiendo la absorbancia a 540 nm e interpolando en una curva de calibración construida a partir de soluciones patrones de glucosa, de concentraciones entre 0 y 1 g/L.

En un tubo de ensayo se colocan 100 µL de muestra y se adicionan 300 µL de reactivo DNS. Los tubos se colocan a baño a 100 °C durante 5 minutos. Se agregan 1,6 mL de agua destilada y se mide la absorbancia a 540 nm. La concentración de cada muestra se obtiene desde la curva de

calibración multiplicando por el factor de dilución correspondiente. El blanco se realiza siguiendo el procedimiento anterior, reemplazando los 100 μL de muestra por agua destilada.

La determinación de los azúcares reductores totales (ART), se realiza a través de hidrólisis ácida/alcalina previa a la determinación. Para ello se pipetea 1 mL de la muestra y se agregan 2 mL de HCl 1 N. Los tubos se colocan en un baño a 100 °C durante 10 minutos y se dejan enfriar. Se adicionan 2 mL de NaOH 1N y se completa hasta un volumen de 10 mL.

3.2.4. Análisis de los azúcares por HPLC. El análisis de cromatografía líquida de alta precisión (HPLC) permite determinar la concentración de inulinas, glucosa, fructosa y sacarosa, inyectándose 20 μL de la muestra diluida apropiadamente.

La detección fue realizada por índice de refracción (Waters, Inc, Mass, USA) mantenido a 50° C. La muestra fue inyectada a una columna Shodex KS-802 (Showa Denko KK, Tokio, Japón). La columna fue mantenida a 80 °C. Como fase móvil se usó agua a razón de 0,8 mL/min. El peso molecular de las diferentes fracciones de azúcares fue estimado a partir de los tiempos de retención calculados de la curva de calibración construida con el kit de estándares de polietilen glicol (Polymer Standards Service-USA Inc, Silver Spring, MD, USA).

Para el cálculos de las concentraciones se usó el software Chromatography Station for Windows (CSW v. 1.7, 1998) (DataApex, Prague, Czech Republic).

3.2.5. Distribución del ensayo y diseño experimental. El ensayo de campo ocupó una superficie total de 238 m² (17 x 14 metros), distribuyéndose cuatro bloques de repetición de 3 x 12 metros (36 m²), separados entre sí por un espacio de 1 m. Los bloques se dividieron en parcelas de 3 x 1,5m (4,5 m²) donde se sembraron al azar realizando al azar los distintos tratamientos de fertilización nitrogenada. Cada parcela o unidad experimental estuvo constituida por cinco hileras de plantas separadas a 0,3 m.

El diseño experimental correspondió a un diseño en bloques completamente al azar de dos factores (niveles de fertilidad y época de siembra) con cuatro repeticiones.

Los valores obtenidos experimentalmente, medidos en gramos/gramos de sólidos solubles (g/gss), fueron sometidos a un análisis de varianza y posteriormente la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$) a un nivel de significancia del 5%.

3.2.6. Evaluaciones. Se realizaron evaluaciones al momento de la cosecha de las raíces. Estas mediciones se realizaron con plantas cosechadas en las hileras centrales de cada parcela eliminando las hileras bordes y 50 cm a ambos extremos. Así la superficie cosechada fue de 1,8 m² (0,9 x 2 metros). Las mediciones fueron las siguientes:

- a) Número total de raíces cosechadas por m²
- b) Número de raíces útiles por hectárea, aptas para el forzado
- c) Peso promedio de la raíz (g)
- d) Rendimiento de las raíces (ton/ha)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentarán los resultados obtenidos del ensayo antes descrito.

Fuente de Variación	Rendimiento	Peso de la raíz	Calibre raíz principal
Dosis de Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.
Época de siembra	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción	n.s.	n.s.	n.s.

* = significativo

** = altamente significativo

n.s.= no significativo

4.1. Comportamiento de la producción (ton/ha).

En la figura 13, se puede apreciar que el promedio más alto obtenido correspondió a la interacción de la fertilización de 100 μ N con la primera época de siembra (40,90 ton/há.). Este resultado difiere estadísticamente con el promedio 9,51 ton/há. (obtenido por la interacción de la época 2 con 100 μ N) y con todos los resultados productivos obtenidos en la interacción de la época 2 con los tres niveles de fertilizantes, es decir, 0 μ N (10,21 ton/há), 200 μ N (10,69 ton/há) y 300 μ N (12,92 ton/há).

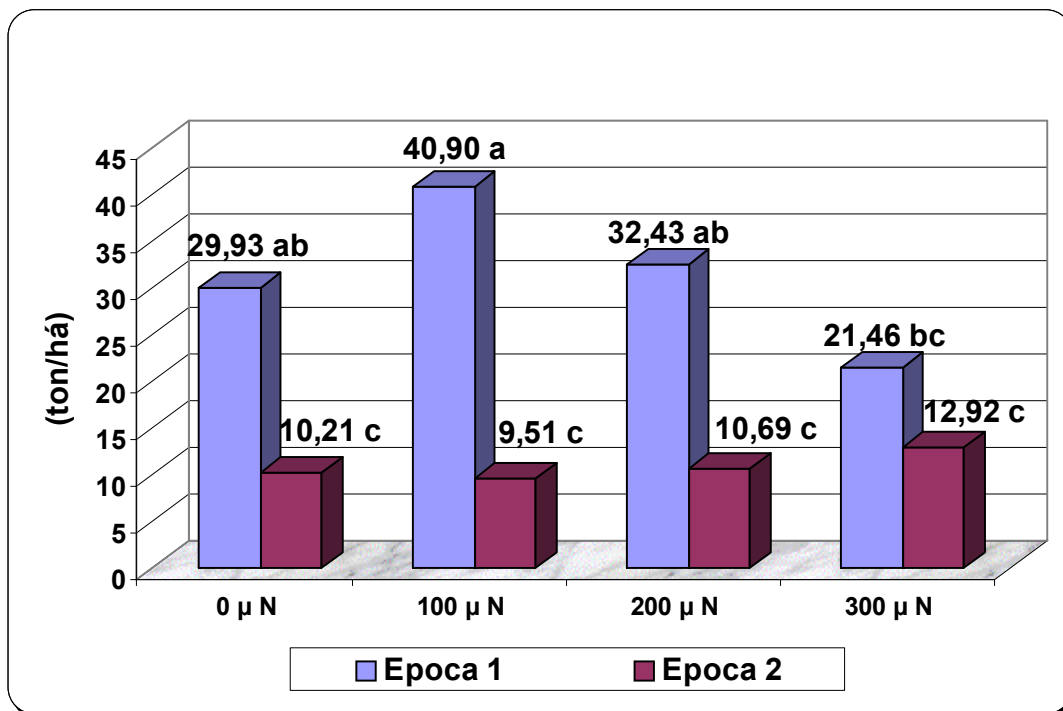


Figura 8. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno y dos épocas sobre la producción (ton/há) de endibia (*Cichorium intybus*).

