

ÍNDICE

EQUI	PO DE TRABAJO	3
AGRA	ADECIMIENTOS	4
1. D	DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL GENERO SMALLANTHUS	5
1.1.	Smallanthus sonchifolius yacón	8
1.2.	Smallanthus macrocyphus, yacón del campo	10
2. E	EL CULTIVO DE YACÓN (SMALLANTHUS SONCHIFOLIUS)	12
2.1.	Selección de sitios	12
2.2.	Plantación	17
2.3.	Cuidados Culturales	19
2.4.	Abonos	20
2.5.	Cosecha de hojas	21
2.5.1	1. Conclusiones:	25
2.6.	Cosecha de raíces de yacón	25
2.7.	Enfermedades	30
2.7.1	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
2.7.2 2.7.3		
	NÁLISIS QUÍMICOS DE LAS HOJAS Y LAS RAÍCES DE YACÓN	
3.1.	Análisis de las hojas	
3.2.	Determinación de metabolitos de material seco.	
3.3.	Separación y aislamiento de los productos puros	
3.4.	Determinación estructural de los productos puros	
3.5.	Purificación y determinación del principio activo por HPLC	
3.6.	Análisis físico-químico de la raíz de yacón en material fresco y seco	
	Métodos de secado de yacón	46
3.6.2	2. Caracterización Química	49
3.7.	Separación y aislamiento de productos puros	50
3.7.1 4. Eval u	l. Resultadosuación del rendimiento de las plantas	
4.1. Me	etodología	55
4.2	Resultados	56
CONC	CLUSIONES GENERALES	58
REFE	RENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
ANEV	205	60

Equipo de Trabajo

Los estudios realizados contaron con la asistencia de técnicos de la Universidad Nacional de Salta y la Universidad Nacional de Buenos Aires.

Ing. Silvia Elisa Ebber Elias: Coordinación y Dirección Técnica Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales Cátedra de Formulación y evaluación de proyectos. Profesional Adscrita.

Lic. Juan José Sauad. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales Cátedra de Formulación y evaluación de proyectos

Lic. Silvia Susana Sühring: Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales Cátedra Diseño experimental

Dra. Rosana Alarcón: Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales Cátedra Química

Ing. Norma Beatriz Vecchietti Villegas: Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales Cátedra de Fitopatología Agrícola.

Lic. Gabriela Alejandra Valdez Clinis: Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias de la Salud. Integrante del Proyecto Nº 1877 del CIUNSa.

Productores participantes y campos de experimentación involucrados en el proyecto

Vera Sergio en Vaqueros sobre ruta nacional Nº 9

Juan Cruz Vergesi en Lesser sobre inicio de ruta provincial Nº 115

Cayetano Tolaba en Los Yacones sobre ruta provincial Nº 115

Susana Yapur en Quijano sobre ruta nacional Nº 40

Campo experimental de la Universidad Nacional de Salta situado sobre la ruta provincial Nº 28.

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas colaboraron con la realización de este trabajo al Lic. Juan José Sauad por brindarme su permanente apoyo, al Lic. Virgilio Nuñez por su valiosa colaboración y el aporte de los mapas a la Lic. María Isabel Margalef por los estudios del aprovechamiento raíces de yacón, a los empleados de la universidad que trabajaron en el campo experimentar de Buena Vista, a los productores que con muchas ganas y buena voluntad trabajaron en los ensayos del cultivo.

A las autoridades de la Provincia de Salta en particular al CPN Julio Cesar Lutaif Ministro de Desarrollo Económico que permitió la realización de este en estudio.

Al CFI por haber financiado este trabajo.

iii GRACIAS !!!

1. DESCRIPCIÓN E IMPORTANCIA DEL GENERO SMALLANTHUS

El género *Smallanthus* pertenece a la Familia *Asteraceae* Tribu *Heliantheae* y a la subtribu *Melampodinae*, comprende 21 especies, distribuidas en la región andina, desde el sur de Estados Unidos hasta el Noroeste de Argentina donde se encuentran *S. sonchifolius* (Poepp. & Endl.) H. Robinson, S. *siegesbeckius* H.Robinson, S. *connatus* (Spreng) H.Robinson), S. *macroscyphus*. El yacón *Smallanthus sonchifolius* es el miembro más relevante del género por el valor de sus raíces tuberosas que los pueblos originarios de los Andes consumían curdas como fruta, (Wells 1965, Boelke 1992).

Teniendo en cuenta la distribución geográfica, el hábito de crecimiento y la morfología de las partes aéreas, las siguientes especies estar cerca de S. sonchifolius formando el llamado "grupo de yacón", es decir, Smallanthus, macroscyphus y Smallanthus, connatus de Wells (1965) y Robinson (1978). Sin embargo, esta sinonimia no ha sido aceptada por el taxónomos Americanos (Cabrera, 1978; Zardini, 1991; Grau y Rea, 1997) que consideran que se trata de especies diferentes, con la ligera pubescencia en ambas caras de la hoja y la falta de aurículas en la base de las hojas (Cabrera, 1978) como caracteres distintivos de S.macroscyphus.

Por otra parte, las especies ocupan áreas separadas de distribución, *S. connatus*, se encuentra en el Sur-este de Brasil, Paraguay y Uruguay mientras que *S. macroscyphus* crece en el sur de Bolivia y noreste de Argentina.

El yacón (*Smallanthus sonchifolia*) es un cultivo andino que ha sido practicado desde épocas preincaicas, el proceso de domesticación de esta planta debió comenzar hace unos 6000 años, Existen registros de su cultivo en Perú, Bolivia, Venezuela, Colombia, Ecuador y Argentina (Wells 1965, Novara 1984, Tapia et al.1990, Zardini1991, Herman y Heller 1997, Neuman 2002, Seminario *et al* 2003).

Desde sus orígenes su uso primordial del yacón en los Andes fue como "fruta", porque produce raíces reservantes carnosas con el aspecto de una batata, la textura de la manzana y un sabor dulce particular, que como ya se dijo se consume cruda como fruta fresca.

Luego de siglos de importancia lentamente decreciente en su región de origen, este cultivo ha experimentado un creciente interés durante las últimas décadas, a partir de los años ochenta se han descubierto una serie de propiedades medicinales que han cambiado radicalmente su utilización. Sus raíces tuberosas, ricas en fructooligosacáridos (Fos), constituyen un alimento de bajas calorías y con propiedades prebióticas, con potencial empleo en la dieta de personas con sobrepeso y diabetes. Por otro lado sus hojas, que aparentemente nunca fueron usadas en períodos precolombinos, se emplean actualmente como té medicinal (Asami et al. 1991; Yun, J.W. 1996; Atsushi et al. 1995; Inue 1995; Goto et al 1995; Bork et al. 1997, Grau y Rea, 1997, Aybar et al 2001, Kamada et al. 2001; Cobeña V. 2002 Pedreschi 2003; Seminario et al. 2003. Simonovska 2003, Takenaka et al. 2003; Valentová et al. 2003, 2004; Mayta, P. et al. 2004 Valentová, Ulrichová J. 2005; Mercado et al 2006.)

En las últimas dos décadas el yacón se introdujo en varios países de Asia y los países europeos. La dispersión por Asia se inició en Japón donde el uso de sus hojas surgió al parecer por primera vez como un té de hierbas contra la diabetes. Las propiedades anti-diabéticas se han demostrado recientemente en decocciones de hojas de yacón (Aybar et al, 2001; Baroni et al, 2008), donde enhydrin, es su sesquiterpenlactonas principal, junto con varios derivados del ácido cafeico han demostrado la existencia de estos principios activos (Valentová et al., 2005, Genta et al, 2010; Terada et al, 2009).

Actualmente el aprovechamiento de este cultivo se ha expandido a distintos países: Brasil, Estados Unidos, República Checa, Nueva Zelanda, Japón, Corea y China, entre otros. Perú y China, son aparentemente los países con mayor producción, aunque no existen estadísticas publicadas y se ha desarrollado una amplia gama de productos procesados de raíces (jarabes, jaleas, panes) y de hojas (saguitos, cápsulas, combinaciones con otras hierbas).

Estudios fitoquímicos recientes dirigidos a identificar el probable principio activo de las hojas de yacón, a partir de extractos orgánicos son los que permitieron aislar lactonas sesquiterpénicas de tipo melampólido tales como sonchifolina, uvedalina, enhydrina, fluctuanina (Hong et al., 2008; Schorr et al., 2007). Si bien se ha confirmado la actividad hipoglucemiante de extractos orgánicos y acuosos de hojas de yacón *S sonchifolius* (Baroni et al., 2008; Genta et al., 2010; Miura, 2007;

Ogose et al., 2006), también se han evaluado para algunos de estos compuestos diversas actividades biológicas (Schorr et al., 2007). El componente mayoritario aislado de extractos orgánicos de hojas de yacón es la lactona sesquiterpénica Enhydrina. Este compuesto es considerado como el principio activo de las hojas de yacón (Kawashima et al., 2001); estudios recientes muestran que otros compuestos podrían contribuir a la actividad hypoglucemiante (Genta el al., 2010).

Por otra parte los estudios químicos de yacón del campo (S. macroscyphus) revelaron una amplia variedad de actividades biológicas como antitumorales, anti-VIH, tripanocida antimicrobianos (Ghisalberti, 1997; Alves et al, 1995; Da Costa y otros, 1996.), antifúngicos (Boeck et al, 2005;. Sartori et al, 2003), hipoglucemiantes (Bresciani et al., 2004) y anti-inflamatorios (Paiva et al., 2002). Se informó también de efectos citotóxicos en la corteza de la raíz y puede actuar como defensa contra herbívoros. (Costa-Lotufo et al., 2002) identificaron que la decocción de hojas en esta especie tiene actividad hipoglucemiante y se sugiere que el principio activo más importante es la lactona sesquiterpénica polymatina A (Cabrera et al, 2006).

Estos reportes sugieren que los compuestos responsables de la actividad hipoglucemiante en el género Smallanthus, son lactonas sesquiterpénicas. Y Como la composición química de las plantas puede variar por la ubicación geográfica del lugar de recolección, nosotros realizamos un estudio por Resonancia magnética nuclear de hidrógeno de las distintas fracciones obtenidas, para determinar si existen lactonas sesquiterpénicas en el extracto de yacón.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio 2007, nos muestra que los diferentes procesos de secado no alteran la composición química de las hojas de yacón. Además el análisis de los espectros de RMN de hidrógeno, nos revela que existen diversas lactonas sesquiterpénicas. Sin embargo, por la evidencia científica reportada previamente por otros autores, futuros trabajos son necesarios para establecer si la actividad hipoglucemiante depende de un compuesto en particular o si existe un sinergismo entre los distintos metabolitos presentes. Por lo tanto, es necesario determinar la estructura química de los diferentes metabolitos. El estudio realizado por la Dra Acevedo en ratas con diabetes inducida reporta que se observó un efecto hipoglucemiante el que resultó significativamente positivo en los días 5 y 6 a partir del inicio de la administración de extracto de yacón.

Por otro lado las raíces tienen en su composición un alto contenido de FOS estos azucares como ya se mencionó, pertenecen a una clase particular de azúcares conocidos con el nombre de fosfooligfructanos. (Wada 1997, Ninessk 1999). Recientemente se ha informado que el jarabe de raíces de yacón es una importante fuente de fructooligosacáridos y su consumo a largo tiempo produce efectos benéficos en la salud de mujeres obesas con resistencia a la insulina (Arango et al 2008, Genta et al., 2009). También, se analizó el efecto de la harina de yacón en la formulación de panes y galletas obteniéndose resultados promisorios para el uso de producto (Padilha et al., 2010; Rolim et al., 2010).

Los FOS son muy solubles en agua, tienen un ligero sabor dulce (entre un 30 y 50 % del sabor de la sacarosa) y pueden ser utilizados como sustitutos hipocalóricas del azúcar común. Los FOS cuando son consumidos proporcionan solo la cuarta parte del valor calórico de los azúcares comunes, son reconocidos como un tipo de fibra dietética y se emplean como insumos para la elaboración de alimentos funcionales o nutracéuticos (Ohyama et al. 1990, Wada 1982, Hidaka 1986, Fukai, et al 1992, Kamada, et al 2001, Pedreschi et al. 2003).

Por lo mencionado previamente es posible inferir que es necesario realizar un estudio químico cuantitativo de los componentes químicos presentes en los extractos acuosos de hojas de yacón, para establecer si la actividad hypoglucemiante manifestada por estos extractos se debe a un componente en particular o a un efecto sinérgico de diversos componentes.

1.1. Smallanthus sonchifolius yacón

El yacón *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. y Endel.) H. Robinsosn, fue originalmente clasificada por Wells dentro del género *Polymnia*. Años más tarde Robinson (1978) determinó que muchas especies del género *Polymnia* en realidad pertenecían a un género descripto por Mackensie en 1933, el género *Smallanthus* (Grau y Rea 1997).

La planta de yacón *S. sonchifolius* es herbácea-perenne, mide de 1 a 2,5 m de altura, presenta uno o varios tallos principales, los mismos son cilíndricos huecos pilosos de color verde a púrpura. Las hojas son opuestas, de lámina triangular con base truncada, tienen una longitud de 33 cm por 22 cm de ancho, son connatas, auriculadas en la base, presentan bordes dentados, tienen tres venas principales, su

superficie es pilosa en la cara superior y pubescente en la inferior (Wells 1965). El número de hojas varía entre 13 y 16 pares por tallo hasta la floración; luego de la floración la planta sólo produce hojas pequeñas. En sus hojas, el yacón posee al menos dos sistemas que lo protegen de los depredadores. Por un lado, existen pelos que dificultan mecánicamente el acceso a muchos insectos, por otro lado poseen una elevada densidad de glándulas, probablemente con sesquiterpenos tóxicos, que complementan la acción disuasiva o antagónica (Bork et al. 1997). Estos recursos hacen que las hojas del yacón sean poco atacadas por insectos. La inflorescencia la rama floral es terminal de ramificación dicásica, compuesta de inflorescencias llamadas capítulos de alrededor de 35 mm de diámetro. El capítulo está formado por flores femeninas liguladas, con corola amarilla que se ubican externamente y por flores tubulares más pequeñas, funcionalmente masculinas que se ubican internamente. El involucro es acampanado y hemisférico, con 5 a 6 brácteas en una sola serie, envolviendo al receptáculo (Wells 1965, Cabrera 1978, Seminario et a. 2003).

Cada planta puede producir entre 20 y 80 capítulos; cada capítulo presenta entre 14 y 16 flores femeninas y entre 80 y 90 flores funcionalmente masculinas. Las flores femeninas (zigomorfas), abren antes que las masculinas y por lo general se marchitan antes que éstas (Grau y Rea 1997, Seminario y Valderrama 2002). En presencia de protoginia en las flores estaría indicando que el yacón tiene polinización cruzada y necesita de agentes polinizadores. De acuerdo con Grau y Rea (1997) esto estaría confirmado por la presencia de acúleos o espinas en la superficie, la viscosidad del grano de polen, la viscosidad de las flores femeninas y la secreción de sustancias azucaradas, especialmente en las flores tubulares, que hacen que los capítulos se vean más vistosos.

El fruto es una cipsella piramidal con ángulos no bien definidos y redondeados, de ápice truncado y base ensanchada, en el cual lleva una pequeña cicatriz, en promedio mide 3,7 mm de largo y 2,2 mm de ancho, cien aquenios pesan entre 0,6 y 1,2 g. Las semillas se encuentran unidas al pericarpio solamente por el funículo; son exalbuminadas, las sustancias reservantes se concentran en los cotiledones, por lo que son prominentes y ocupan el mayor espacio en las semillas, en cambio el embrión es una masa de células no diferenciadas.

La cepa o corona (un rizoma desde el punto de vista morfológico), es un órgano subterráneo que se forma por el engrosamiento de una parte del tallo unido a las raíces, sobre el cual se desarrollan abundantes yemas vegetativas o propágulos, sus tejidos almacenan sustancias de reserva como hidratos de carbono simples y fructooligosacáridos, las que sirven de alimento a las yemas cuando van a brotar Se reconocen dos tipos de raíces: fibrosas y reservantes. Las raíces fibrosas son delgadas y su función es fijar la planta y absorber agua y nutrientes. Las raíces reservantes son engrosadas, ovadas o fusiformes, pesan entre 50 y 800 gr. semejantes a las raíces de la batata, (Zardini 1991, Seminario et al. 2003).