De lo anterior, se desprende que en la interacción de la época 2 con los cuatro niveles de fertilizantes, los diferentes niveles de fertilizantes no influyeron en la producción durante la segunda época.

4.2. Componentes de rendimiento de la endibia (*Cichorium intybus*).

A continuación se mostraran los comportamientos del peso de raíz.

4.2.1. Peso de la raíz. Al analizar los resultados del ensayo se determina que el peso de la raíz no se vio afectado por la interacción de la fertilización con la época. Tampoco existieron diferencias de peso atribuibles a las épocas. Sin embargo, al analizar la fertilización nitrogenada (ver Anexo 1) se determinó que para este factor existieron diferencias significativas, logrando la

fertilización de 100 μ N el máximo peso (7,04 kg). En cambio, no existieron diferencias estadísticas entre el testigo (0 μ) y las dosis de 200 y 300 μ N respectivamente.

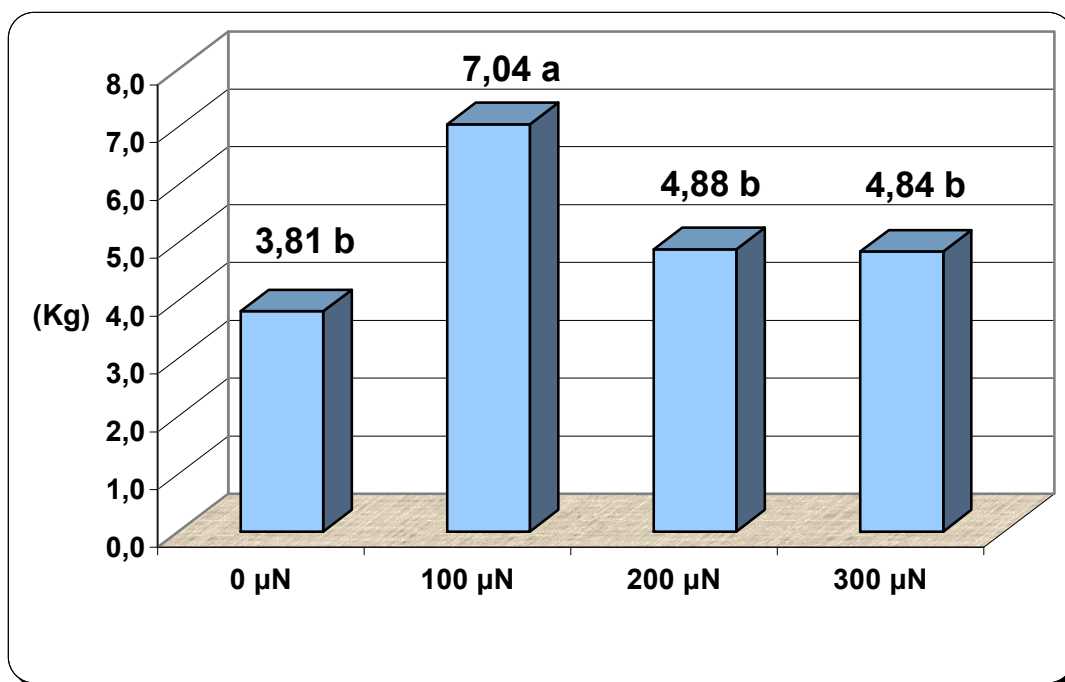


Figura 9. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno sobre rendimiento de endibia (*Cichorium intybus*).

4.2.2. Calibre de raíz principal. En lo concerniente al calibre de la raíz principal existieron diferencias estadísticas para las épocas de siembra (Cuadro 3A). En la época 1 la planta de endibia logró un calibre de 4,83 cm., mientras que en la segunda época el calibre llegó a los 4,28 cm.

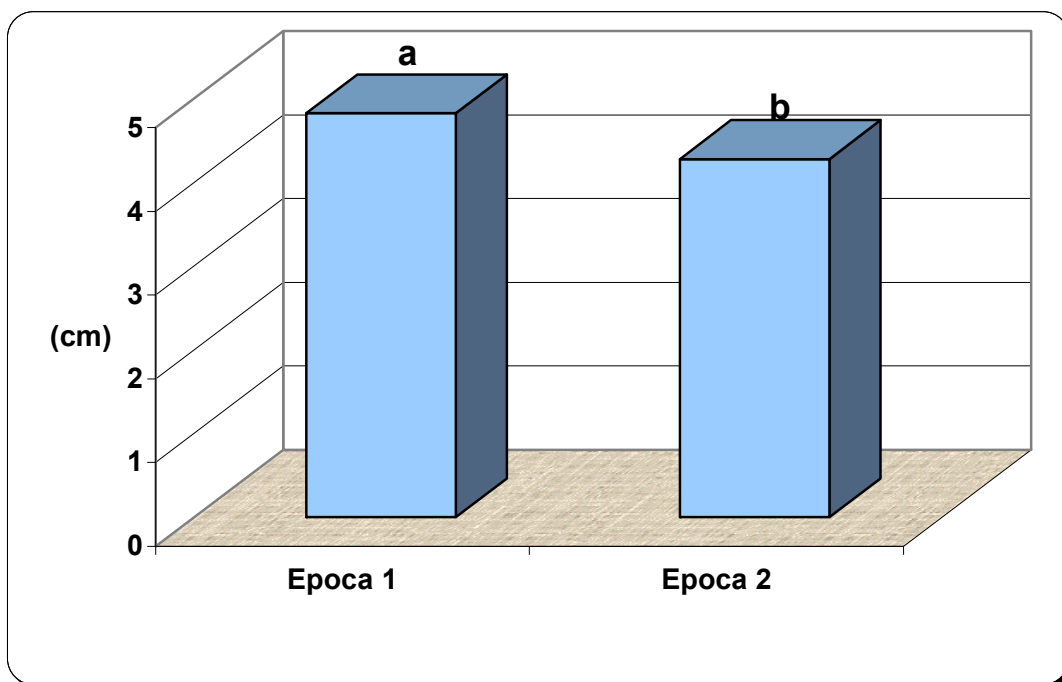


Figura 10. Efecto de dos épocas de siembra sobre el calibre de la raíz principal de endibia (*Cichorium intybus*).

4.3. Comportamiento de las concentraciones de diferentes azúcares respecto al nivel de fertilización nitrogenada.

Las azúcares a las cuales se les estudió su comportamiento fueron:

Azúcares reductores, azúcares reductoras totales, sacarosa, glucosa y fructosa.

4.3.1. Azúcares Reductores. A través de la figura 11 obtenida en la experiencia, se aprecia que que existió una correlación positiva entre el incremento de la fertilización nitrogenada y el nivel de Azúcares Reductoras (AR) expresado en g/gss.

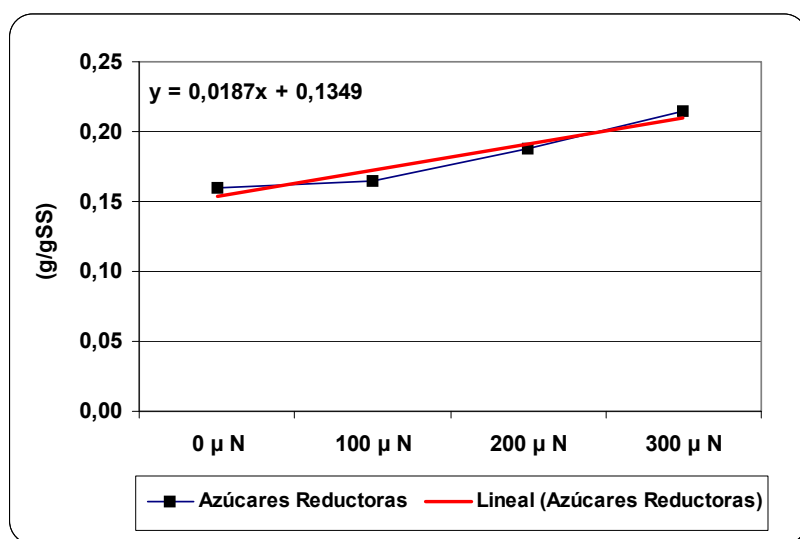


Figura 11. Concentración de Azúcares Reductoras (AR) bajo cuatro dosis de fertilizaciones.

En el caso de tubérculos de topinambur, a medida que se van degradando las moléculas de inulinas y fructooligosacáridos se sintetizan otros azúcares de menor peso molecular como la fructosa y glucosa -moléculas con poder reductor- por lo tanto el contenido de AR debería aumentar a medida que se avanza en el tiempo de cosecha (Shene, 2002).

4.3.2. Azúcares Reductoras Totales. Como se aprecia en la figura 12, existió una leve correlación positiva entre la fertilidad nitrogenada y la respuesta de concentración de Azúcares Reductoras Totales (ART).

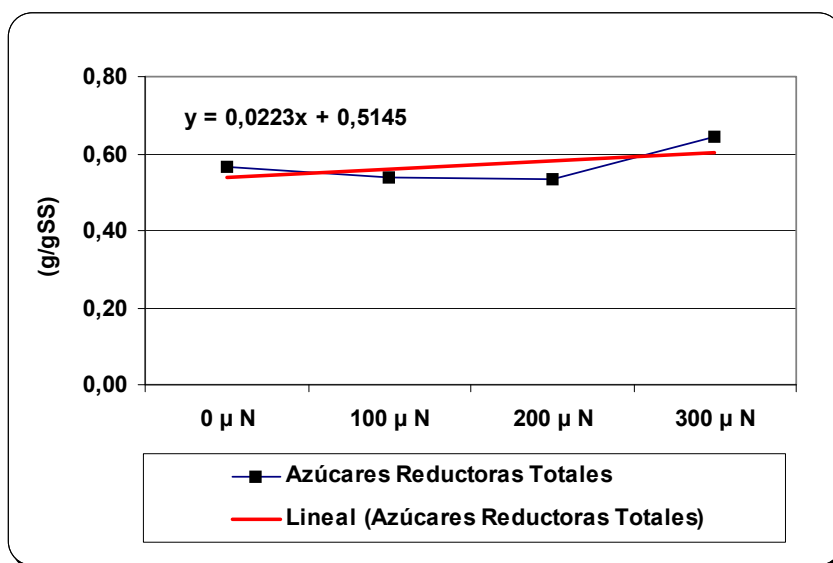


Figura 12. Concentración de Azúcares Reductores Totales (ART) bajo cuatro dosis de fertilizaciones.

Para el caso de tubérculos de topinambur en los Azúcares Reductores Totales no existe gran variación de los resultados producto de las dosis de nitrógeno ya que la muerte de la parte aérea de la planta podría causar la ausencia de producción de azúcares provenientes de la fotosíntesis (Shene, 2002)*.

* Shene, C. 2002. Ingeniero Civil Químico, Dr. en Cs. de la Ingeniería. Universidad de La Frontera. Comunicación personal.

4.3.3. Sacarosa. El nivel de sacarosa, en general, mostró una correlación positiva entre la concentración de este monosacárido respecto al incremento de la dosis de nitrógeno. También se observa en la figura 13 que a medida que aumenta la fertilización nitrogenada, la concentración de sacarosa tiende a ser más alta en el caso de la dosis 3 (300 u N).

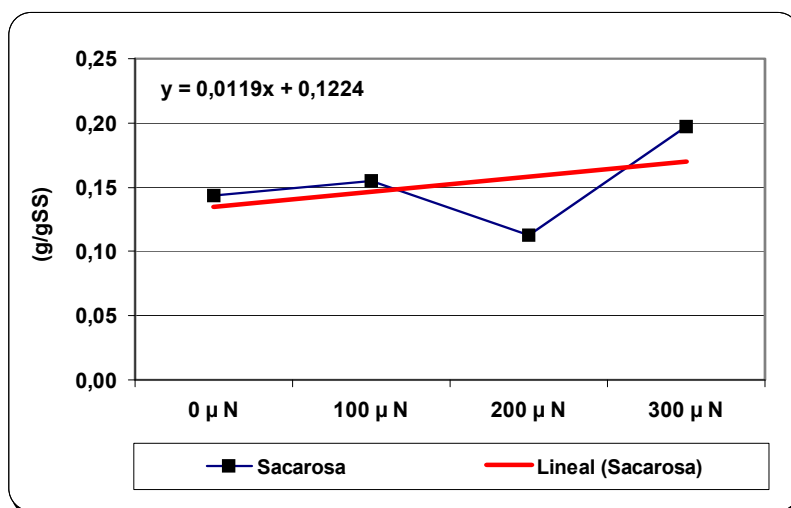


Figura 13. Concentración de sacarosa bajo cuatro dosis de fertilización nitrogenada.