Considerando los estudios que realizamos en transcurso del año 2007 en el proyecto de "Rescate y promoción de cultivos tradicionales de la Región Andina y conservación de la biodiversidad: El Yacón", arribamos a varias conclusiones que nos permiten confirmar la importancia y nobleza de esta especie, determinada básicamente por la composición química particular presentes en la planta, la actividad biológica manifestada por el extracto acuoso de las hojas de yacón y el elevado contenido en FOS en sus raíces tuberosas, hacen importante este recurso natural para desarrollar su cultivo y obtener productos con potencial aplicación en la industria alimenticia y farmacéutica.

El cultivo de yacón permitirá diversificar cultivos como una actividad alternativa que no requiera mayor trabajo en el predio y que permita obtener una mejora en los ingresos de pequeños productores.

1.2. Smallanthus macrocyphus, yacón del campo

En el noroeste de Argentina, su pariente silvestre es *Smallantus macrocyphus*, conocida como "yacón del campo", que se encuentra en valles y laderas de montañas del noroeste del país entre los 400 y 1800 msnm (Zoluaga 1999); también se distribuye en el sur Bolivia, (Wells 1965). Se diferencia del *S. sonchifolius* porque la parte subterránea es menos desarrollada, las raíces son largas y delgadas (15 a 30 cm de largo y 1 a 3 cm de diámetro), tiene menor número de tallos y mayor número de semillas por capítulo (Parodi y Dimitri 1980, Novara 1984, Boelque 1992, Grau y Rea 1997, Kortsarz y Grau 2001).

La planta de yacón del campo *Smallanthus macrocifhus* es herbácea-perenne, crece como arvense mide de 1 a 3 m de altura, presenta un tallo principal sin

ramificaciones, los mismos son cilíndricos huecos pilosos de color verde a púrpura y marrón claro. Las hojas son opuestas, de lámina triangular con base truncada, tienen una longitud de 40 cm por 34 cm de ancho, son connatas, no auriculadas en la base, ovadas lanceoladas, presentan bordes dentados, tienen tres venas principales, con una ligera pubescencia en ambas caras de la hoja lo que le sirven de protección (Wells 1965, Bork et al. 1997). El número de hojas varía entre 15 y 18 pares por tallo hasta la floración.

La inflorescencia la rama floral es terminal de ramificación dicásica, compuesta de inflorescencias de capítulos formados por flores femeninas liguladas, con corola amarilla que se ubican externamente y por flores tubulares más pequeñas, funcionalmente masculinas que se ubican internamente. El involucro es acampanado y hemisférico, con 5 a 6 brácteas en una sola serie, envolviendo al receptáculo (Wells 1965, Cabrera 1978). El fruto es una cipsella piramidal con ángulos no bien definidos y redondeados, de ápice truncado y base ensanchada. Las semillas se encuentran unidas al pericarpio por el funículo; son exalbuminadas, las sustancias reservantes se concentran en los cotiledones, por lo que son prominentes y ocupan el mayor espacio en las semillas.

La cepa o corona es un rizoma desde el punto de vista morfológico, que se forma por el engrosamiento de una parte del tallo unido a las raíces, sobre el cual se desarrollan algunas yemas vegetativas, las raíces rerservantes que son ligeramente engrosadas miden entre, 15 a 30 cm de largo y 1 a 3 cm de diámetro, ovadas o fusiformes y las raíces fijadoras mas delgadas. (Zardini 1991; Zuluaga and Morrone, 1999).

Se trabajó en el relevamiento de la zona en los recorridos realizados en el mes de octubre solo se encontraron plantas en estado senescente que no sirvieron como muestra. En el mes de diciembre se hizo un nuevo recorrido pero el tamaño de las plantas no era suficiente como para identificarlas claramente. En los meses de enero y febrero se visitaron nuevamente los sitios donde se encontraban las plantas que alcanzaron mayor desarrollo pero todavía no florecieron de todas formas se tomaron datos para poder localizar mejor su distribución.

Para nosotros es importante esta especie ya que se comprobó que la decocción de hojas en esta especie tiene actividad hipoglucemiante y se sugiere que el principio activo más importante es la lactona sesquiterpénica polymatina A (Cabrera

et al, 2006) los estudios químicos de yacón del campo revelaron una amplia variedad de actividades biológicas (Ghisalberti, 1997; Alves et al, 1995; Da Costa y otros, 1996.). Y por que las cercanías de los sitios donde crece naturalmente son un indicador de un probable lugar para realizar el cultivo. Nuestras observaciones indican que S. macroscypha es una especie muy afín a S. sonchifolia, y podría representar una fuente de genes en eventuales planes de mejoramiento de esta. Estudios cromosomicos y cruzamientos controlados se podrían hacer para establecer con mayor precisión el grado de parentesco entre ambas especies.

2. EL CULTIVO DE YACÓN (Smallanthus sonchifolius)

2.1. Selección de sitios

El área distribución natural de la especie *Smallanthus* es muy amplia, se extiende desde Ecuador hasta el noroeste de Argentina, en altitudes que varían entre los 1000 y 2500 m.s.n.m correspondiendo a la región fitogeográfica de Yungas y zonas de transición.

Se muestra en el Mapa Nº 1 la ubicación de la provincia de Salta en el contexto geográfica de la Argentina. En nuestra ciudad el cultivo de yacón fue de trascendencia hasta hace unos 30 años, algunos autores hacen referencia al norte del Valle de Lerma en el departamento La Caldera como la zona de producción, donde se encuentra la localidad "Los Yacones", (Lávaque 1983, Tapia 1990, Zardini 1991, Brown y Grau, 1993, Grau y Rea 1997, Neuman 2000, Tobar 2001).

El Valle de Lerma se encuentra ubicado entre los 24° 25,61' y 25° 43,66' de latitud sur y los 65° 15,22' y 65° 46,60' de longitud oeste. Con una longitud máxima de 144,3 km y un ancho máximo de 52,3 km, tiene una superficie total de aproximadamente 5.006 km² (Mapa Nº 2). Es una depresión tectónica intermontana que se ubica a partir de las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental al Oeste y las Sierras Subandinas al Este, ámbito en el que caben destacar las altitudes extremas: 3.700 m.s.n.m. en su expresión occidental y 1.000 m.s.n.m. en la oriental (Mapa Nº 3).

Las áreas urbanas y los principales centros son: Salta y barrios de la zona sur, San Lorenzo, La Caldera, San Luis, Campo Quijano, Rosario de Lerma, Cerrillos, La Merced, El Carril y Chicoana.

En las tierras destinadas a agricultura y ganadería predomina el cultivo de tabaco, en menor grado poroto, maíz, hortícolas, frutales y también pasturas (alfalfa y verdeos de invierno). La agricultura ha regulado a través de décadas la economía de la región, siendo las tierras del Valle unas de las más requeridas por los productores de la provincia debido principalmente a la cercanía con la ciudad de Salta, más que a sus características ecológicas, puesto que, por un lado permite el cultivo de numerosas especies de excelente colocación en los mercados local, nacional e internacional y por otro son de fácil acceso.

La red de avenamiento corresponde a dos cuencas diferentes: al Norte, la perteneciente a la alta cuenca del Río Mojotoro; al Noroeste, Centro y Sur la cuenca del Río Juramento, siendo ésta la de mayor envergadura.

El clima es de tipo subtropical con estación seca, con precipitaciones de noviembre a marzo que disminuyen en línea general hacia el Sur, registrándose medias anuales que varían de 1.076mm en La Caldera (al Norte) a 376mm en Talapampa (al Sur) (Mapa Nº 4).

La diversidad de características en diferentes áreas del Valle genera microclimas, por lo que la vegetación se dispone en mosaicos, respondiendo y contribuyendo a la formación de microambientes que corresponden a la provincia fitogeográfica de Las Yungas al N y NE, a La chaqueña serrana al Este, Sur y Sudeste e inclusive a la provincia prepuneña, encontrándose combinaciones de elementos de una y otras (Mapa Nº 2).

Las unidades de vegetación se distribuyen de acuerdo a los factores ecológicos, de altitud, latitud, exposición, pendientes, aspectos orográficos, climáticos, edáficos, etc., lo que sirve para una orientación correcta del uso eficiente y sustentable de la región y de sus recursos, como complemento de la caracterización fisiográfica. La vegetación se distribuye en mosaicos. Por encima de los 2000 m s.n.m., se desarrollan Pastizales de neblina, Vegetación rala de laderas y Pastizales serranos, encontrándose *Cassia aphylla; Prosopis torquata, Prosopis flexuosa, Acacia caven, Trichocereus tercheskii, Opuntia sp.;* la zona es de bajo rendimiento productivo por la baja precipitación.

En el fondo del valle, encontramos Arbustales y matorrales en suelos aluvionales no aptos para cultivos, con vegetación rala de algunas leñosas

dispersas, individuos aislados de pacará (*Enterolobium contortisiliquum*), algarrobos (*Prosopis alba y P. nigra*), churqui (*Acacia caven*), tusca (*Acacia aromo*), tala (*Celtis spinosa*), matorrales altos de compuestas. Entre las gramíneas, *Paspalum sp., Setaria sp., Chloris sp., Trichloris sp., Aristida sp.*, sorgo de alepo (*Sorgum halepensis*).

Sobre las laderas del sur, protegidas de la radiación solar directa y sobre las orientales que reciben el remanente del aporte de las lluvias orográficas donde se ubican bosques de transición con elementos chaqueños serranos, la vegetación se dispone en bosquecillos aislados en los que se combinan no más de 4 especies arbóreas de quina (*Miroxylon peruiferum*), tipa blanca (*Tipuana tipu*), jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*), cebil colorado (*Anadenanthera macrocarpa*), chalchal (*Allophyllus edulis*), horco cebil (*Parapiptadenia excelsa*), horco quebracho (*Schinopsis haenkeana*), palo leche (*Sebastiana brasiliensis*), tipa colorada (*Pterogyne nitens*), guarán (*Tecoma stans*), tusca (*Acacia aroma*), churqui (*Acacia caven*) y algunas cactáceas.

En las laderas Norte y Oeste y fondo de valle, encontramos componentes de bosque chaqueño-serrano, bosque montano subhúmedo y bosque montano húmedo.

En Chaco Serrano encontramos especies como: horco quebracho (Schinopsis haenkeana), quebracho blanco (Aspidosperma quebracho blanco), guayacán (Caesalpinia paraguarensis), algarrobo blanco (Prosopis alba), algarrobo negro (Prosopis nigra), mistol (Zizyphus milstol), molle (Schinus molle), teatín (Acacia furcatispina), chañar (Geoffroea decorticans). En el estrato arbustivo, falso palo santo (Gochnatia palosanto), tusca (Acacia aroma), churqui (Acacia caven), sinqui (Mimosa farinosa), chilcas (Baccharis salicifolia y Tessaria dododaneifolia), brea (Cercidium praecox), chasqui yuyo (Maytenus viscifolia),

En bosque montano subhúmedo. Quina (*Myroxylon paruiferum*), tipa blanca (*Tipuana tipu*), cebil colorado (*Anadenanthera colubrina var. cebi*l), horco cebil (*Parapiptadenia excelsa*), pacará (*Enterolobium contortisiliquun*), zapallo caspi (*Pisonia zapallo*), lanza amarilla (*Terminalia triflora*), cascarón (*Phytecellobium scalare*), lapacho rosado (*Tabebuia impetiginosa*), nogal criollo (*Juglans australis*), ceibo (*Erythrina falcata*), laurel de la falda *Phoebe porphyria*), tala blanca (*Celtis spinosa*), chalchal (*Allophyllus edulis*), lecherón (*Sapium haematospermum*),

cochucho (*Fagara coco*), palo leche (*Sebastiana brasiliensis*), tusca (*Acacia aroma*), churqui (*Acacia caven*), papaya silvestre (*Carica quercifolia*), tala trepadora (*Celtis sp.*), Sesbania punicia. Sobre lechos de los ríos Santa Rufina y San Alejo, aliso del cerro (*Alnus acuminata*).

En bosque montano húmedo. Pino del cerro (Podocarpus parlatorei), aliso del cerro (Alnus acuminata), arrayán de montaña (Eugenia uniflora), mato (Acroeugenia mato), cedro coya (Cedrela lilloi), sauco (Sambucus peruviana), laurel de la falda (Phoebe porphyria), guaica (Ocotea puberula), nogal criollo (Juglans australis), horco molle (Blepharocalyx gigantea), cochucho (Fagara coco), ceibo (Erythrina falcata), papaya silvestre (Carica quercifolia). Entre los arbustos puede mencionarse Verbesina alsophylla, Barnadesia odorata.

El régimen de lluvias es de tipo monzónico, es decir con estación seca en invierno y veranos lluviosos. En el noroeste del Valle 83% de las precipitaciones ocurren entre los meses de noviembre y marzo. Los registros anuales medios son superiores a 819 mm, con valores extremos de 642 a 1327 mm (Estación Meteorológica de Las Costas (Bianchi 1996). La temperatura media anual es de 16,3 °C. con un período libre de heladas de aproximadamente 286 días, siendo la fecha media de la primera helada entre el 5 y 12 de junio.

Los sitios seleccionados para la realización del proyecto están ubicados en la cabecera del Valle entre los 24° 41' y 25° 53' de latitud sur y los 65° 23' y 65° 38' de longitud oeste. Donde las condiciones agroecológicas son las más adecuadas se tuvo en cuenta también la distribución natural del género *Smallathus*, las condiciones de los suelos y la disponibilidad de atención a los cuidados del cultivo de las personas que se comprometieron a trabajar en el proyecto. De nuestro relevamiento de *S macrocifhus* yacón del campo surge que lo encontramos en las cercanías de los sitios seleccionados

<u>Sitio 1</u> en Campo experimental de la Universidad Nacional de Salta situado sobre la ruta provincial Nº 28.

Sitio 2 en Vaqueros sobre ruta nacional Nº 9 propiedad de Vera Sergio.

Sitio 3 en Lesser sobre inicio de ruta provincial Nº 115 de ripio propiedad Juan Cruz Vergesi.

<u>Sitio 4</u> en Los Yacones sobre ruta provincial 115 Nº a 7Km del inicio propiedad de Cayetano Tolaba.

Sitio 5 en Quijano sobre ruta nacional Nº 40 propiedad de Susana Yapur.

Los sitios seleccionados se pueden observar en la imagen satelital (Figura 1)

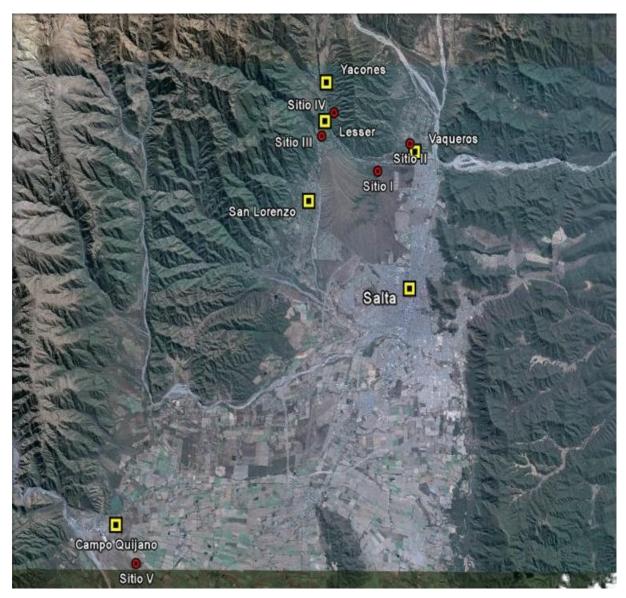


Figura Nº 1. Imagen satelital, indicación de los sitios seleccionados

En una primera instancia se tomaron las muestras de suelo para su análisis antes de la siembra en cada uno de los sitios seleccionados y se hicieron los análisis correspondientes, los que permitió conocer su estado, los resultados se observan en la $Tabla\ N^{\circ}\ 1$.

Tabla Nº 1 Análisis de suelos de los sitios seleccionados para el cultivo del yacón.

Identificación del campo		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3	Sitio 4	Sitio 5
Profundidad del muestreo	Cm	25	25	25	25	25
Clasificación textural		Franco	Franco- limoso	Franco arenoso	Franco	Franco arenos o
Capacidad hídrica de saturación	(%)	39	40	29	30	28
pH en suspensión suelo/agua		5.9	6.1	5.8	7.2	6.5
Conductividad eléctrica	Mmhos/cm	8.0	0.68	2.36	0.68	0.28
Carbono orgánico	(%)	1.87	1.48	4.81	3.26	0.82
Materia orgánica	(%)	3.23	2.55	8.29	5.62	1.42
Nitrógeno total	(%)	0.21	0.17	0.51	0.43	0.11
Relación C/N		9	9	9	8	7
Fósforo Extractable	(p.p.m.)	8	84	206	94	4
Sodio intercambiable	(mec/100g)	0.3	.0.2	0.2	0.2	0.3
Potasio intercambiable	(mec/100g)	0.19	0.42	1.14	0.17	0.18
Calcio intercambiable	(mec/100g)	8.0	9.4	13.6	14.1	5.6
magnesio intercambiable	(mec/100g)	2.8	3.1	1.4	13.0	0.9
Cloruros solubles	(p.p.m.)	< 60	< 60	< 60	< 60	< 60

De los resultados obtenidos observamos que las condiciones generales de los suelos son buenas. En todos los casos la conductividad eléctrica es < 2,5 lo que indica baja salinidad, los porcentajes de materia orgánica son muy buenos a buenos De modo general se puede afirmar que la aptitud agrícola de las tierras es C-B, tierras arables con pocas limitaciones. Las principales limitaciones que presentan los suelos son pedregosidad, susceptibilidad a la erosión y poca profundidad en algunos sectores.

2.2. Plantación

Debido a la demora del inicio de las precipitaciones a fines del año 2010 y a la disponibilidad de agua para riego diferente en los sitios seleccionados, la plantación se realizó en momentos diferentes en cada predio. Se preparó la tierra en cada lugar teniendo en cuenta los elementos disponibles con que contaban en cada

predio. Se seleccionó y marcó los lugares que a los que se aplicó fertilizante según el diseño experimental.

Los propágulos de yacón que se utilizaron en la plantación provenían de coronas adquiridas en la localidad de Vaqueros, donde actualmente se cultiva esta planta. Las coronas se seccionaron sin un patrón predeterminado, solo se siguieron las formas naturales en que los propágalos se ubican tratando de lastimarlos lo menos posible, obteniendo trozos de diferente tamaño de un peso aproximado de 100 g cada uno y se trataron con cenizas. La plantación en cada sito se realizo en fechas diferentes.

Tabla Nº 2. Labores realizadas

Sitio	Labores previas	Fecha de plantación	Observaciones			
1 UNSa	Preparación del suelo con maquinaria1 riego previo	15 de octubre	Se hicieron dos riegos posteriores a la siembra.			
2 Vaqueros	Preparación del suelo con maquinaria 1riego previo	20 de noviembre	Se hizo un riego posterior a la siembra.			
3 Lesser	Preparación manual posterior a la primera lluvia	2 de diciembre	No fue necesario regar.			
4 Los Yacones	Los Yacones Preparación manual posterior a riego		Se hizo un riego posterior a la siembra.			
5 Quijano	Preparación manual posterior a la primera lluvia	10 de diciembre	No fue necesario regar.			

Se controló la emergencia de plantas en todos los sitios, la emergencia de las plantas no fue pareja por lo que a partir de los 30 días de la fecha de plantación se refalló en los casos necesarios.

Tabla Nº 3. Refallas en los sitios experimentales

Sitio	Superficie plantada	Nº de propágulos plantados	% de emergencia	Nº de plantas refalle
1 UNSa	1000 m²	950	90	50
2 Vaqueros	120 m²	70	80	10
3 Lesser	100 m²	60	86	2
4 Los Yacones	100 m²	60	88	2
5 Quijano	120 m²	70	90	2

2.3. Cuidados Culturales

Las labores culturales que básicamente son necesarias para este cultivo son las mismas que para cualquier otro, riego desmalezado y aporque, las que se realizaron en los distintos sitios.

Tabla $N^{\rm o}$ 4. Fechas de plantación, controles y labores culturales en los sitios de plantación.

Sitio	Fechas	Control de crecimiento	Labores culturales
1 UNSa	Plantación 15 de oct	0000	Plantación y riego
	Noviembre	3 a 15 cm	2 Riegos
	Diciembre	10 a 45 cm	Desmalezado
	Enero	45 a 80 cm	Desmal./ aporque
	Febrero	80 a 140 cm	Desmalezado
	Marzo	100 a 170 cm	
	Abril	150 a 190 cm	
	Мауо		Cosecha de hojas
	Junio		
	Julio		Cosecha de raíces
	Agosto		
2 Vaqueros	Plantación 20 de nov	0000	Plantación y riego
	Diciembre	3 a 15 cm	Riego
	Enero	10 a 45 cm	Desmal./ aporque
	Febrero	45 a 80 cm	Desmalezado
	Marzo	80 a 140 cm	
	Abril	120 a 180cm	
	Mayo		Cosecha de hojas
	Junio		
	Julio		
	Agosto		Cosecha de raíces
3 Lesser	Plantación 2 de dic	0000	Plantación
	Enero	3 a 15 cm	Desmalezado
	Febrero	10 a 45 cm	Desmal./ aporque
	Marzo	45 a 80 cm	Desmalezado
	Abril	100 a 150cm	
	Mayo		Cosecha de hojas
	Junio		

	Julio		
			Casaba da vaísas
	Agosto		Cosecha de raíces
4 Los Yacones	Plantación 15 de nov	0000	Plantación
	Diciembre	3 a 15 cm	Riego
	Enero	10 a 45 cm	Riego
	Febrero	45 a 80 cm	Desmalezado
	Marzo	80 a 160 cm	Desmal./ aporque
	Abril	120 a180 cm	
	Mayo		Cosecha de hojas y
	Junio		secado
	Julio		
	Agosto		
			Cosecha de raíces
5 Quijano	Plantación 10 de dic	0000	Plantación y riego
	Enero	3 a 15 cm	Desmalezado
	Febrero	10 a 45 cm	Desmal./ aporque
	Marzo	45 a 80 cm	Desmalezado
	Abril	70 a 120 cm	
	Мауо		
	Junio		
	Julio		
	Agosto		

En el control de crecimiento los datos expresados en la tabla muestran en forma general una diferencia de tamaño en las platas sembradas en las fechas más lejanas.

2.4. Abonos

Son pocos los trabajos publicados sobre el tipo y nivel de abonamiento requerido para producir comercialmente yacón y los valores de rendimiento del cultivo son muy variables, las investigaciones informan rendimientos de entre 10.000 y 100.000 Kg/ha dependiendo del sitio y sus características ambientales. Amaya (2000) usó fertilizantes químicos y evaluó el efecto de diferentes dosis combinadas de N y K, encontró que el rendimiento en raíces reservantes era de 51.4 Tn/ha, en

contraste las muestras sin tratamiento rindieron 14.8 Tn/ha. Estudios realizados por la Universidad de Cajamarca han comprobado el efecto del abonamiento con humus de lombriz (lombricompuesto) aplicando entre 5 a 10 Tn/ha reportan una notable mejora en el rendimiento de raíces reservantes de las plantas abonadas (Seminario et al. 2003).

Los abonos naturales además de ser particularmente ricos en substancias orgánicas y en compuestos nitrogenados, contiene óptimas cantidades de calcio, potasio, fósforo y otros elementos minerales (todo eso depende de las materias primas, y el lugar en el que se encuentren), además de una vasta gama de enzimas que desarrollan un rol muy importante en la fertilidad del suelo, y elementos fitorreguladores (particularmente enzimas) que inciden positivamente sobre el crecimiento de las plantas. Además de es un mejorador de las propiedades físicas del suelo tales como: permeabilidad, retención de humedad e intercambio catiónico.

En nuestro trabajo del año 2007, el rendimiento obtenido fue de 2,6 Kg. por m². En este caso no se aplicó fertilización al cultivo para mejorar estos rendimientos y aseguranos de conservar los suelos en buenas condiciones trabajamos en un diseño experimental con lombricompuesto.

Con el fin de evaluar el rendimiento de las plantas se les aplicó fertilización en los sitos seleccionados; se hicieron tres aplicaciones, una antes de la plantación, de 0,4 lt por planta, la segunda aplicación a los 40 días y la última a lo 90 días; se hicieron 20 repeticiones en cada sitio. Se aplicó 1.2 lt. de lombricompuesto a cada planta en las fechas correspondientes a diferentes momento en cada plantación.

2.5. Cosecha de hojas

La cosecha de hojas se programó en forma simultánea para todos los sitios, debido a que en nuestro trabajo anterior concluimos que los resultados obtenidos mediante el análisis cualitativo por cromatografía en placa delgada de fase reversa, nos muestra que los diferentes procesos de secado no alteran la composición química de las hojas de yacón.

El secadero utilizado en este caso fue en una estufa de aire forzado Bull Curing, el mismo que usamos en los estudios del 2007, el proceso duró 20 horas a

una temperatura de 40°C. La única diferencia en el secado entre esta estufa y un secadero solar es la forma en que se toma energía para activar el sistema.

Las muestras para los análisis químicos fueron marcadas según su procedencia y posteriormente llevadas a laboratorio.

La cosecha de hojas de yacón se realizo el 30 de mayo en los sitios: 1. Universidad (Campo Buena Vista), 2. Vaqueros, 3. Lesser y 4. Los Yacones. En el sitio 5. Quijano no se pudo cosechar hojas en forma simultánea porque las plantas no alcanzaron el suficiente desarrollo, probablemente debido a la demora en la siembra en este lugar. Posteriormente el sitio sufrió la destrucción parcial del cultivo por ingreso de animales de pastoreo, por lo que no pudo realizarse la evaluación estadística propuesta, pero si se pudo conservar algunas planta para cosechar sus raíces.

Para realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos en los cuatro sitios arriba mencionados se utilizó la prueba t como estadístico de prueba. El total de las hojas cosechadas se secó en una estufa de secado de tabaco, según el procedimiento en el que se logró ajustar el tiempo y la temperatura óptimos con curva de secado en nuestro trabajo anterior.

Sitio 1.- Universidad (Campo Buena Vista)

Se cosecharon 16.850 g de hojas frescas sin tratamiento y 21.600 g de hojas con tratamiento de fertilización, las hojas se secaron y perdieron el 82.7% de su peso fresco, quedando un total de 6.650 g de materia seca.

 $Tabla\ N^{\circ}\ 5$. : Peso en gramos de hojas cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de la Universidad Campo Buena Vista

Universidad Campo Buena Vista									
Variable	Variable n Media con Media sin Var (con) Var (sin) T gl p								
Peso hojas g	27	667.22	498.33	47226.18	54479.85	2.75	52	0.0081	

Existen diferencias significativas en el peso de las hojas (t = 2.75)



Figura Nº 2. Relación peso de las hojas con y sin tratamiento de fertilización

Sitio 2.- Vaqueros

En el sitio se cosecharon 7.630 g de hojas frescas sin tratamiento y 14.030 g de hojas con tratamiento de fertilización, las hojas se secaron y perdieron el 82.7% de su peso fresco, quedando un total de 3.745 g de materia seca en total.

 $Tabla\ N^o\ 6$. Peso en gramos de hojas cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Vaqueros.

Vaqueros								
Variable	n	Media(sin)	Media(con)	Var(sin)	Var(con)	T	gl	р
Peso hojas g	21	363.33	668.05	9953.33	73948.05	-4.82	25	0.0001

Existen diferencias significativas en el peso de las hojas, entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t = -4.82)

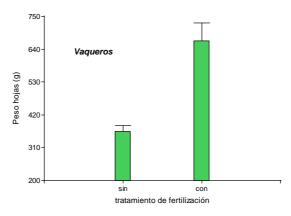


Figura Nº 3. Relación peso de las hojas con y sin tratamiento de fertilización

Sitio 3.- Lesser

Se cosecharon 6.530 g de hojas frescas sin tratamiento y 9.420 g de hojas con tratamiento de fertilización, las hojas se secaron y perdieron el 82.7% de su peso fresco, quedando un total de 2.760 g de materia seca.

Tabla Nº 7. Peso en gramos de hojas cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Lesser-

Lesser									
Variable	n	Media(sin)	Media(con)	Var(sin)	Var(con)	T	gl	p-valor	
Peso hojas g	21	310.95	448.24	8779.05	37705.19	-2.92	29	0.0067	

Existen diferencias significativas en el peso de las hojas, entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t =-2,92)

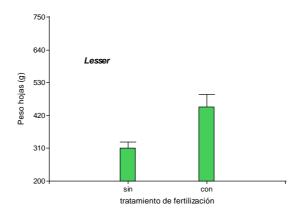


Figura Nº 4. Relación peso de las hojas con y sin tratamiento de fertilización

Sito 4.- Los Yacones

Se cosecharon 7.370 g de hojas frescas sin tratamiento y 13.780 g de hojas con tratamiento de fertilización, las hojas se secaron y perdieron el 82.7% de su peso fresco, quedando un total de 3.660 g de materia seca.

 $Tabla\ N^o\ 8$. Peso en gramos de hojas cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Los Yacones.

Los Yacones									
Variable n Media(sin) Media(con) Var(sin) Var(con) T gl p-valor									
Peso hojas g	21	350.95	656.67	14499.05	66783.33	-4.91	29	<0.0001	

Existen diferencias significativas en el peso de las hojas, entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t = 4.91)

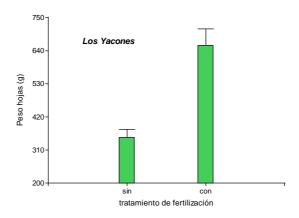


Figura Nº 5. Relación peso de las hojas con y sin tratamiento de fertilización.

2.5.1. Conclusiones:

En los cuatro sitios estudiados encontramos que existen diferencias significativas en el rendimiento de hojas entre las plantas que recibieron tratamiento de fertilización y las que no lo recibieron. Gráficamente observamos en todos los casos estas diferencias significativas en el peso de hojas, comparamos la media y el error estándar para plantas con y sin tratamiento de fertilización como se observa en los cuadros respectivos.

2.6. Cosecha de raíces de yacón

Las raíces de yacón alcanzan su madurez entre 7-10 meses a partir del momento de la siembra. La cosecha se realiza cuando el follaje empieza a secarse y los tubérculos de yacón ya están formados En esta operación se extrae del suelo la corona completa en forma manual cavando a su alrededor con picos o azadón, debido a la fragilidad de los tubérculos por su alto contenido de agua. Se separan las coronas en raíces y yemas, las raíces se clasifican por tamaños y según estén sanas o se hayan roto se las coloca en cajones para luego procesarlas o llevarlas al mercado. Las yemas (semillas) son recogidas y colocadas en bolsas para su conservación cuidando de mantenerlas en un lugar obscuro y fresco hasta el momento de la siembra.

Debido a la fragilidad de los tubérculos muchas raíces se rompen en el momento de la cosecha por lo que se debe proceder a secarlas rápidamente. Las raíces sanas se seleccionan según sus tamaños y se procesan según el destino que les dé. Para almacenamiento, las raíces son colocadas en cajones en cuartos

fríos (4 a 10°C) en oscuridad y secos. Bajo estas condiciones las raíces del yacón pueden ser guardadas por algunos días.

La cosecha de las raíces de yacón en el sitio 1. Universidad Campo Buena Vista se comenzó el 6 de julio, se tomaron los pesos en Kg de las plantas completas cosechadas, luego en laboratorio se pesaron y seleccionaron las distintas partes (yacón y yemas).

Tabla Nº 9. Peso en kg de coronas (yacón yemas y raíces totales) cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización. Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de la Universidad Campo Buena Vista

	Universidad Campo Buena Vista										
Variable	Variable n Media con Media sin Var (con) Var (sin) T gl p										
yacón	30	1.25	0.91	0.63	0.46	1.8	58	0.0775			
yemas	30	1.95	1.35	0.78	0.54	2.83	58	0.0064			
raíces total	30	3.19	2.26	2.56	1.53	2.53	58	0.0141			

Existen diferencias significativas en el peso de las raíces totales y de las yemas entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t= 2.53 y 2.83) respectivamente; P <0.05). En el peso de las batatas de yacón las diferencias son marginalmente significativas (t = 1.80, P = 0.077).