4.3.4 Glucosa. Para este monosacárido la correlación positiva se observó de manera notoria en la figura 14. Esto significa que a medida que se aumenta la dosis de nitrógeno a 300 u N el nivel de glucosa se incrementa de manera notable.

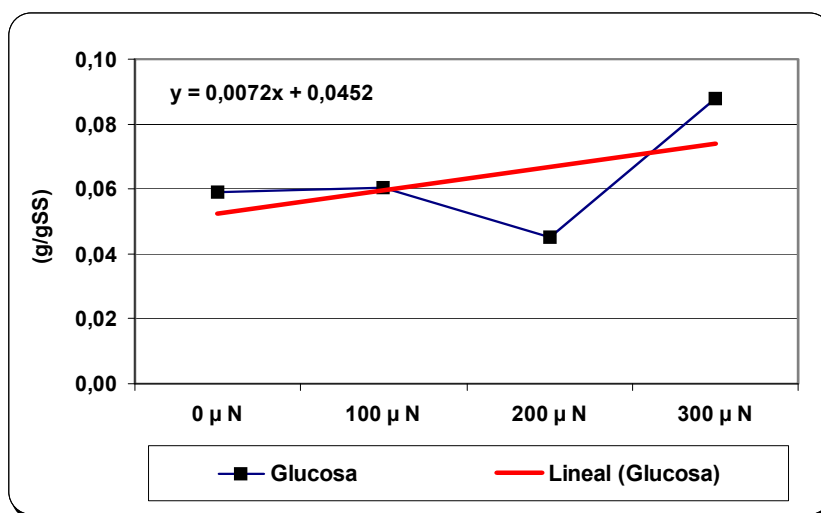


Figura 14. Concentración de glucosa bajo cuatro dosis de fertilizaciones.

4.3.5. Fructosa. La fructosa se comporta de manera diferente a los otros monosacáridos ya que, como se puede apreciar en la figura 15, no existió una correlación positiva entre el aumento del nivel de nitrógeno versus concentración de fructosa.

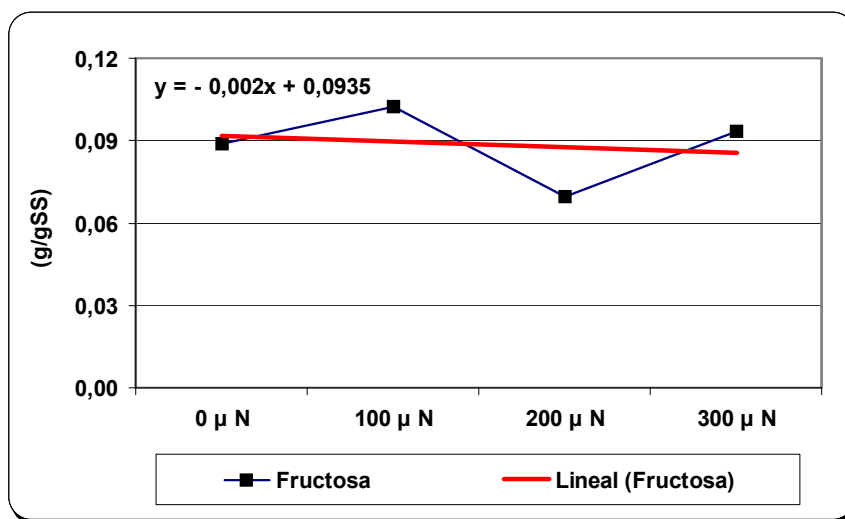


Figura 15. Concentración de fructosa bajo cuatro dosis de fertilizaciones.

4.4. Comportamiento de la producción de azúcares (kg/ha).

Fuente de Variación	Sacarosa	Glucosa	Fructosa	Inulinas
Dosis de Nitrógeno	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Época de siembra	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Interacción	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

* = significativo

** = altamente significativo

n.s.= no significativo

4.4.1. Sacarosa. En la figura 16 se observa que la mayor producción de sacarosa se obtuvo en la primera época de siembra con la dosis mínima de nitrógeno (100 u N) alcanzando los 557 kg/ha, y a su vez, el menor contenido de sacarosa (110 kg/ha) se obtuvo con la misma dosis mínima pero en la segunda época de siembra.

Por otra parte, el comportamiento de los resultados obtenidos en la primera época de siembra para los tratamientos con el testigo (383 kg/ha), con 200 u N (340 kg/ha) y con 300 u N (373 kg/ha) no mostraron diferencias realmente significativas. Este comportamiento estadístico fue similar para la segunda época de siembra y para todos los tratamientos, ya fuesen el testigo (127 kg/ha), 100 u N (110 kg/ha), 200 u N (187 kg/ha) o con 300 u N (170 kg/ha)