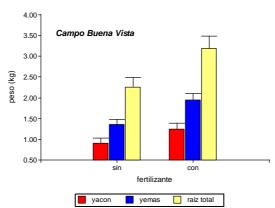


Figura Nº 6. Relación pesos y fertilización.

La cosecha de las raíces de yacón en el sitio 2. Vaqueros se comenzó el 14 de julio, se tomaron los pesos en Kg de las plantas completas cosechadas, luego en laboratorio se pesaron y seleccionaron las distintas partes (yacón y yemas).

Tabla Nº 10. Peso en kg de coronas (yacón yemas y raíces totales) cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización. Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Vaquero.

Vaqueros								
Variable	n	Media(sin)	Media(con)	Var(sin)	Var(con)	T	gl	р

raíces total	21	2.65	3.02	1.07	1.18	-1.11	40	0.2726
yacón	21	1.18	1.35	0.16	0.29	-1.18	40	0.2466
yemas	21	1.47	1.78	0.59	0.53	-1.34	40	0.1882

Existen diferencias marginalmente significativas en el peso de las batatas de yacón entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t=-2,88) En el peso de las yemas y de las raíces totales las diferencias son (t=-0,14 y -1,64) y (P=0.88 y 0,10) respectivamente .

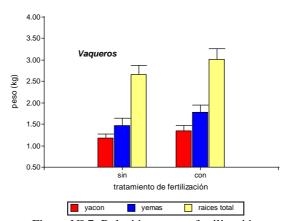


Figura Nº 7. Relación pesos y fertilización.

La cosecha de las raíces de yacón en el sitio 3.- Lesser se comenzó el 27 de julio, se tomaron los pesos en Kg de las plantas completas cosechadas, luego en laboratorio se pesaron y seleccionaron las distintas partes (yacón y yemas).

Tabla Nº 11. Peso en kg de coronas (yacón yemas y raíces totales) cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización. Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Lesser

Lesser								
Variable	n	Media(sin)	Media(con)	Var(sin)	Var(con)	T	gl	p-valor
raíces total	21	2.29	2.8	0.7	1.41	-1.64	40	0.1094
yacón	21	0.84	1.31	0.3	0.28	-2.88	40	0.0064
yemas	21	1.49	1.52	0.27	0.73	-0.14	34	0.8879

Existen diferencias significativas en el peso de las batatas de yacón entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t= -2,88) En el peso de las yemas y de las

raíces totales las diferencias son marginalmente significativas (t = -0.14 y -1.64)y (P = 0.88 y 0,10) respectivamente .

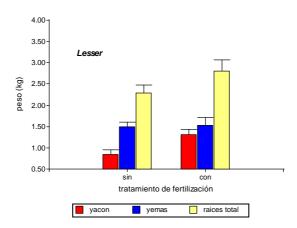


Figura Nº 8. Relación pesos y fertilización.

La cosecha de las raíces de yacón en el sitio 4.- Los Yacones se comenzó el 25 de julio, se tomaron los pesos en Kg de las plantas completas cosechadas, luego en laboratorio se pesaron y seleccionaron las distintas partes (yacón y yemas).

Tabla Nº 12. Peso en kg de coronas (yacón yemas y raíces totales) cosechadas en plantas con y sin tratamiento de fertilización. Prueba t para comparar las medias de dos poblaciones de Los Yacones.

Los Yacones								
Variable	n	Media(sin)	Media(con)	Var(sin)	Var(con)	T	gl	р
raíces total	21	2.55	3.1	1.54	1.37	-1.48	40	0.1472
yacón	21	0.96	1.44	0.47	0.23	-2.64	40	0.0117
yemas	21	1.59	1.65	0.53	0.8	-0.24	40	0.8144

Existen diferencias significativas en el peso de las batatas de yacón entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (t=-2,64) En el peso de las yemas y de las raíces totales las diferencias son marginalmente significativas (t=-0,24 y -1,48) y (P = 0.81 y 0,14) respectivamente.

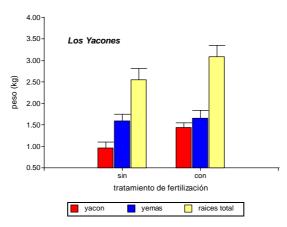


Figura Nº 9. Relación pesos y fertilización.

Gráficamente observamos en todos los casos las diferencias significativas en el peso de raíces totales, yacón y yemas de las plantas que recibieron tratamiento de fertilización, comparamos la media y el error estándar para plantas con y sin tratamiento de fertilización.

En Quijano el sitio que sufrió la destrucción parcial del cultivo por ingreso de animales de pastoreo se cosecharon 20 plantas que se lograron conservar, se obtuvo un total de 48 kg con plantas que pesaron entre 2,5 y 4 kg se obtuvo 22 kg de yacón y 26 kg de yemas. Pero no podemos saber si esas planta había recibido o no el tratamiento de fertilización

De acuerdo con los resultados obtenidos en nuestro ensayo experimental el efecto de la fertilización en todos los casos fue significativamente favorable. Esto coincide con quienes señalan, además, que el cultivo tiene respuesta positiva al agregado de materia orgánica, práctica común en esta región, por Bravo et al. (1999) Grau y Rea (2002) y CONDESAN (1997), Seminario et al. (2003) al evaluar las condiciones agro-ecológicas, donde informan que el yacón tiene alto rendimiento en suelos pobres y condiciones climáticas adversas. Comparando los resultados obtenidos encontramos que en las plantas que recibieron fertilización tuvieron entre un 30 y 40% más de rendimiento, lo que mejora el rendimiento promedio de 2,6 kg por m² a 3,4 kg por m².

Los tubérculos de yacón se dividieron en seis grupos, según forma y tamaño: ovalados (globoides) grandes, medianos y pequeños y fusiformes (alargados) grandes, medianos y pequeños. Presentan color externo dependiendo de la variedad, crema, crema oscura, rosada o púrpura y una coloración interna amarilla o blanca. Formas similares a lo informado en otras regiones de producción de yacón.

Tabla Nº 13. Evaluación morfológica de los tubérculos de yacón según su longitud, perímetro y peso.

Evaluación morfológica								
Muestras de tubérculos	Longitud (cm)	Perímetro	peso					
Ovados grandes	17±2	26±2	320±40					
O. medianos	12±2	18±2	220±40					
O. pequeños	7,5±4	13±5	75±12					
Fusiformes grandes	21±3	19±3	260±30					
F. medianos	16±3	15±3	180±30					
F. pequeños	8±2	10±5	62±8					

En función de este cuadro se separaron los tubérculos por variedad para el estudio de sus características químicas.

2.7. Enfermedades

En el cultivo de yacón no se observaron enfermedades importantes. Se pueden presentar manchas foliares, producidas por *Alternaria sp.y Necrospora* sp que no afectan significativamente a la planta, pero pueden ocasionar problemas en condiciones de alta humedad o lluvias muy frecuentes. Esta enfermedad produce necrosis progresiva de las nervaduras y la lamina con la consiguiente defoliación de la planta. Es susceptible al ataque de Nematodos (*Meloidogyne sp*) que afecta significativamente, la arañita roja (*Tetranychus sp*) su ataque pude ser considerable durante la época seca también pude ser atacado por insectos del suelo como picadores y chupadores que lesionan las raíces Se recomienda un buen manejo del riego porque el exceso de agua en el suelo, causa la pudrición de la raíz, (Seminario et al 2003)

2.7.1. Enfermedad del filoplano

Los monitoreos de control de enfermedades se realizaron semanalmente en los sitios 1. Universidad (Campo Buena Vista), 2. Vaqueros, 3. Lesser, 4. Los Yacones y 5. Quijano, en todos los sitios se observó que algunas plantas presentaban

manchas foliares de las que se tomaron muestras. Estas lesiones de color marrón oscuro y con halo clorótico difuso se ubicaban preferentemente próximas al extremo apical y bordes de la lámina foliar. Al estar delimitadas por las nervaduras, las mismas mostraban una forma irregular y angulosa. El signo se manifestó en el haz, como una eflorescencia fuliginosa.

A los fines de determinar la etiología de la enfermedad descripta, las muestras se trabajaron en laboratorio utilizando técnicas fitopatológicas de rutina. Los aislamientos se efectuaron utilizando como medio de cultivo APG al 2%, pH 7 y APG enriquecido con hojas de yacón. Las cajas de Petri se expusieron a 12 horas luz/ 12 horas oscuridad y a temperaturas de ± 25°, durante 12 días.

Por las características de las colonias desarrolladas y de las evaluaciones morfobiométricas de las estructuras (subículo, estroma, conidióforo y conidios) se determinó que el agente causal de las manchas necróticas es un hongo perteneciente al género Cercospora.

Los insectos colectados en la plantación de yacón durante los sucesivos relevamientos fueron: Corecoris fuscus (Hemiptera:Coreidae), Edessa meditabunda (Hemiptera:Pentatomidae), Dichroplus vittatus (Orthoptera Acrididae), Beacris punctulatus (Orthoptera:Acrididae), Staurorhectus longicornis (Orthoptera:Acrididae), Tropicomyia sp.(Diptera:Agromyzidae), Camponotus sp.(Hymenoptera: Formicidae) Atta sp (Hymenoptera Formicidae), y Ephedrus sp. (Hymenoptera: Braconidae). Los hemipteros son conocidas como chinches y los ortopteros son los llamados tucuras. Si bien son fitofagos, y se alimentan especialmente de las hojas no se hallan en una densidad como para considerarlos perjudiciales.

En un sector del sitio 1. Universidad (Campo Buena Vista) se observaron que algunos ejemplares de *Smallanthus sonchifolius* presentaban intensa defoliación. Se tomaron muestras de plantas completas, (2 ejemplares) maduros al final de ciclo del cultivo. El filoplano presentaba un aspecto atizonado, con las hojas con grandes áreas necrosadas, ennegrecidas, que no respetaban las nervaduras. En el haz, se observó el signo del patógeno, como puntuaciones oscuras.

Se realizaron aislamientos con desinfección superficial de la zona límite de la mancha. Una vez obtenidas las colonias se comprobó que la morfología del hongo aislado en las colonias coincidía con la observada en los preparados microscópicos

del signo (subículo). En la zona del cuello se observó una coloración negruzca, que en algunos casos circundaba completamente el tallo. Se hicieron cortes longitudinales de la zona afectada (cuello) en cuyo interior se comprobó la presencia de micelio reemplazando la médula. Unos pocos centímetros más arriba, la médula se presentaba tabicada.

Se realizaron aislamientos a partir del límite de la zona afectada empleando la técnica de desinfección superficial modificada. La morfología del hongo aislado fue coincidente con la observada a partir del signo (micelio en zona de cuello). Se concluyó que se trataba de *Alternaria sp.y Cladosporium spp.* Para el tratamiento de esta enfermedad (Alternaria solani) se utilizo un tratamiento con Azoxitrobina, cuya Nomenclatura Química: Metil (E)-2-{2-[6-(2-cianofenoxi)pirimidin-4-iloxi]fenil}-3-metoxiacrilato. Clasificación Química: estrobilurina. Con acción de contacto y sistémica.

Las dosis recomendadas: aplicación preventiva a la mitad del ciclo del cultivo, con condiciones predisponentes. 300 cm3/ha. Repetir cada 15 días. En presencia de los primeros síntomas emplear la dosis mayor curativo: aplicar cada 20 días.500 cm3/ha Aplicaciones cada 30 días.

Se observó también que de las raíces reservantes de los ejemplares estudiados que llegaron al laboratorio mostraron que aproximadamente la mitad se mostraban blandas al tacto, evidenciando la destrucción del tejido interno. En cortes longitudinales se observó pudrición húmeda con presencia de zoogleas y exósmosis del contenido celular. Para la identificación de este patógeno se emplearon medios de cultivo selectivos. Se identificó la presencia de *Pectobacterium sp.*

2.7.2. Enfermedades en poscosecha

Dado que la cosecha de las batatas del yacón se realizó en diferentes sitos, se tomaron muestras en cada una de ellas para almacenarlas.

En etapa de almacenamiento se detectaron batatas que presentaban huecos en su interior (Foto). Se infiere que este un problema posterior a la cosecha, ya que las cavidades no presentan alteraciones en la pared en cuanto a color y

consistencia, no manifestándose por tanto suberización en la zona afectada. Se determinó una bacteriosis de naturaleza saprofitica que se desarrolló en el órgano vegetal como consecuencia de lesiones mecánicas, las que sirvieron de puerta de entrada a las bacterias para que degradaran el sustrato



Foto: batatas de yacón con diferentes tipos de huecos

También en etapa de almacenamiento se observó el desarrollo de colonias de Penicillium sp. en aquellas batatas cuyas epidermis sufrieron heridas de poscosecha.

2.7.3. Conclusiones

En base al seguimiento realizado durante todo el ciclo de cultivo 2011, se puede concluir que la sanidad del yacón resultó en general buena pero puede existir algún riesgo de infecciones fúngicas a las que se debe estar atento para su control como las que se observaron en el sitio 1. Además es de destacar que no se registraron enfermedades, ni plagas insectiles que afectaran el rendimiento o la calidad de las plantas.

3. Análisis Químicos de las hojas y las raíces de yacón

3.1. Análisis de las hojas

La recolección de las hojas de *S. macroscyphus* (yacón del campo) se realizó el 15 de abril cuando las plantas anteriormente marcadas habían florecido y se las pudo identificar con mayor precisión. Las hojas fueron secadas en laboratorio a temperatura ambiente en aproximadamente dos días conservado su color.se trabajo con hojas deshidratadas porque las hojas frescas tienen un alto contenido de agua.

La composición química de hojas frescas y deshidratadas no se modifica, siempre que el secado sea hecho correctamente. En literatura sólo se reportaron estudios químicos con extractos de hojas secadas a temperatura ambiente (Simonovska *et al.*, 2003, Valentová *et al.*, 2005; Genta et al 2009).

La cosecha de hojas de S. sonchifolius (yacón) se realizó en forma simultánea el 30 de mayo en los sitios: 1. Universidad (Campo Buena Vista), 2. Vaqueros, y 3 Los Yacones. Se secaron en estufa Bull Curing, las muestras para análisis fueron marcadas para su identificación.

Se trabajó con material seco debido a que en pruebas preliminares se determinó que solo existe una variación en la concentración de los compuestos por la pérdida de agua en el proceso de deshidratación pero no una variación de los compuestos quimicos. Los resultados obtenidos en nuestro estudio 2007, nos muestra que los diferentes procesos de secado no alteran la composición química de las hojas de yacón.

Además la finalidad principal de estos estudios tiene que ver con los productos que se desea obtener para su posterior comercialización, en el caso particular de las hojas de yacón la forma más adecuada es deshidratada usando aproximadamente 2g de hojas secas por infusión.

Las muestras de las hojas deshidratadas de S. *macroscyphus* y S. *sonchifolius* fueron pulverizadas y posteriormente se obtuvieron infusiones de cada una de las muestras, se obtuvo el extracto acuoso de acuerdo al siguiente esquema:

Hojas deshidratadas (10 g) ? 1000 mL de agua destilada hirviendo se agregaron a las hojas y se dejaron extraer durante 20´? Filtración ? Evaporación a sequedad en evaporador rotatorio a presión reducida (temperatura= 60 ° C) ? Extracto acuoso.

Muestra 1: hojas deshidratadas de S. macroscyphus. Masa de extracto: 1,0 g.

<u>Muestra 2</u>: hojas deshidratadas de *S. sonchifolius* recolectado en plantación de Universidad (Campo Buena Vista). Masa de extracto 2,1 g.

<u>Muestra 3</u>: hojas deshidratadas de *S. sonchifolius* recolectado en plantación de Vaqueros Masa de extracto 2,8 g.

<u>Muestra 4</u>: hojas deshidratadas de S. sonchifolius recolectado en plantación de Los Yacones. Masa de extracto 2,5 g.

Los diferentes rendimientos de los extractos obtenidos de las muestras arriba mencionadas probablemente se producen por una diferencia en la composición química de ambas especies. El mayor rendimiento observado en *S. sonchifolius*, se debería a la mayor concentración de compuestos polares en esta especie con respecto a *S. macroscyphus*. En el caso de *S. sonchifolius* la diferencia entre los diferentes rendimientos podría deberse a la influencia de los diferentes sitios de recolección.

Los rendimientos obtenidos a partir de 10 g de producto seco muestran que las infusiones van a contener para *S. macroscyphus* 0,2g de compuestos y para *S. sonchifolius* entre 0,4 y 0,5g de compuestos. En esa masa de compuestos químicos se encontrarían el o los probables principios activos.

3.2. Determinación de metabolitos de material seco.

Para el fraccionamiento de los productos se separan los componentes polares de los no polares mediante cromatografía de fase reversa

Los extractos acuosos obtenidos con las muestras 1 a 4 fueron sometidos a cromatografía en columna de fase reversa C-18, utilizando las siguientes mezclas de solvente: metanol-agua 3:7 (Fracción 1), metanol-agua 7:3(Fracción 2), metanol (Fracción 3). Las muestras 2 y 4, no fueron seleccionadas para este etapa del estudio, porque contienen un perfil de componentes químicos semejante al de la muestra 3, esto se deduce del análisis por cromatografía en capa delgada.

Fracción 1, contiene los componentes de mayor polaridad (compuestos altamente solubles en agua).

Fracciones 2 y 3, contienen los productos de menor polaridad (compuestos poco solubles en agua).

3.3. Separación y aislamiento de los productos puros

Se realizó un estudio comparativo de los componentes químicos presentes en las distintas fracciones, mediante cromatografía en placa delgada de silica gel.

Para determinar las estructuras químicas de los compuestos polares se analizó la fracción 1 de cada extracto y se utilizaron como testigos reactivos puros de ácido

férulico, ácido cafeico y ácido clorogénico (Aldrich). Estos compuestos son los mismos que fueron previamente informados en extractos acuosos de yacón (Simonovska et al., 2003).

Figura Nº 10. Estructuras químicas de compuestos polares.

Las placas de cromatografia fueron desarrolladas en dos sistemas de solvente: n-butanol-ácido acético-agua (10:1,75:8) (Sistema A) y ciclohexano-acetato de etilo-ácido acético glacial (4:6:0,15) (Sistema B). La detección de los compuestos se realizó por espectroscopía UV a una longitud de onda de 254 nm, y con solución de FeCl3 al 1 % en metanol.

El análisis de los cromatogramas obtenidos (Figuras 1 y 2), revela que las muestras analizadas no contienen ácido ferúlico y ácido cafeico, esto se deduce porque no se observan en las fracciones los colores correspondientes a estos compuestos al revelar con FeCl3 al 1 % en metanol (mancha de color naranja correspondiente al ácido ferúlico y violeta-azulada correspondiente al ácido cafeico), Esto también fue confirmado por el revelado previo del cromatograma a la luz UV.

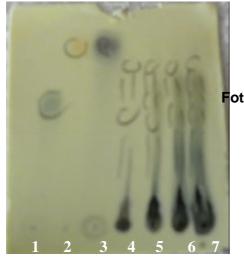


Foto1: cromatograma en el sisistema A

Referencias: 1- Ácido clorogénico, 2- Ácido ferúlico, 3- Ácido cafeico,

- 4- Fracción 1 del extracto S. macroscyphys,
- 5- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius Universidad (Campo Buena Vista).
- 6- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius, Vaqueros
- 7- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius Los Yacones



Foto 2: cromatograma en el sistema B.

Referencias: 1- Ácido clorogénico, 2- Ácido ferúlico, 3- Ácido cafeico,

- 4- Fracción 1 del extracto S. macroscyphys,
- 5- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius Universidad (Campo Buena Vista).
- 6- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius, Vaqueros
- 7- Fracción 1 del extracto de S. sonchifolius Los Yacones

Por otra parte, en el cromatograma A se observa la presencia de compuestos de mayor polaridad que el ácido clorogénico, estos compuestos se observan como manchas de color azul que se desplazan a menor distancia que el ácido clorogénico respecto a la línea de siembra.

Del análisis de los cromatogramas A y B, podría concluirse que el extracto acuoso de S. *macroscyphus* y S. *sonchifolius*, contiene ácido clorogénico y una mezcla compleja de derivados de este ácido.

Las fracciones 2 y 3 de los extractos acuosos de S. *macroscyphus* (muestra 1) y S. *sonchifolius* (muestra 3), fueron analizadas por cromatografía en placa delgada de silica gel y silica gel C-18.

Cromatograma C: realizado en placa de silica gel, utilizando como eluyente mezcla de diclorometano-acetona (2,9:0,1). Revelado con vainillina al 1% en etanol, y ácido sulfúrico.

Cromatograma D: realizado en placa de silica gel C-18, utilizando como eluyente mezcla de metanol-agua (1:1). Revelado con vainillina al 1 % en etanol, y ácido sulfúrico.

Foto 3: Cromatograma C

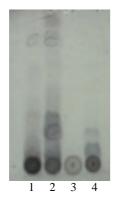


Foto 4:Cromatograma D



Referencias: 1- Fracción 2 de S. macroschypus, 2- Fracción 3 de S. macroscyphus, 3- Fracción 2 de S. sonchifolius, 4- Fracción 3 de S. sonchifolius

El análisis de los cromotogramas C y D, muestra que las fracciones 2 y 3 de los extractos acuosos de *S. macroscyphus* y *S. sonchifolius* contienen mezclas de lactonas sesquiterpénicas (compuestos poco solubles en agua), esto se deduce de los colores desarrollados al revelar con el reactivo vainillina (manchas de colores azules).

El análisis de los cromatogramas C y D nos permite determinar que la composición química en lactonas sequiterpénicas de las hojas de S. *macroscyphus* es diferente de la de hojas de S. *sonchifolius*, ya que se observan diferentes desplazamientos de los compuestos respecto a la línea de origen (manchas azules a distintas alturas).

3.4. Determinación estructural de los productos puros

Estudio de F 1 de S. sonchifolius y S. macroscyphus: estas fracciones fueron sometidas a cromatografía en columna de Sephadex LH 20 utilizando como solvente metanol. Se obtuvieron diversas fracciones las que fueron analizadas por espectroscopía infrarroja y resonancia magnética nuclear, el análisis de estos estudios reveló que los componentes polares se encuentran formando parte de mezclas complejas irresolubles, es decir que no es posible aislar cada uno de los componentes, esto se debe a que existen numerosos compuestos en muy bajas concentraciones.

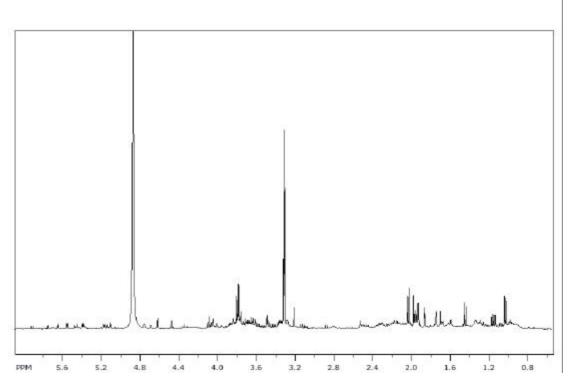


Figura Nº 11. Espectro de Fracción 1 de S. sonchifolius(400 MHz, DMSO)

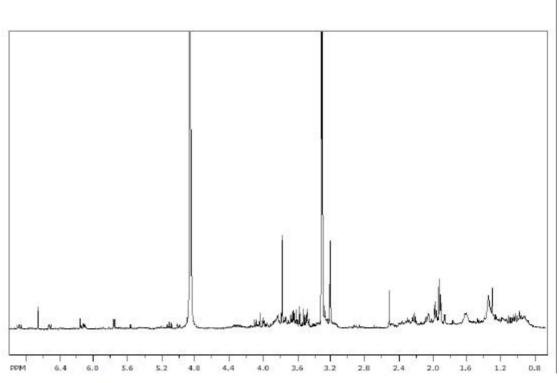


Figura Nº 12. Espectro de F1 de S.macrocyphus (400 MHz, DMSO)

El análisis de estos espectros revela que existen numerosos compuestos en bajas concentraciones, esto se deduce de la comparación de la altura de las señales con la señal de referencia a 4,8 ppm. Además el conjunto de señales observadas entre 4,2 y 3,2 ppm sugiere la presencia de compuestos con restos glicosilados en su estructura. Los resultados obtenidos están de acuerdo con lo deducido en el análisis de los cromatogramas A y B, en el que se observaban compuestos con mayor polaridad al ácido clorogénico, probablemente existen diversos derivados de este ácido con sustituyentes glicosilados.

Estudio de F2 y F3 de de S. sonchifolius y S. macroscyphus:

El análisis de los espectros deF2 y F3 de *S. m y S. s* revela que existen mezclas de lactonas sesquiterpénicas de núcleo melampólido, lo que es deducido de las señales registradas entre 7,1 y 6,8 ppm. En S. sonchifolius se observa una mezcla de mayor cantidad de componentes.

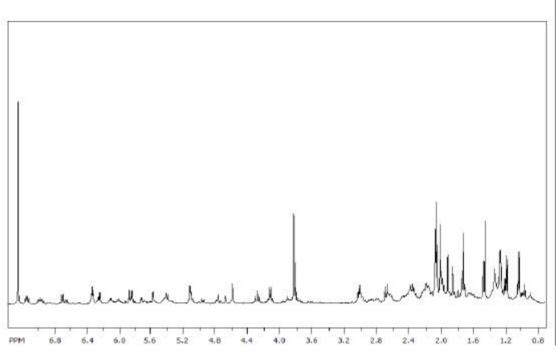


Figura N° 13. Espectro de F3 de S.s (400 MHz, DMSO)

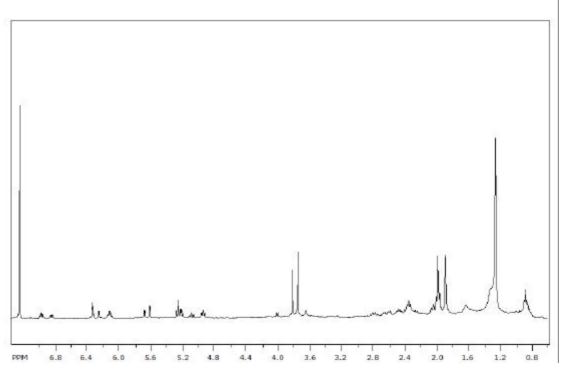


Figura Nº 14. Espectro de F3 de S.m (400 MHz, DMSO)

Los componentes químicos presentes en estas fracciones se encuentran también en bajas concentraciones, lo que se deduce de la comparación de la altura de las señales con la señal de referencia en 7,26 ppm.

Estas fracciones fueron sometidas a cromatografía en columna de silica gel, utilizando como solvente mezclas de hexano-acetato de etilo en polaridad creciente. Se obtuvieron diversas fracciones que fueron repurificadas por cromatografía en placa delgada de silica gel. Se aisló enhydrina desde S. *sonchifolius*, y polymatina A desde S. *macroscyphus*, los que fueron identificados por espectroscopía infrarroja y resonancia magnética nuclear. Los datos espectroscópicos coinciden con los informados previamente en estudios relazados por De Pedro et al 2003 y Stefani et al 2006.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio, revelan que el extracto acuoso de *S. sonchifolius* contiene derivados de ácido clorogénico (componentes mayoritarios) y lactonas sesquiterpénicas (componentes minoritarios), siendo el principal constituyente enhydrina. Nuestros resultados coinciden con lo informado recientemente (Genta et al., 2010; Oliveira et al., 2011).

3.5. Purificación y determinación del principio activo por HPLC

Son muchos los estudios que han demostrado que las hojas de yacón son ricas en lactonas sesquiterpénicas (STL), flavonoides y compuestos fenólicos relacionados con los ácidos clorogénico (CGA) (Simonovsska et al.2003; Valentova et al, 2004; Schorr y Da Costa, 2005; Schorr et al, 2007; Hong et al, 2008;. Xie et al, 2008;. Xiang et al, 2010). Entre las lactonas Enhydrin es el principal componente de alto rendimiento aislada en hojas de yacón durante los últimos años, la evidencia científica indica que posee propiedades antidiabéticas, además en su actividad biológica tiene efectos antibióticos y antiinflamatorios Enhydrin fue incluido en un sistema patentado de antidiabéticos de formulación farmacéutica por Japón

En este estudio se realizó una repurificación de enhydrina por HPLC, utilizando una columna C8, con mezclas de metanol-agua 8:2; 2mL /min. A partir del extracto acuoso.de hojas de yacón. Los resultados obtenidos en nuestro estudio, revelan que el extracto acuoso de *S. sonchifolius* contiene derivados de ácido cafeico, de ácido clorogénico (componentes mayoritarios) y lactonas sesquiterpénicas (componentes minoritarios), siendo el principal constituyente enhydrina. Nuestros resultados coinciden con lo informado recientemente (Genta et al., 2010; Oliveira et al., 2011).

En los estudios consultados se ha informado que la lactona sesquiterpénica enhydrina compuesto aislado desde un extracto orgánico es la responsable de la actividad hipoglucemiante de hojas de yacón (Genta et al., 2010). Sin embargo, en este trabajo este compuesto químico fue aislado desde un extracto orgánico de hojas y no desde el extracto acuoso. Recientemente (Oliveira et al., 2011) llevó a cabo un estudio de extractos de hojas de yacón, efectuando además un estudio de la composición química del extracto acuoso mediante cromatografía líquida de alta presión (HPLC).

Los ácidos cafeico y clorogénico son conocidos principalmente por sus propiedades antioxidantes sin radicales libres recientemente, estos compuestos químicos han sido considerados como los principios activos en la regulación del metabolismo de la glucosa, se cree además que tienen una toxicidad muy baja ya que son constituyentes comunes de las plantas utilizadas en humanos dietas (Zhao y Moghadasin, 2010). Pero también se han identificado ortos compuestos en las hojas de yacón se trata de diterpenos y fenilpropanoides, los que se encuentran en

los tricomas de las hojas. Debido a que son tóxicos la simple presencia en tricomas en la superficie foliar advierte que de la potencial tóxicicidad de las preparaciones populares de esta planta (Oliveira et al., 2011). Oliveira y colaboradores concluyen que el efecto hipoglucemiante observado después del tratamiento durante 30 días es reversible y fue probablemente el resultado de una lesión renal causada por la toxicidad de yacón. Debido a que estos terpenoides son los principales compuestos tóxicos en las hojas del yacón, por lo que no recomiendan el uso oral de yacón hojas para tratar la diabetes.

De hecho, Aybar et al. (2001) han demostrado la acción hipoglucemiante de un extracto acuoso de hojas del yacón en ratas normales y diabéticas tratadas durante 30 días con infusiones de té. Otro estudio realizado por Genta et al. (2010) mostró que tres extractos orgánicos, y la enhydrin sesquiterpenlactonas, de las hojas de yacón con actividad hipoglucemiante efectivo en ratas. La toxicidad aguda también ha sido evaluada, y encontraron que los extractos tenía un elevado margen de seguridad.

De acuerdo a lo reportado por Genta y colaboradores 2010, la actividad hipoglucemiante de enhydrin se ha evaluado en ratas de laboratorio en diferentes dosis. Curiosamente, en dosis de 0,8 mg / kg enhydrin no tiene importantes efectos reductores de la glucosa en ayunas ratas con glucemia normal a diferencia en la acción hipoglucemiante de los extractos de hojas de yacón, esto podría ser atribuido a sus diferentes perfiles farmacodinámicos. A pesar de su moderada acción hipoglucemiante demostraron su eficacia en controlar el pico hiperglucémico post-prandial. Por otra parte, en los animales tratados se redujo la excreción urinaria de glucosa. Estos resultados estarían relacionados con la alta efectividad de los extractos en la disminución y el mantenimiento de la glucemia en ayunas los niveles en todo el período de tratamiento. En conclusión, estos resultados apoyan la creencia de que los compuestos activos de *S. sonchifolius* hojas podría mejorar el estado diabético.

Debido a los reportes mencionados nosotros consideramos que la actividad hipoglucemiante de enhydrin en una dosificación 0,8mg/kg correspondiente a lo que obtuvimos de una infusión `preparada con 1,5 g de hojas secas está probada y para recomendar el uso de las hojas de yacón en bajas dosis se debe hacer en forma

controlada, y esperar más investigaciones sobre la toxicidad planteada por Oliviera y colaboradores.