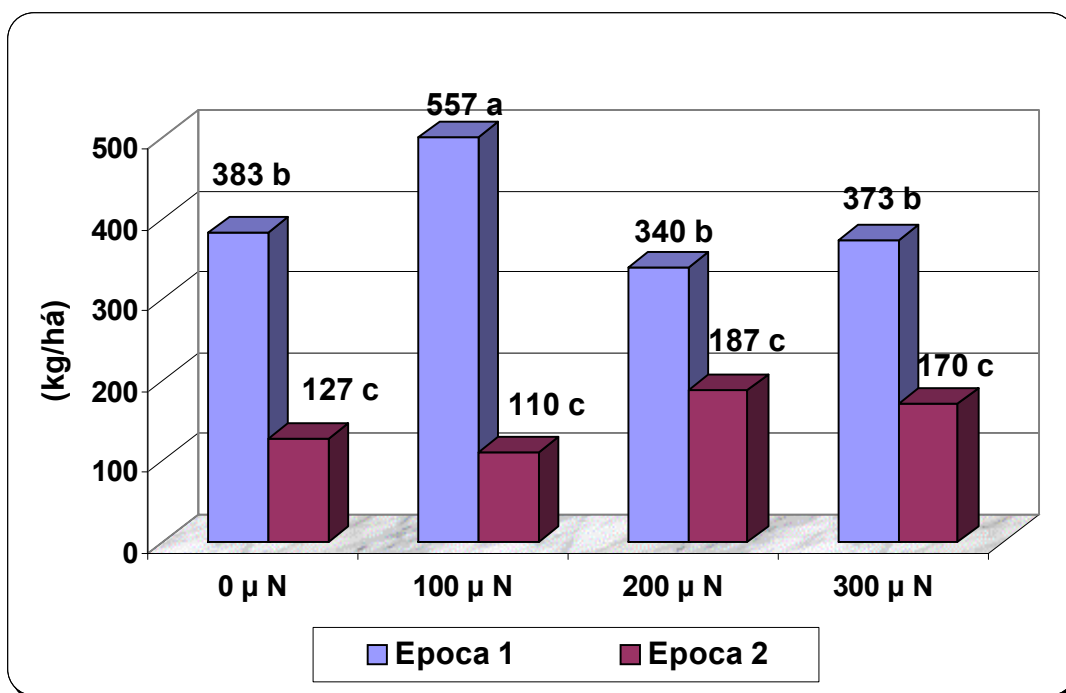


Figura 16. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno y dos épocas sobre la producción de sacarosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

4.4.2. Glucosa. En la figura 17 se observa que la mayor producción de glucosa se obtuvo en la primera época de siembra con 100 u N alcanzando los 220 kg/ha y el menor contenido de glucosa se obtuvo con idéntica dosis de nitrógeno pero en la segunda época de siembra alcanzando los 50 kg/ha. Sin embargo, no existió una diferencia estadística entre la producción obtenida por la dosis de 100 u N (220 kg/ha) y la dosis de 300 u N (167 kg/ha) para la primera época de siembra.

El comportamiento de los resultados obtenidos en la segunda época de siembra y con los distintos tratamientos de nitrógeno no mostraron diferencias realmente significativas.

En la segunda época de siembra y para todos los tratamientos, ya fuesen el testigo (63 kg/ha), 100 u N (50 kg/ha), 200 u N (70 kg/ha) o con 300 u N (70 kg/ha) no existieron diferencias significativas para la producción de glucosa.

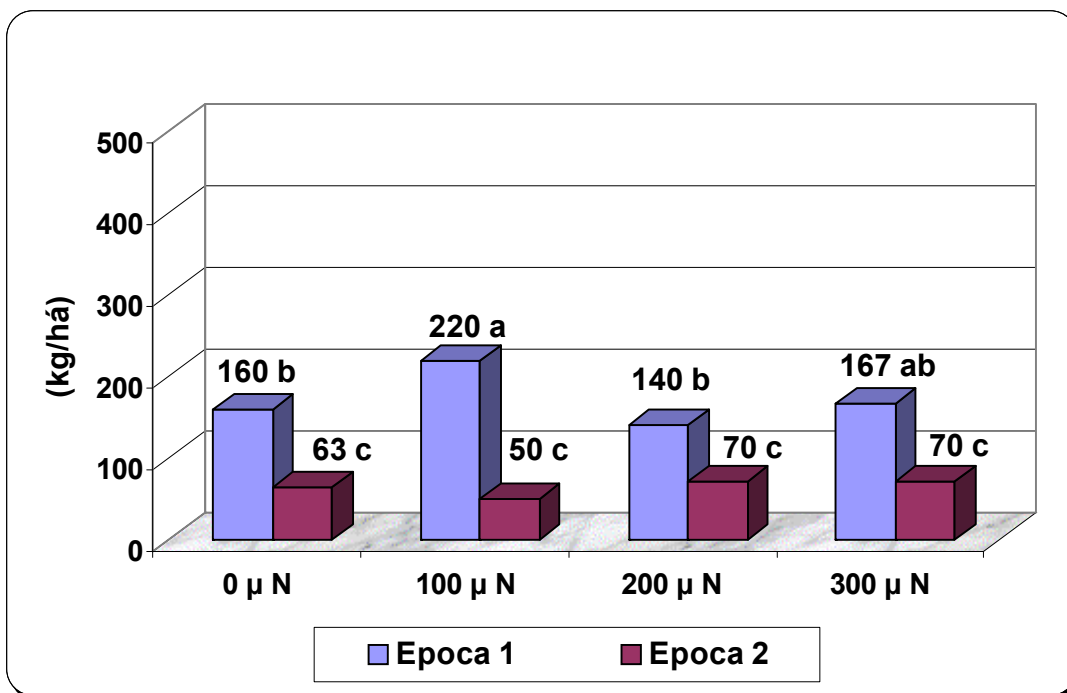


Figura 17. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno y dos épocas sobre la producción de glucosa (kg/há) en endibia (*Cichorium intybus*).

4.4.3. Fructosa. En la figura 18 se puede apreciar que la mayor producción de fructosa fue de 367 kg/ha y se alcanzó durante la primera época de siembra con 100 u N. Por el contrario, para igual dosis de nitrógeno y sólo variando la época de siembra el contenido de fructosa sólo llegó a los 60 kg/ha.

El comportamiento de los resultados obtenidos en la segunda época de siembra y con los distintos tratamientos de nitrógeno no mostró diferencias significativas. .

En el caso de la segunda época de siembra el comportamiento no mostró diferencias estadísticas en los tratamientos, ya fuesen el testigo (70 kg/ha), 100 u N (60 kg/ha), 200 u N (100 kg/ha) o con 300 u N (73 kg/ha).