3.6. Análisis físico-químico de la raíz de yacón en material fresco y seco.

Las raíces tuberosas frescas de yacón acumulan principalmente agua y carbohidratos. En términos generales los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50 y 70% son fructooligosacaridos (FOS), el resto de los hidratos de carbono son azúcares simples: sacarosa, fructosa y glucosa (Asami et *al.*, 1991; Graefe et *al.*, 2004; Lock y Rojas, 2005).

En cuanto a los micronutrientes, el yacón contienen minerales como: potasio, calcio, fósforo, hierro, zinc, magnesio, sodio y cobre; vitaminas, de las cuales se encuentran en mayor cantidad la vitamina C y las del complejo B como: tiamina, riboflavina y la niacina (Collazos et al., 1993, Hermann et al., 1999; Muñoz et al., 2006; Maldonado et al., 2008).

La composición química de macrocomponentes de yacón fresco se determinó según metodología oficial de la A.O.A.C., y se observa en el siguiente cuadro:

 $Tabla\ N^o\ 14.$ Composición química de macrocomponentes de raíces de yacón fresco.

Componentes	Yacón fresco grande	Yacón fresco mediano	Yacón fresco chico	
Peso Promedio	369 g	245g	138 g	
Humedad	85,9	86,97	85,4 g	
Hidratos de Carbono	13,9	13,7	13,5g	
Grasas	0,21	0,23	0,24 g	
Proteínas	2,30	2,20	2,30 g	
Cenizas	0,49	0,73	0,73	

Además estas raíces tuberosas poseen los mismos compuestos que se encuentran en las hojas estos son los compuestos polifenólicos derivados del ácido cafeico, sustancias antioxidantes como ácido clorogénico y triptófano, con acción antioccidante y varias fitoalexinas con actividad fungicida (Takenaka et *al.*, 2003).

La presencia de compuestos fenólicos que hacen al yacón susceptible al oscurecimiento enzimático causado por la enzima polifeniloxidasa (PPO). La raíz entera contiene 48.5 ± 12.9 μg.g⁻¹ de ácido clorogénico y 14.6 ± 7.1 μg.g⁻¹ de L-triptófano, estos son fenoles utilizados como sustratos por la PPO; en esta reacción ocurre la formación de melanina, pigmento oscuro que perjudica la apariencia del producto. Según Cabello (2005), esta oxidación ocurre en presencia de oxígeno libre oscureciendo rápidamente la superficie recién cortada de los tubérculos; sin embargo puede ser controlada mediante la inhibición de la enzima PPO por acción del calor o de cloruro de calcio.

El yacón almacena sus carbohidratos principalmente en forma de FOS, los cuales son conocidos como fructanos y se caracterizan por sus enlaces tipo ß- (2-1) entre las unidades de fructosa, con un grado de polimerización que varía entre 2 y 60 unidades. Por su configuración química los fructanos no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas, pero son fermentados en su totalidad por las bacterias del tracto gastrointestinal; es por esta razón que este tipo de compuestos se comportan como **fibra dietética** (Madrigal y Sangronis, 2007; Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Reino Unido, 2007).

El Código Alimentario Argentino (C.A.A.) define a la Fibra Alimentaria como "cualquier material comestible que no sea hidrolizado por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano". Asimismo define a los Fructooligosacáridos (FOS) como "oligosacáridos de fructosa con uniones ß 2-1 de origen natural o sintético, siendo este último el producto de la hidrólisis enzimática (enzima fructofuranosidasa fúngica) de la inulina o de la síntesis o de la transfructosilación de la sacarosa" (ANMAT, 2011: Cap. XVII, art. 1385). La ingesta diaria recomendada de fibra total es de 25 g/día (SPRRS y SAGPyA, 2007), mientras que la dosis diaria recomendada de FOS es de 2,5 – 10 g/día (Cummings, 2004).

En términos generales la concentración de FOS en las raíces de yacón aumenta a medida que la planta madura y alcanza su máximo valor en estado senescente o un poco antes. Después de la cosecha ocurrirá lo contrario, es decir el contenido de FOS disminuirá progresivamente, este proceso es activado por una

enzima, la fructano-hidrolasa (FH) la que actúa liberando sucesivamente las moléculas de fructosa que se encuentran en posición terminal dentro de las cadenas de fructooligosacáridos.

La conversión de los FOS en azúcares simples tiene lugar inmediatamente después de la cosecha, y su velocidad de conversión es especialmente rápida en los primeros días (Graefe et al. 2003). La hidrólisis de FOS en azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa), puede llegar a tener gran relevancia en el tratamiento post-cosecha y la comercialización de yacón.

El soleado es una costumbre tradicional que se practica para lograr que las raíces se tornen más dulces, esto se produce porque se deshidratan y pierden un 40% de su peso fresco y porque una parte importante de los FOS se convierten en azúcares simples. Nuestros resultados indican que la hidrólisis parcial de oligofructanos comienza poco después de la cosecha, tanto a temperatura ambiente como bajo refrigeración. Así, para una mayor conservación y estabilización de los FOS, la deshidratación del yacón debería ser rápida.

Debido al proceso de despolimerización de fructanos después de la cosecha es de gran importancia para establecer el manejo poscosecha, reducir al mínimo los cambios en el contenido y la distribución de los hidratos de carbono con el fin de prolongar la vida de estos productos estudiando la variación del FOS en los tratamientos post-cosecha de las raíces de yacón.

3.6.1. Métodos de secado de yacón

Entre los métodos de conservación, la deshidratación es uno de los más empleados debido a que mejora la estabilidad de los alimentos, reduciendo considerablemente la actividad de agua y minimizando las alteraciones físicas, químicas y microbiológicas durante el almacenamiento (Fenner, 2009).

Dado que el yacón es una planta de temporada, es importante utilizar, tratamientos tecnológicos específicos para su conservación de manera que pueda estar disponible en buenas condiciones durante más tiempo.

Para el secado se utilizaron raíces, lavadas y peladas, cortadas transversalmente con un grosor de 0,3 cm. Las mismas fueron sometidas a un

secado en estufa con corriente de aire forzado durante 23 horas, en la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional de Salta.

El secado solar se llevó a cabo en la Localidad de San Carlos, utilizando para ello un prototipo experimental desarrollado por el INENCO el procedimiento fue el mismo que se utilizo para el secado con aire forzado, el tiempo requerido fue de 30 horas. La humedad final en las hojuelas secas fue de 5,75%, valor cercano al obtenido por el secado tradicional (estufa) de yacón, el cual fue de 4,5%.

Foto 1: Hojuelas Secado en estufa

Harina Secado en estufa



Foto 2: Hojuelas Secado solar

Harina Secado solar





Debido al pardeamiento enzimático que sufre la raíz se decidió utilizar Cloruro de calcio al 1% como pretratamiento, ya que este compuesto por tratarse de una sal

promueve una competencia entre los tejidos del vegetal y los iones salinos por la molécula de agua, lo que consecuentemente lleva a la remoción de agua del producto provocando la compactación de los tejidos. Se ensayaron diferentes procesos de secado con variedad blanca y amarilla de yacón, y efectuaron la caracterización físico-química de los productos obtenidos. En la tabla Nº 15 observamos los resultados obtenidos, debido a ellos se eligió trabajar con la variedad blanca.

Tabla Nº 15. Porcentajes de rendimiento tratamientos en variedad amarilla y blanca

Proceso de Obtención	Rendimiento (%)
Yacón variedad amarilla + CaCL ₂	8,93
Yacón variedad amarilla sin pretratamiento	4,66
Yacón variedad blanca + CaCL ₂	9,38
Yacón variedad blanca sin pretratamiento	5,63

El valor promedio de pH para harina de yacón fue de 5,7; el mismo es semejante al reportado por Fenner (6,0) e inferior al informado por Ramos (6,35) (Fenner et al., 2009; Ramos, 2007). Manrique et al. (2005) y Santana y Cardozo (2008) reportan que la conversión de FOS a azúcares libres se incrementa en medios acidificados con pH = 4,0.

En la tabla Nº 16 se presentan los valores correspondientes al patrón colorimétrico de la harina de yacón variedad blanca más CaCL₂.

Tabla Nº 16. Patrón colorimétrico de harina de yacón variedad blanca más CaCL2

Materia Prima

Parámetros

	L*	a*	b*
Harina de yacón	83,99 ± 0,14	$3,79 \pm 0,08$	$8,82 \pm 0,36$

El eje L*, indica luminosidad y en la escala se representa de 0 (negro) a 100 (blanco), evidenció una tendencia al blanco, lo cual indica que la harina de yacón presenta buena luminosidad con un L* de 83,99; esto se debe al pre-tratamiento del yacón con cloruro de calcio al 1%, el cual evitó el oscurecimiento producido por el pardeamiento enzimático. El valor a*, que representa la variación de color entre rojo y verde, en la muestra estudiada presentó una leve coloración rojiza con un valor de 3,79. El parámetro b*, que en la escala registra del azul al amarillo, mostró una tendencia amarillenta con valores alejados del cero (8,82).

3.6.2. Caracterización Química

En base al rendimiento y a las características sensoriales de las harinas obtenidas en los diferentes procedimientos se seleccionó le yacón variedad blanca más CaCL₂. En tabla Nº17 se presentan los resultados de la composición química proximal de la harina de yacón seleccionada.

La humedad de la harina obtenida fue de 4,5% y el Valor calórico de 203 Kcal /100g.

Tabla Nº 17. Composición química de harina de yacón (g /100 g en base seca) (a) calculado por diferencia (b) calculado por sumatoria de azúcares libres y fructanos.

Componentes	$\bar{X} \pm DE$
Hidratos de Carbono Azúcares libres	81,85 11,62 ^(a)
Fructanos	70,23
Proteínas	$13,80 \pm 0,17$
Grasas	0.69 ± 0.30
Cenizas	$3,66 \pm 0,00$

El porcentaje de Proteínas fue de 13,80 g/100 g; superior al citado por Moscatto en 2004 (8,32%) y Rolim 2010 (3,36%). Las diferencias en la proporción de proteínas podría deberse a diferentes factores que influyen en el cultivo factores ambientales, tipo de suelo, la época de siembra y cosecha.

La proporción de Grasas fue de 0,69 g/100 g, valor intermedio al referido por Rolim y Moscatto; 0,19% y 1,07% respectivamente

La cantidad de Cenizas o Minerales totales (3,66 g/100 g) se encuentra próxima al valor determinado por Moscatto en 2004, 3,75%.

La Humedad fue de 4,5 g/100 g, similar al estudio realizado por donde obtuvieron una harina de yacón de 4,35% de humedad.

El Valor Calórico de la harina de yacón fue de 203 Kcal/100 g, inferior al citado por Rolim 2010, el cual fue de 282 Kcal/100 g.

El porcentaje de Hidratos de Carbono totales fue de 81,85 g%, semejante a un estudio realizado por Moscatto y colaboradores en 2004 que informa una proporción de 82,49%. En cuanto a los Azúcares libres, el valor obtenido fue de 11,62 g/100 g, un contenido menor al encontrado por Hermann et *al.* (1990) y superior al manifestado por Ramos (2007), 16,2% y 7,62% respectivamente. Ohyama (1990) y Asami et *al.* (1991) reportan que los únicos azúcares libres encontrados en el yacón son: glucosa, fructosa y un porcentaje bajo de sacarosa.

El contenido de Fructanos de la harina analizada fue de 70,23 g/100 g, valor próximo al referido por otros autores, 67 g/100 g (Asami et *al.*, 1991), 50–62 g/100 g (Graefe et *al.*, 2004) y 60–70 g/100 g (Lock y Rojas, 2005)

3.7. Separación y aislamiento de productos puros.

El estudio de separación y aislamiento de los azucares (fructanos) de raíces frescas de yacón y su degradación durante el almacenamiento se llevó a cabo utilizando yacones sometidos a diferentes condiciones de almacenamiento.

Luego de la cosecha las raíces fueron separadas en 2 grupos. El lote 1 fue mantenido por 35 días a temperatura ambiente (15,0 \pm 2,0°C) y la extracción de fructanos y medición de sólidos solubles fue realizada en intervalos de 5 días, totalizando 8 muestras. El lote 2 fue almacenado bajo refrigeración a 4,5 \pm 0,5°C (De Oliveira y Nishimoto, 2005) por 40 días y los análisis se llevaron a cabo con iguales intervalos, obteniendo un total de 9 muestras.

Los fructanos fueron extraídos según la metodología propuesta por Zuleta y Sambucetti (2001); la cual consistió en triturar la pulpa del yacón y suspenderla en agua bidestilada en una relación del 10 % (p/v); esto fue llevado a un agitador

mecánico Precytec modelo A-9/1177 (200 W) por 30 minutos a una temperatura constante de 85°C y posteriormente se colocó en una centrífuga Demon IEC, modelo B-20 A, a 5000 rpm durante 30 minutos. El sobrenadante se separó en 2 muestras; una de ellas fue sometida a medición de sólidos solubles, empleando un refractómetro óptico portable marca Milwaukee, modelo MA 871 (0 – 85 % Brix, con compensación automática de temperatura); las restante fue congelada a -15,0 ± 2,0°C para su posterior cuantificación de fructanos, la cual fue realizada por cromatografía HPLC.

3.7.1. Resultados

El índice de refracción (IR), el cual está relacionado a la concentración total de sólidos disueltos en una solución (Rushing, 1999; National Microscope, 2002), permitió una rápida estimación de estos en los extractos de yacón.

Según Hermann et al. (1999) el IR presenta una correlación positiva con el contenido de FOS sólo en las raíces frescas pero no durante el almacenamiento de las mismas; existiendo una relación inversa durante el mismo (Graefe et al. 2004).

Cabe señalar que la cuantificación de fructanos por cromatografía se efectuó hasta los 20 y 25 días respectivamente. Pasado dichos períodos las raíces de yacón no presentaban características de calidad para su consumo.

En las figuras N°15 y N°16 se muestra que la concentración de sólidos solubles (SS) en el extracto de yacón recién cosechado fue de 17 °Brix, valor similar al reportado por Arango Bedoya et al. (2008). La concentración de fructanos determinada por cromatografía fue de 18 g/100 g.

En el lote de yacones almacenados a temperatura ambiente (figura N°15) se observa que el contenido de sólidos solubles tiende a permanecer estable hasta el quinto día (17°Brix), luego sufre variaciones entre 20°Brix y 18°Brix. Al día 20 se evidencia un aumento en la proporción de sólidos solubles (22°Brix) con una tendencia a disminuir hacia el día 25 a un valor de 17°Brix. Al día 35 la concentración de sólidos solubles fue de 25°Brix.

En cuanto al contenido de fructanos hubo una evidente disminución al quinto día (12,9 g /100 g) lo que representa a una pérdida del 28%, posteriormente un aumento al décimo (16,7 g/100 g), para luego disminuir al vigésimo (14,7 g/100 g),

evidenciándose un descenso del 18% al final del estudio como se observa en el cromatograma.

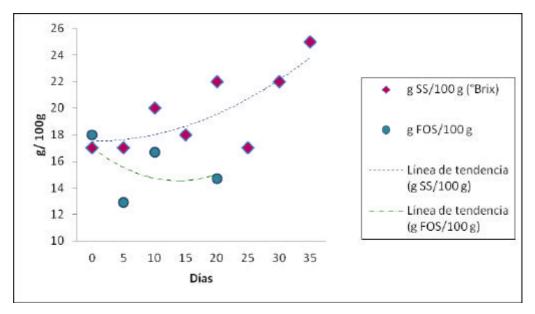


Figura Nº 15. Contenido en 100 g de yacón fresco almacenado a temperatura ambiente de sólidos solubles medidos en (°Brix) y fructanos en (g).

Con respecto al almacenamiento del yacón bajo refrigeración, se puede observar en la figura N°16, una disminución en los sólidos solubles hacia el décimo día (14°Brix), los cuales posteriormente tienden a aumentar progresivamente al día 30 (29°Brix).

En cuanto al contenido de fructanos de yacón almacenado a temperatura de refrigeración, este tiende a permanecer estable hasta el día 15, con variaciones entre 18 y 16 g/100 g, observándose una pérdida del 11%, luego se evidencia una disminución a 12,1 g/100 g al día 25, lo cual equivale a una pérdida total del 33% como se observa en cromatogramafigura Nº 17.

Cabe señalar que si bien el contenido de sólidos solubles muestra un aumento evidente durante el almacenamiento debido a la degradación de fructanos, este también se ve afectado por el aumento de la materia seca o la deshidratación de la muestra durante el almacenamiento. Esta tendencia también fue observada y reportada por Fenner en el estudio de secado de raíces de yacón por aire caliente a 50, 60 y 70°C.

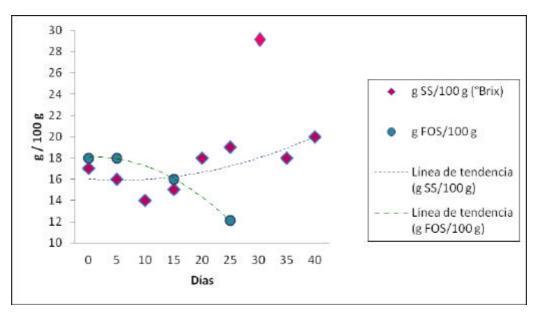


Figura Nº 16. Contenido en 100 g de yacón fresco almacenado a temperatura de refrigeración de sólidos solubles en (°Brix) y fructanos en (g)

En el Figura Nº 16 se observa que las concentraciones de los sólidos solubles aumentaron más lentamente durante el almacenamiento refrigerado, la diferencia básica entre ambas formas de almacenamiento es que las reacciones metabólicas a temperatura ambiente ocurren de forma más rápida (De Oliveira y Nishimoto, 2005).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la presente investigación, podemos concluir que; la concentración de sólidos solubles en yacón refrigerado disminuyó hasta el décimo día aumentando progresivamente hasta el día 30, mientras que a temperatura ambiente éstos aumentan de manera lineal hasta el día 35. A temperatura ambiente el yacón tuvo una pérdida del 28% del contenido de fructanos al quinto día, mientras que en refrigeración esa concentración se mantuvo estable al día 5, evidenciándose una pérdida del 11% a los 15 días y del 33% a los 25 días.

El almacenamiento del yacón no debería superar los 5 días a temperatura ambiente y los 15 días bajo refrigeración puesto que pasado este período disminuye sensiblemente el contenido de fructanos.

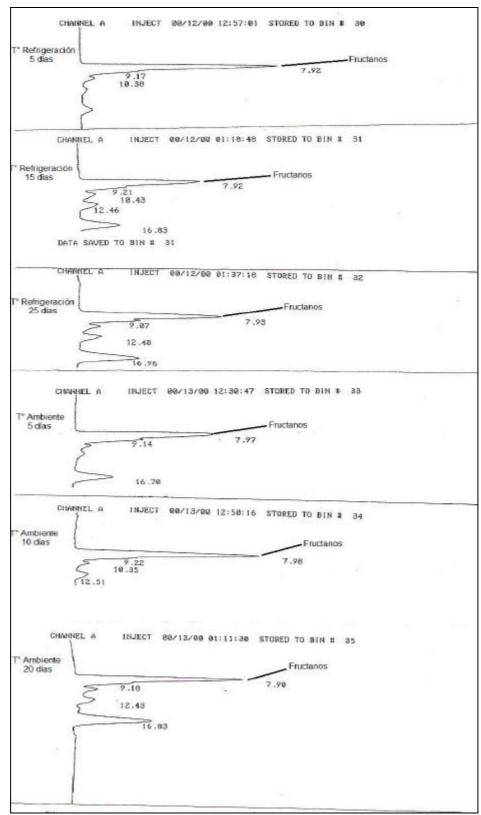


Figura Nº 17. Cromatograma de los contenidos de fructanos en yacón almacenado en refrigeración y a temperatura ambiente

Después de una semana en almacenamiento a temperatura ambiente, el contenido de FOS puede disminuir en un 30 a 40%. Así, con el fin de obtener productos con el mayor contenido posible de FOS es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigerarlas para disminuir la tasa de degradación de los FOS. Por otro lado, la costumbre tradicional de solear (exponer al sol) las raíces por unos días para que se vuelvan más dulces, acelera el proceso de conversión de FOS en azúcares simples, lo que disminuye sensiblemente las propiedades prebióticas del yacón y lo transforma en un alimento con menores beneficios. Para evitar la degradación de los FOS en el procesamiento, es necesario aplicar tecnologías y manejo adecuados

4. Evaluación del rendimiento de las plantas

Con el fin de evaluar el rendimiento de las plantas, sobre la producción de yacón se evaluó el efecto de la aplicación de fertilizante orgánico (con y sin fertilización) y de la extracción de hojas (con y sin). Se hicieron tres aplicaciones, una antes de la plantación, de 0,4 lt por planta, la segunda aplicación a los 40 días y la última a los 90 días. Se aplicó 1.2 lt. de lombricompuesto a cada planta. En el momento de la cosecha de hojas en el sitio 1 Universidad (Campo Buena Vista), se seleccionaron y marcaron 30 plantas cosechando hojas de la mitad de las mismas.

La cosecha de hojas de yacón se realizo el 30 de mayo, se pesaron y se secaron para su análisis. El peso promedio de hojas cosechadas fue significativamente diferente entre tratamientos (t = 3.42, P = 0.0019). El peso promedio de hojas fue de 745.60g en las plantas fertilizadas y 458.53g en las no fertilizadas.

4.1. Metodología

En el momento de la cosecha se registró el peso total de las raíces totales (coronas), de las batatas comestibles (yacones) y de las yemas (semillas) para cada planta estudiada. Se realizó un análisis ANOVA para evaluar si el rendimiento fue el mismo para el factor fertilización (con/sin fertilizar), y extracción de hojas (con/sin cosecha de hojas). Cuando el ANOVA resultó significativo se realizó la prueba de Fisher para ubicar las diferencias."

4.2 Resultados

De acuerdo al análisis realizado como se observa en la tabla Nº18 que el rendimiento de yacones se ve afectado por la cosecha de hojas y la fertilización. Las diferencias observadas por la cosecha de hojas son estadísticamente significativas (F=12,67 p=0,0008), al igual que con la aplicación fertilización (F=4,96 p=0,0299).

Tabla Nº 18. Medidas de resumen de análisis de la Varianza para yacón.

F.V.	sc	gl	СМ	F	p-valor
Modelo	9.56	2	4.78	8.82	0.0005
Tratamiento	6.87	1	6.87	12.67	0.0008
fertilizante	2.69	1	2.69	4.96	0.0299
Error	30.89	57	0.54		
Total	40.44	59			

Por otra parte se observa en las tablas 19 y 20 que la cosecha de hojas y la fertilización son factores que actúan de manera independiente. Las letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05).

 $Tabla~N^{\circ}~19$. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.38075 Error: 0,5419 gl: 5. Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05). Tratamiento 1 con cosecha, 2 sin cosecha

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	1.83	30	0.13	Α
1	1.16	30	0.13	В

Tabla N° 20. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.38075 Error: 0.5419 gl: 57 Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Fertilizante	Medias	n	E.E.	
con	1.71	30	0.13	Α
sin	1.28	30	0.13	В

En este análisis observamos en la tabla N° 20 que el peso de las yemas se vio afectado por la fertilización (F=8,32 p= 0,0055) pero no por la cosecha de hojas (F=0,39 p=0,5355).

Tabla Nº 21. Medidas de resumen análisis de la Varianza de yemas

F.V.	SC	gl	СМ	F	p-valor
Modelo	5.25	2	2.63	4.35	0.0174
Tratamiento	0.23	1	0.23	0.39	0.5355
Fertilizante	5.02	1	5.02	8.32	0.0055
Error	34.38	57	0.6		
Total	39.63	59			

Se observa en la tabla Nº 21 que la cosecha de hojas no afectó significativamente el rendimiento de las yemas. En la tabla Nº 23 se observa que la fertilización si afecta el rendimiento de las yemas.

Tabla N° 22. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.40168 Error: 0.6031 gl: 57 Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	1.94	30	0.14	Α
1	1.81	30	0.14	Α

Tabla N° 23. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.40168 Error: 0.6031 gl: 57.Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Fertilizante	Medias	n	E.E.	
Con	2.16	30	0.14	Α
Sin	1.59	30	0.14	В

De acuerdo al análisis realizado el rendimiento de raíces totales se ve afectado por la fertilización y por la cosecha de hoja. Las diferencias observadas por la cosecha de hojas son estadísticamente significativas (F= 4,98 p=0,0295), al igual que con la aplicación fertilización (F=7,78 p=0,0072).

Tabla Nº 24. Medidas de resumen análisis de la Varianza de raíces totales

F.V.	SC	gl	CM	F	р
Modelo	24.69	2	12.35	6.38	0.0032
Tratamiento	9.64	1	9.64	4.98	0.0295
fertilizante	15.05	1	15.05	7.78	0.0072
Error	110.28	57	1.93		
Total	134.97	59			

Por otra parte se observa en las tablas 25 y 26 que la cosecha de hojas y la fertilización son factores que actúan de manera independiente. Las letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05).

Tabla N° 25. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71943 Error: 1.9347 gl: 57 Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	3.77	30	0.25	Α
1	2.97	30	0.25	В

Tabla N° 26. Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.71943.Error: 1.9347 gl: 57. Letras distintas indican diferencias significativas (p<= 0.05)

Fertilizante	Medias	n	E.E.	
Con	3.87	30	0.25	Α
Sin	2.87	30	0.25	В

Gráficamente podemos observar los resultados de cómo se ve afectado el rendimiento de las plantas por la fertilización y por la cosecha de hoja.

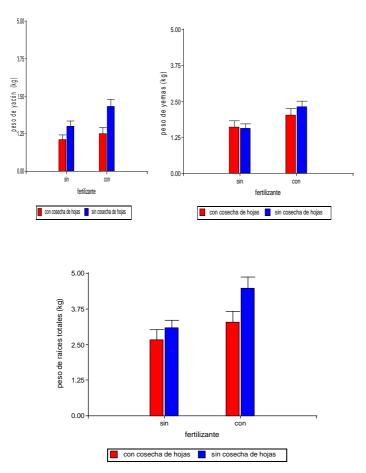


Figura Nº 18. Comparaciones de rendimiento con tratamiento de fertilización con y sin cosecha de hojas.

De acuerdo al análisis realizado el rendimiento en yacones y raíces totales se ve afectado por la fertilización y por la cosecha de hoja, aunque estos factores actúan de manera independiente. El peso de las yemas se vio afectado por la fertilización pero no por la cosecha de hojas.

CONCLUSIONES GENERALES

El Yacón (Smallanthus sonchifolius) se adapta a una amplia variedad de suelos, pero preferentemente ricos, moderadamente profundos a profundos, suelos ligeros, bien estructurados y bien drenados; tolera un amplio rango de pH de ácido a

ligeramente alcalino. Su crecimiento es pobre en suelos pesados. Durante el ciclo de cultivo, el control de plagas y malezas no desempeñan un papel importante, debido al rápido crecimiento de yacón y a los agentes naturales que están presentes en la planta. Las raíces alcanzan la madurez después de siete meses en los lugares de altitud media (600 - 2.500 msnm), y después de más de un año en los sitios de gran altitud (> 2.500 msnm). El rendimiento promedio es de alrededor de 30 t ha-1 de peso fresco equivalente a entre el 1y 15 kg por planta, pero se han logrado cosechas de hasta 100 t ha-1 (Kakihara et al. 1996). Normalmente la cosecha se produce al final de la temporada de lluvia, cuando las partes aéreas comienzan a secarse.

En nuestro ensayo experimental, el rendimiento 2011 para medir el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos en diferentes sitios, fue significativamente favorable. Esto coincide con quienes señalan, además, que el cultivo tiene respuesta positiva al agregado de materia orgánica, práctica común en esta región; Bravo et al. (1999) Grau y Rea (2002) y CONDESAN (1997), Seminario et al. (2003) al evaluar las condiciones agro-ecológicas, donde informan que el yacón tiene alto rendimiento en suelos pobres y condiciones climáticas adversas. Comparando los resultados obtenidos encontramos que las plantas que recibieron fertilización tuvieron entre un 30 y 40% más de rendimiento, lo que mejora el rendimiento promedio de 2,6 kg por m² a 3,4 kg por m². Además en los sitios estudiados encontramos que existen diferencias significativas en el rendimiento de la cosecha de hojas entre las plantas que recibieron tratamiento de fertilización, observamos en todos los casos diferencias significativas en el peso de hojas, para plantas con y sin tratamiento de fertilización. Por lo tanto, las principales ventajas que justifican el cultivo de yacón son su adaptabilidad a una amplia gama de climas y suelos y su potencial para su incorporación en los sistemas agroforestales, control de erosión y el uso potencial de ambas partes aéreas y subterráneas de plantas.

Por otra parte el estudio de yacón del campo (*S. macroscyphus*), indica que es una especie afín a *S. sonchifolia*, y podría representar una fuente de genes en eventuales planes de mejoramientos de esta noble especie.

En cuanto al aprovechamiento de las hojas de *S. sonchifolia* en los cuatro sitios estudiados encontramos que existen diferencias significativas en el rendimiento de hojas entre las plantas que recibieron tratamiento de fertilización y

las que no recibieron, en todos los casos observamos diferencias significativas en el peso de hojas.

Los estudios que realizamos (2007) así como (Vilhena et al, 2000;. Aybar et al, 2001;. Valentova y Ulrichová, 2003; Valentova et al, 2004) se ha demostrado la acción hipoglucemiante del extracto acuoso de hojas del yacón en ratas normales y diabéticas. Otro estudio realizado por Genta et al. (2010) mostró que extractos orgánicos, y la enhydrin lactona sesquiterpenica, de las hojas de yacón tienen actividad hipoglucemiante en ratas. La toxicidad aguda también ha sido evaluada, y encontraron que los extractos tenían un elevado margen de seguridad Genta et al. (2010)

Sin embargo la toxicidad de las hojas de yacón ha sido cuestionada recientemente por Oliviera y colaboradores, los que consideran que los terpenoides contenidos en los tricomas glandulares en la superficie de las hojas son los principales compuestos tóxicos en las hojas del yacón con lo que consideran la potencial toxicidad de las preparaciones populares de esta planta por lo cual recomiendan debe ser cuidadosamente administrada.

Las raíces tuberosas frescas de yacón acumulan principalmente agua y carbohidratos. En términos generales los carbohidratos representan alrededor del 90% del peso seco de las raíces recién cosechadas, de los cuales entre 50 y 70% son fructooligosacaridos (FOS) que son el producto más importante que debemos preservar para su aprovechamiento en la elaboración de productos frescos y secos.

En cuanto al almacenamiento de yacón comprobamos que después de una semana a temperatura ambiente, el contenido de FOS puede disminuir en un 30 a 40%. Así, con el fin de obtener productos con el mayor contenido posible de FOS es necesario procesar las raíces inmediatamente después de la cosecha o refrigerarlas para disminuir la tasa de degradación de los FOS. Por otro lado, la costumbre tradicional de solear (exponer al sol) las raíces por unos días para que se vuelvan más dulces, acelera el proceso de conversión de FOS en azúcares simples, lo que disminuye sensiblemente las propiedades prebióticas del yacón. Para evitar la degradación de los FOS en el procesamiento, es necesario aplicar tecnologías y manejo adecuados

El almacenamiento del yacón no debería superar los 5 días a temperatura ambiente y los 15 días bajo refrigeración puesto que pasado este período disminuye sensiblemente el contenido de fructanos. Por lo que consideramos que es un producto que se debe procesar rápidamente para la obtención de productos secundarios ya sean deshidratados para hojuelas y/o harina o bien hacer el jarabe de las batatas frescas.

El procedimiento para obtener hojuelas y harina de yacón de calidad adecuada fue el que se empleó con pre tratamiento con cloruro de calcio al 1% a una temperatura de 70°C. El pH y el porcentaje de humedad de los productos obtenidos garantizan la estabilidad de los fructanos en almacenamiento. La concentración de fructanos en los productos obtenidos representa 80% y 85% del total de hidratos de carbono en peso seco.