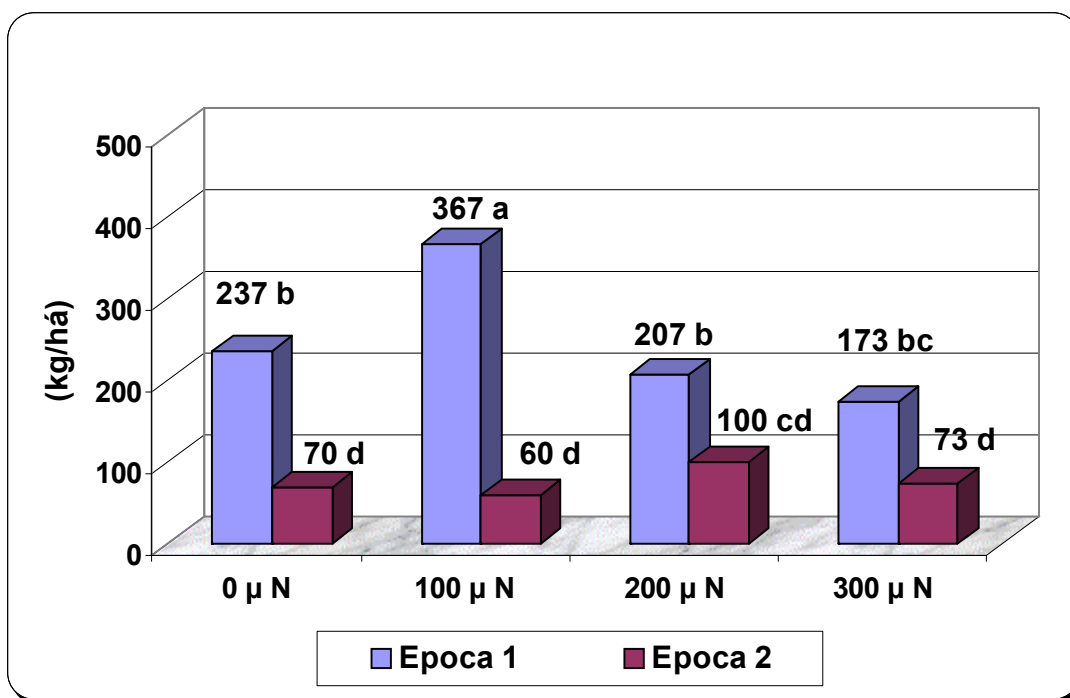


Figura 18. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno y dos épocas sobre la producción de fructosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

4.4.4. Inulinas. En la figura 19 se muestra que la mayor producción de inulinas alcanzó los 525 kg/ha durante la primera época de siembra con 100 u N. Este resultado contrasta estadísticamente con las producciones obtenidas durante la segunda época de siembra tanto por el testigo (133 kg/ha), por la dosis de 100 u N (133 kg/ha) y por la dosis de 200 u N (150 kg/ha), donde entre ellos no existieron diferencias significativas.

Para la segunda época de siembra la producción de inulinas no mostró diferencias estadísticas entre el testigo (133 kg/ha), 100 u N (133 kg/ha) y 200 u N (150 kg/ha).

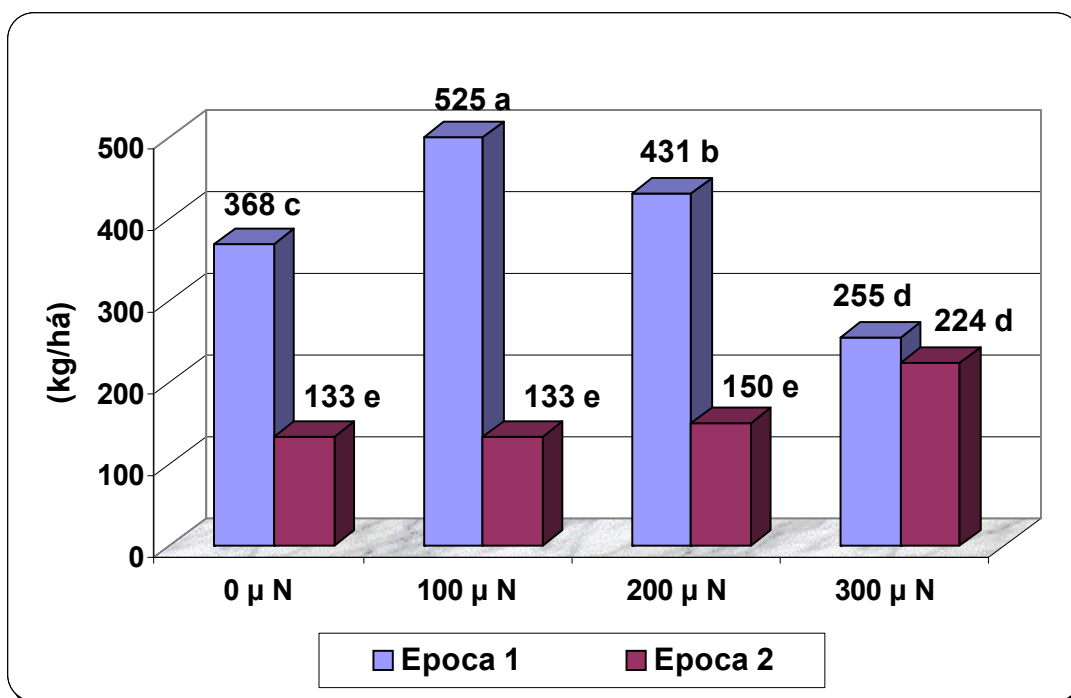


Figura 19. Efecto de cuatro dosis de nitrógeno y dos épocas sobre la producción de inulinas (kg/há) en endibia (*Cichorium intybus*).

5. CONCLUSIONES

En relación con los objetivos que se plantean en esta Tesis, es posible formular las siguientes conclusiones:

- Tanto la producción de sacarosa, glucosa, fructosa e inulinas, tuvieron su mas alto nivel con una fertilización nitrogenada de 100 unidades de $N\ ha^{-1}$ y tanto el testigo como los otros dos tratamientos no presentaron una variación significativa.
- Con respecto a la época de siembra, ésta no tuvo una incidencia significativa en los niveles productivos de las distintas azúcares.
- Con la concentración de azúcares en los distintos tratamientos, se realizó una correlación, la cual nos indica que tanto la época de siembra como las distintas dosis de fertilización nitrogenada, no tienen una incidencia estadística a considerar

6. RESUMEN

La presente tesis se realizó durante la temporada 2001-2002 en la Estación Experimental “Las Encinas” del Instituto de Agroindustrias de la Universidad de La Frontera, ubicado en la comuna de Temuco, Provincia de Cautín, Novena Región de La Araucanía (38°45' LS y 72°35' LO a 90 m.s.n.m.). El suelo corresponde a un Andisol de la serie Temuco, familia Temuco de depresión intermedia y topografía plana con pendiente de 1 – 3 %. Los análisis de laboratorio se realizaron en las dependencias del Instituto de Agroindustrias de la Universidad de La Frontera.

El diseño experimental correspondió a un diseño en bloques completamente al azar de dos factores (niveles de fertilidad y época de siembra) con cuatro repeticiones. Los valores obtenidos experimentalmente, medidos en g/gss, fueron sometidos a un análisis de varianza y posteriormente a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p < 0,05$) a un nivel de significancia del 5%.

A través de este estudio se muestra que al analizar las variables de producción (ton/ha) y las producciones de sacarosa, glucosa, fructosa e Inulinas en kg/ha en el establecimiento de endibia (*Cichorium intybus* var. *foliosum*) existe un claro efecto en la producción con un nivel de fertilización nitrogenada de 100 unidades ha^{-1} , con una producción de 40.90 ton ha^{-1} , lo cual no se manifestó en los otros tratamientos y el testigo, como así, tampoco en las distintas épocas de siembra.

Con la concentración de azúcares en los distintos tratamientos, se realizó una correlación, la cual nos indica que tanto la época de siembra como las distintas dosis de fertilización nitrogenada, no tienen una incidencia estadística a considerar.

9. SUMMARY

The present thesis was made during the 2001-2002 season, at the Experimental Station "Las Encinas" from the Agroindustrial Institute from De La Frontera University, located at Temuco commune, Cautin Province, ninth region of the Araucania ($38^{\circ}45'$ and $72^{\circ}35'$ WL at 90 m.o.s.l) the grovenal belong to an Andisol-Kind from Temuco serie, Temuco famulyof intermedial depretion and plane topography with a slope of 1-3 %, the laboratory analysis was made at the laboratories of the Aroindustry Institute of de la Frontera University.

The experimental design corresponded to a block design completely unsetted from two factors (level of fertility and seedtime season) will four repetitions. The values experimentaly obtained, measured on g/gss, were subyected to a variant analysis and subsequently to a multiple comparison of Tuckey ($p < 0.05$) and tto a significant level of 5%.

Through this study it is shows that when the production variables are analyzed (ton/ha) and the productions of saccharose, glucose, fructose and inulin in kg ha^{-1} at the establishment of endive (*Cichorium intybus* var. *Foliosum*) There is aclear effect at the production with nitrogenusfertilizattion level of 100 units ha^{-1} whith a produccion of 40.90 ton ha^{-1} which did not reveal in the other tratments and testimony either in the diferent stages of sowing.

With the sugar concentration in the diferent treatments a correlation was accomplish, wich indicate us that the stage of sowing and the diferent doses of nitrogenous fertilization, do not have an estadisdistic incidence to consider.

8. LITERATURA CITADA

ALVARADO, P. 1998. Cultivos hortícolas no tradicionales. Xs Jornadas de Extensión agrícola. Actualidad hortícola, producción, comercialización y perspectivas del mercado. 22 y 23 octubre de 1998. U.C. de Temuco, Temuco, Chile. P.: 10-12.

BÉLGICA, MINISTÈRE DE L' AGRICULTURE, 1986. La culture de la chicorée witloof. La culture des racines. Bruselas, Bélgica. 64 p.

BRAVO, M. A. 1989. Todo sobre la endibia. Chile Agrícola 14(113). P.: 44-48.

CIREN – CORFO. 1995. Requerimientos de clima y suelo. Chacras y Hortalizas. Publicaciones CIREN N° 107. 106 p.

CONINCK, B., COCHET, J. P. et LETEINTURIER, J. 1977. L' endive chicoree witloof, chicoree de Bruxelles. París Institut National de Vulgarisation pour les fruit, legumes et champignons. Francia. 114 p

DIAZ, J. 1990. Endive. Atlas de las frutas y hortalizas. Madrid, España. Ministerio de agricultura. P.: 280-283.

EDELMAN, J., JEFFORD T. 1968. "Mechanism of fructosan metabolism in higher plants as exemplified in *Helianthus tuberosus*". New Phytologist, 67: 517-531.

GARCÍA, P., BRETÓN I., DE LA CUERDA, C., CAMBLOR, M. "Metabolismo Colónico de la Fibra". 16 Mayo 2002. 08 Junio, 2002. <<http://www.grupoaulamedica.com/aula/nutricion/Sup2/03.pdf>>.

GIACONI, V. y ESCAFF, M. 1995. Cultivo de hortalizas. 10^a edición. Santiago, Universitaria. P.: 162-165.

GIBSON G., WANG X. 1994. "Enrichment of bifidobacteria from human gut contents by oligofructose using continuous culture". FEMS Microbiology Letters. 118:121-128. <http://www.cies.edu.mx/Fructosa_Monografia_MPM.htm>

GONZÁLEZ, J., SUÁREZ L. "Fibra Alimentaria y Fructooligosacáridos en Productos Vegetales". Febrero 2002. 08 Junio, 2002. <<http://www.uam.es/departamentos/ciencias/qagg/especifica/lineas/alimentos/fos.html>>.

GRAHAM, M. 1998. Witloof chicory. Farmnote. Agriculture western Australia. 4p.

HANSON, C. V., WILDUNG, D. K., FRITZ, V. A. and WATERS, L. 1991. Production of belgian endive (witloof) in Minnesota. A white paper. University of Minnesota, St. Paul, Minnesota, USA. 28p.

HAVAUX, B. 1989. El cultivo de la endibia. El campesino. Volumen CXX-Nº10-octubre P.: 48-64.

HAVAUX, B. 1992. Cultivo de la endibia para exportar. Fondo de desarrollo productivo. CORFO, Santiago. 124p.

IRSIA, 1987. Mecanismes de la production dez la chicorée de Bruxelles, fondements et applications a la selection. Institut pour l' encouragement de la Reserche Scientifique dans l' industrie y l' agriculture. Francia. 108 p.

JORIS, S., MAGEIN, H., VALETTE, R. and XANTHOULIS, D. 1989. Cultivation of the witloof chicory (Belgian endive) in the island of Naxos (Greece). First year research report. Agricultural Bank of Greece. December 1989. 69p.

LETEINTURIER, J. , Comp. 1983. L' endive. Chicoree witloof. 3 ed. París, Francia. CTIFL. 261 p.

MAROTO, J. V. 1994. Horticultura herbácea especial. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España. P.: 224-238.

MELLA, A., KUHNE, A. 1985. Sistemática y Descripción de las Familias, Asociaciones y Series de suelo Derivados de Materiales Piroclásticos de la Zona Central-Sur de Chile. Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA). Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile. pp: 549-715.

MILLER, G. 1959. "Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar". Analytical chemistry. 31:426-428.

MODLER, H., JONES, J., MAZZA, G. 1993. "The effect of long-term storage on the fructooligosaccharide profile of jerusalem artichoke tubers and some observations on processing". En Fuchs A. (Ed.), "Inulin and Inulin – Containing Crops". Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, Holanda. pp: 57-64.

MONTOYA, E. D. 1997. Producción de endibias: una alternativa interesante. Presencia. Año 11-Nº41 P.: 8-9.

PIHAN, R. 1988. Endibias. Seminario hortofrutícola para la zona sur. 9 agosto 1988. INIA estación experimental Remehue, Osorno, Chile. P.:20-21.

PIMPINI, F and GIANQUINTO, G. 1987. The influence of climatic conditions and age of plant at transplanting on bolting and yield of chicory (*Chicorium intybus* L.) cv. Rosso di Chioggia grown for early production. Acta hort. 229. P.: 379-386.

RABAU, T. DETRY, J. F et BOCHKOLTZ, C. 1987. Mecanismos de la reproducción chez la chicorée de bruxelles: fondaments et applications a la selections. I. Generalites. I.R.S.I.A., bruseles, Bélgica.

RODRÍGUEZ P., GARCÍA, J., DE BLAS C. “Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: Enzimas y Probioticos”. 1998. 28 Abril 2002. <<http://www.etsia.upm.es/fedna/capitulos/98CAPXIV.pdf>>.

TRONICKOVA, E. 1986. Plantes potageres. Paris, Grund. 223 p.

TRONICKOVA, E. 1986. Plantes potageres. Paris, Grund. 223 p.

VAN DEN ENDE, W., DE ROOVER, J., VAN LAERE, A. 1999. “Effect of nitrogen concentration of fructan and fructan metabolizing enzymes in young chicory plants (*Cichorium intybus*)”. *Physiologia Plantarum* 105:2-8.

VAN NERUM, K. 1985. Endive-witloof. Une culture moderne. La culture des racines et le forçage en salle. Bruxelles. Bélgica. 104 p.

9. APÉNDICE

Cuadro 4. Tabla de andeva para la producción (ton/ha) de endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	3	386,17	128,722	2,68	0,072
A	3	267,52	89,172	1,86	0,167
B	1	3.312,17	3.312,166	69,05	0,000
AB	3	527,37	175,789	3,66	0,028
Error	21	1.007,25	47,965		

Coefficiente de variación : 32,91 %
n.s.: No significativo

Cuadro 5. Tabla de promedios para la producción (ton/ha) de endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	29,93 ab	40,90 a	32,43 ab	21,46 bc	31,18 a
Época 2	10,21 c	9,52 c	10,69 c	12,92 c	10,83 b
Promedio	20,07	25,21	21,56	17,19	

Cuadro 6. Tabla de andeva para el peso de raíz (kg) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	3	12,51	4.171	2,68	0,072
A	3	44,14	14.713	9,47	0,000
B	1	5,61	5.611	3,61	0,071
AB	3	3,68	1.226	0,79	n.s.
Error	21	32.64	1.554		

Coefficiente de variación : 24,24 %

n.s.: No significativo

Cuadro 7. Tabla de promedios para el peso de raíz (kg) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	4,19	7,36	5,84	4,86	5,56
Época 2	3,44	6,71	3,93	4,83	4,73
Promedio	3,81 b	7,04 a	4,88 b	4,84 b	

Cuadro 8. Tabla de andeva para el calibre de la raíz principal (cm) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	3	0,61	0,204	0,82	n.s.
A	3	2,50	0,834	3,34	0,038
B	1	2,37	2,365	9,49	0,005
AB	3	0,02	0,007	0,03	n.s.
Error	21	5,23	0,249		

Coefficiente de variación : 10,96 %

n.s.: No significativo

Cuadro 9. Tabla de promedios para el calibre de la raíz principal (cm) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	5,51	4,88	4,40	4,93	4,83 a
Época 2	4,55	4,38	3,78	4,43	4,28 b
Promedio	4,83 a	4,63 ab	4,09 b	4,68 ab	

Cuadro 10. Tabla de andeva para la producción de sacarosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	2	12.658,33	6.329,167	11,25	0,001
A	1	421.350,00	421.350,000	749,07	0,000
B	3	22.883,33	7.627,778	13,56	0,000
AB	3	74.016,67	24.672,222	43,86	0,000
Error	14	7.875,00	562,500		

Coefficiente de variación : 8,45%

n.s.: No significativo

Cuadro 11. Tabla de promedios para la producción de sacarosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	383,3 b	556,7 a	340,0 b	373,3 b	413,33
Época 2	126,7 c	110,0 c	186,7 c	170,0 c	148,33
Promedio	255,0	333,3	263,3	271,7	

Cuadro 12. Tabla de andeva para la producción de glucosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	2	10.000,00	5.000,000	13,64	0,000
A	1	70.416,67	70.416,667	192,05	0,000
B	3	2.983,33	994,444	2,71	0,084
AB	3	8.316,67	2.772,222	7,56	0,003
Error	14	5.133,33	366,667		

Coefficiente de variación : 16,30%

n.s.: No significativo

Cuadro 13. Tabla de promedios para la producción de glucosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	160,00 b	220,00 a	140,00 b	166,67 ab	171,67
Época 2	63,33 c	50,00 c	70,00 c	70,00 c	63,33
Promedio	111,67	135,00	105,00	118,33	

Cuadro 14. Tabla de andeva para la producción de fructosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	2	6.808,33	3.404,167	4,71	0,027
A	1	173.400,00	173.400,000	239,76	0,000
B	3	25.650,00	8.550,000	11,82	0,000
AB	3	41.400,00	13.800,000	19,08	0,000
Error	14	10.125,00	723,214		

Coefficiente de variación : 16,72%

n.s.: No significativo

Cuadro 15. Tabla de promedios para la producción de fructosa (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	236,67 b	366,67 a	206,67 b	173,33 bc	245,83
Época 2	70,00 d	60,00 d	100,00 cd	73,33 d	75,83
Promedio	153,33	213,33	153,33	123,33	

Cuadro 16. Tabla de andeva para la producción de inulinas (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Fuente	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Prob
Rep	2	380,25	190,125	0,67	n.s.
A	1	331.115,04	331.115,042	1.167,73	0,000
B	3	29.943,46	9.981,153	35,20	0,000
AB	3	102.147,13	34.049,042	120,08	0,000
Error	14	3.969,75	283,554		

Coefficiente de variación : 6,07%

n.s.: No significativo

Cuadro 17. Tabla de promedios para la producción de inulinas (kg/ha) en endibia (*Cichorium intybus*).

Época de siembra	Dosis de Nitrógeno				Promedio
	0 μ N	100 μ N	200 μ N	300 μ N	
Época 1	368,00 c	524,67 a	431,33 b	255,33 d	394,83
Época 2	132,67 c	133,33 e	149,67 e	224,00 d	159,92
Promedio	250,33	329,00	290,50	239,67	