Son muchos los productos secundarios que se pueden obtener a partir de esta noble planta por lo que consideramos muy importante promover su cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arango Bedoya O., Cuarán G. P., y Fajardo J. C., 2008. Extracción, Cristalización y Caracterización De Inulina a partir de Yacón (Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endl.) Para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica.
- Asami T., Minamisawa K., Tsuchiya T., Kano K., Hon I., Ohyama I., Kubota M., Tsukihashi I. 1991. Fluctuation of oligofructan contents in tubers of yacón (Polymnia sonchifolia) during growth and storange. Soil Science and Plant Nutrition, 62: 621-627.
- Atsushi I., Shigeru T., Hieki K. Yumiko N. Masaki A. Osamu K. Tadami A. y Yasuyuki H. 1995. Antifugal melampoides from leaf extracts of Smallanthus sonchifolius. Phytochemistry, 39 (4): 845-848.
- Aybar M., Sánchez Riera A. N., Grau, A., y Sánchez S.S. 2001. Hypoglycemic effect of the water extract of Smallantus sonchifolium (yacon) leaves in normal and
- Baroni S., Suzuki-Kemmelmeier F., Caparroz-Assef S., Kenji Nakamura R., Bersani-Amado C.A. 2008. Effect of crude extracts of leaves of Smallanthus sonchifolius (yacon) on glycemia in diabetic rats. Braz.J.Pharm.Sci. 44, 521-5 Bach S.M., Schuff C., Grau A., Catalán C.A.N., 2007. Melampolides and other consituents from Smallanthus conatus. Biochem. Syst. Ecol., 35, 785-789.
- Boelke O. 1992. Las plantas vasculares de la Argentina nativas y exóticas. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires.
- Borba, A.M. et al. 2005. Efeitos dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata doce. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.25, n.4, p.835-843,
- Bork P. M., Schmitz M. L., Kuhnt M., Escher C. y Heinrich M. 1997. Sesquiterpene lactone containing Mexican Indian medicinal plants and pure sesquiterpene lactones as potent inhibitors of transcription factor NF- Kappa Blnst. Pharma. Biol.1: 85-90.
- Bornet, F.R. 1994.Undigestible sugars in food products. American Journal of Clinical Nutrition, v.59, n.3, Suppl, p.763-769,
- Brown A. D. y Grau H. R. 1993. Desarrollo Agroforestal en Comunidades rurales del Noroeste Argentino. La Naturaleza y el Hombre en Selvas de Montaña. Colecciones Nuestras Ecosistemas. GTZ.
- Burti, F.C.A. Desenvolvimento de queijo fresco cremoso simbiótico. 2005. 86f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Cabrera A. 1978. Flora de la Provincia de Jujuy. Tomo XIII parte X, Compositate Colección Científica. Bs.As.
- Cabrera A. L. 1976. Regiones Fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Agricultura y Jardinería. Tomo 2. Segunda edición. ACME. SACI, Bs.As.
- Cabrera W., De Pedro A., Perotti M., Grau A., Catalán C., Genta S., Sánchez S. 2006. Actividad hipoglucemiante de las hojas de Smallanthus

- macroscyphus. Identificación del principio activo. XXIII Jornadas Científicas Asociación de Biología de Tucumán. Pág. 248.
- Carabias J, Provencino E. y Toledo C. 1995. Manejo de Recursos Naturales y Pobreza Rural. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica, México.
- Cardenas M. 1969. Manual de plantas económicas en Bolivia. Icthus, Cochabamba, Bolivia.
- Cobeña V. 2002. Obtención y caracterización de los oligofructanos (prebiótico) a partir de la raíz de yacon (Smallanthus sonchifolia poepp & Endl) CONDESAN InfoAndina.
- CONDESAN, IDCR. 1998. Promoción de Cultivos Andinos: Desarrollo de Agroindustrias y Mercados para la Arracacha. Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, International Development Research Centre.
- De Pedro A., Cuenca M., Grau A., Catalán C.A.N., Gedris T.E., Herz W., 2003. Melampolides from Smallanthus macroscyphus. Biochem. Syst. Ecol. 31, 1067-1071.
- De Olivera M.A.y Nishimoto E.K. (2005) caracterizació e cuantificacion de carbohidratos de reserva de raíces de yacón(Polymnia sonchifolia) mantenidas en condiciones ambientales y refrigeración. Revista Raíces y Amidos tropicais. 1:30-39.
- FAO, DFPA. 1991. Sistemas Agroforestales y Silvopatoriles para las zonas de montaña del noroeste. Agroforestería. Organizadión de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Desarrollo Forestal Participativo de los Andes.
- Fellner L. (2010) Proyecto de comunicación solicitándolas medidas para agilizarla inclusión del yacón en el Código alimentario argentino. Senado de la Nación, Exp Nº 2926/10 Buenos Aires Argentina.
- Fenner C.S. (2009) Estudio de branqueamento e da secagem mediante ar quente do yacón (Smallanthus sonchifolius). Porto Alegra Brasil Pp 75.
- Font Quer P. 1985. Plantas Medicinales. Editorial Labor S.A., Madrid.
- Fukai, K; Ohno, S; Goto, K; Nanjo, F; Hara Y. 1997. Seasonal fluctuations in fructan content and related enzyme activities in yacon (Polymnia sonchifolia). Soil Science and Plant Nutrition, 43 (1): 171-177.
- Genta S., Cabrera W., Habib N., Pons J., Carrillo I., Grau A., Sánchez S. 2009. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans. Clinical Nutrition 28, 182-187.
- Genta S., Cabrera W., Mercado I., Grau A., Grau A., Sánchez S. 2010. Hypoglycemic activity of leaf organic extracts from Smallanthus sonchifolius: Constituents of the most active fractions. Chemico-Biological Interactions 185, 143-152.
- Giovana R.; Palomino, Q. 2004. Obtención y caracterizacion fisicoquímica de harina de yacon. Huancayo-Perú: Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, UNCP19f.

- Goto K., Fukai K., Hikida J., y Hara Y. 1995. Isolation an strctural analysis of oligosaccharides from yacón (Polymnia sonchifolia). Biocience Biotechnology Biochemic 59 (12): 2346-2347.
- Graefe S., Hermann M., Manrique S. y Buerkert A. 2003. Effects of post –harvest treatment on the carbohydrate composition of yacón roots in the Peruvian Andes. Field Crops Research 86: 157-165.
- Grau A. y Kortsarz A. 2001. El retorno del Yacón. Ciencia Hoy (63)11. www.ciencia hoy.org.
- Grau A. y Kortsarz A. 2001. Los parientes silvestres del yacón. Ciencia Hoy. (63)12. www.cienciahoy.org.
- Grau, A. & Rea J. 1997. Yacon, Smallanthus sonchifolius. (Poepp. & Endl.) H. Robinson. En: Hermann, M. & Heller J. (Editors), Andean roots and tubers: Ahipa, arracacha, maca and yacon, IPK and IPGRI, Rome, 200-242.
- Hermann M. y Heller J. 1997. Andean root and tubers: Ahipa, arracacha maca and yacón. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 21. Institute of Plants Genetics and Crops Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resource Institute. Rome, Italy.
- Hong S.S., Lee S.A., Han X.H., Lee M.H., Hwang J.S., Park J.S., Oh K.W., Han K., Lee M.K., Lee H., Kim W. 2008. Melampolides from the leaves of Smallanthus sonchifolius and their inhibitory activity of LPS-Induced Nitric Oxide Production. Chem. Pharm. Bull 56, 199-202.
- InfoStat. 2003. InfoStat versión 1.5. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Inoue A., Tamogami S., Kato H., Nakazato Y., Akiyama T. y Kodama O. 1995. Antifugal melmpoides from leaf extracts of Smallanthus sonchifolia. University Ami. Ibaraki. Japan. 39(4):845-848.
- Kamada T. Nakajima M. Nabetani H. 2001. Separation and concentration of oligosaccharides from chicory and yacon rootstocks by ultrafiltration and nanofiltration. 11th World Congress of Food Science, Seoul (Korea), 22-27.
- Kawashima S., Sakato M., Terada S., Koide Y., Tanaka M., Ko M. 2001. Anti-diabetic agents containing lactones. Jpn Kokai Tokkyo Koho, Patent n JP 2001247461.
- Kortsarz A. y Grau A. 2001 Variación de oligofructanos durante el ciclo anual en yacón (Smallanthus sonchifolia) y yacón del campo (Smallanthus macroscyphus). Resumen X Congreso Internacional de Cultivos Andinos, Jujuy.
- Lavaque R. J. 1983. Ecología del yacón. Sociedad Científica del Noreste Argentino. Centro de Investigaciones Antropológicas Biológicas, 22 (1): 24.
- Levy Hynes A. Grau H y Braun A. D. 1995. Plantas utilizadas por las comunidades campesinas de las Selvas Montanas. Resumen II Reunión Regional de Selvas de Montaña, Salta, Argentina..

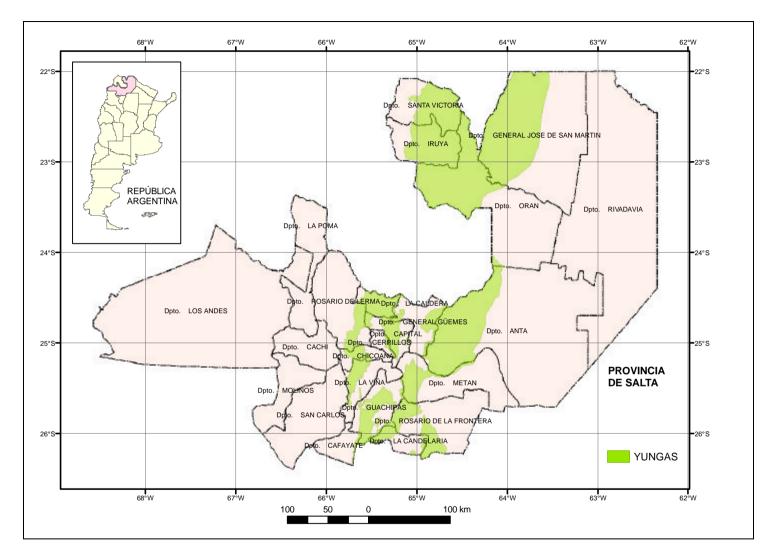
- Maldonado, S. et al. 2008. Cinética de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de yacón (Smallanthus sonchifolius). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.28, n.1
- Manrique, I.; Párraga, A. 2005. Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos Andinos: Una década de investigación para el desarrollo (1993-2003). Jarabe de yacón: principios y procesamiento. Lima: Centro Internacional de La Papa. 40p.
- Mayta, P. et al. 2004. Reducción de la respuesta glicérica posprandial post-ingesta de raíz fresca de yacon en sujetos sanos. CIMEL p.9-1.
- Mercado M.I., Coll Araoz M.V., Grau A., Catalán C. 2006. Perfil de Lactonas sesquiterpénicas de cuatro especies del género Smallanthus (Asteraceae). XXIII Jornadas científicas Asociación de Biología de Tucumán. Pág. 50.
- Miura T. 2007. Antidiabetic activity of Fucosporia obliqua and Smallanthus sonchifolius in genetically type 2 diabetic mice. J.Tradit.Med. 24, 47-50.
- Morr, C.V. et al. 2003. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. Lebensmittell-Wissenschaft und-Technologie, v.36, n.1, p.83-90, Disponível em:http://www.sciencedirect.com/
- Moscato, J.A. et al. 2004. Farinha de yacon e inulina como ingredientes na formulação de bolo de chocolate. Ciência e Tecnolologia de Alimentos, Campinas, v.24, n.4, p.634-640,
- Neuman R. 2000. El listado preliminar de plantas medicinales, de Selva Montana, Cortaderas Dto. Iruya. INTA, Salta, Argentina.
- Neuman R. 2002. El listado preliminar de recursos vegetales nativos del NOA. Desideratun. INTA, Salta, Argentina.
- Novara L. J. 1984. Utilidades de los géneros de antófitas del Nordeste del Valle de Lerma. Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- Núñez V.; 2000. Mapa político, localización de Zona fitogegráfica de Yungas Salta Argentina. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación.
- Núñez V.; Menéndez M. Á. y Moreno, R. I. 2000. Modelo Digital de Cobertura del suelo y Clasificación de la Vegetación de Valle de Lerma..Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación
- Núñez V.2.007 Modelo digital de Elevaciones del Valle de Lerma (Salta Argentina) Virgilio. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación.
- Núñez, V.; Belmonte, S.; Franco, J. A. y J. G. Viramonte. 2006 Modelo digital de Precipitaciones para el Valle de Lerma (Salta Argentina). Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación.
- Núñez, V.; Belmonte, S.; Franco, J. A. y J. G. Viramonte. 2006. Modelo digital de Temperaturas para el Valle de Lerma (Salta Argentina) Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación.
- Ogose N., Terada S., Yoshioka K., Tago A., Tishimura A., Kajimoto V., Kajimoto O. 2006. The Inhibitory effect of the food which consists of the extract from the leaf and stem of vacon on the postprandial increase in blood glucose for

- sujects with normal blood glucose or bordeline diabetes. Jpn. Pharmacol.Ther. 34, 737-746.
- Oliveiraa R. Barbosa de, D. Aparecida Chagas de Paulaa, B. Alves Rochaa, Joao J Francoa, L. Gobbo-Netoa, S. Akira Uyemuraa Wagner Ferreira dos Santosb, Fernando Batista Da Costaa,* 2011 Renal toxicity caused by oral use of medicinal plants: The yacon example Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Ribeirão Preto (FCFRP), Universidade de São Paulo (USP), Av. do
- Padilha V.M., Rolim P.M., Salgado S.M., Livera A.S., Andrade S.A.C., Guerra N.B. 2010. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados con farinha de yacon (Smallanthus sonchifolius). Cienc. Tecnol. Aliment. 30, 735-740.
- Padilha V.M., Rolim P.M., Salgado S.M., Livera A.S., Andrade S.A.C., Guerra N.B. 2010. Perfil sensorial de bolos de chocolate formulados con farinha de yacon (Smallanthus sonchifolius). Cienc. Tecnol. Aliment. 30, 735-740.
- Parodi L. R. 1980. Descripción de las plantas cultivadas. Tomo 1. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. edición corregida por Dimitri J. Editorial ACME S.A.C.I., Bs.As.
- Pedreschi R., Campos D., Noratto G. y Cisneros-Zeballos L. 2003. Andean yacon root (Smallanthus sonchifoius Poepp. Endl) fructooligosaccharides potential novel source of prebioties. J Agric. Food Chem. 51(18): 5278-5284.
- Quiroga M, Ebber S. Echazú R, Saravia B, Condorí M 2006 Curvas de secado experimentales de hojas de yacón (Smallanthus sonchifolius) INENCO Universidad Nacional de SaltaAv. Bolivia 5150 A4408FVY Salta.
- Reboratti C. E. 1991. Ambiente, Sociedad e Historia en el Noroeste. Agroforestería. En: Sistemas Agroforestales y Silvopastoriles para las zonas montañosas del Noroeste. Agroforestería, FAO.
- Rolim P.M., Salgado S.M., Padilha V.M., Livera A.S.,M Guerra N.B., Andrade S.A.C. 2010. Análise de componentes principais de paes de forma formulados com farinha de yacon (Smallanthus sonchifolius (Poepp.) H. Rob.). Rev.Ceres.Viscosa 57, 12-17.
- Santana, I.; Cardoso, M.H. 2008. Raiz tuberosa de yacon (Smallanthus sonchifolius): potencialidade de cultivo, aspectos tecnológicos e nutricionais. Ciência Rural, v.38, n.3. p.898-905. Disponível em:
- Schorr K., Merford J., Da Costa F.B.. 2007. A novel dimeric melampolide and further terpenoids from Smallanthus sonchifolius (Asteraceae) and the inhibition of the transcription factor NF-kB. Nat. Prod. Commun. 2, 367-374.
- Seminario J. y Valderrama M. 2002. Propagación de tres morfotipos de yacón Smallanthus sonchifolius (Poepp. & Endel) H.Robinson mediante nudos de tallos. Caxamarca 10(1): 99-108.
- Seminario J., Valderrama M. y Manrique I. 2003. El yacón: fundamentos para el aprovechamiento de un recurso promisorio. Centro Internacional de la Papa (CIP), Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suizas para El Desarrollo y la Cooperación (CONSUDE),Lima, Perú.
- Severo da Rosal Claudia, Ruffo de Oliveirall Viviani, Bordin Vierais Vanessa, Gresslerll Camila, Viegal Suelem. .Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.6,

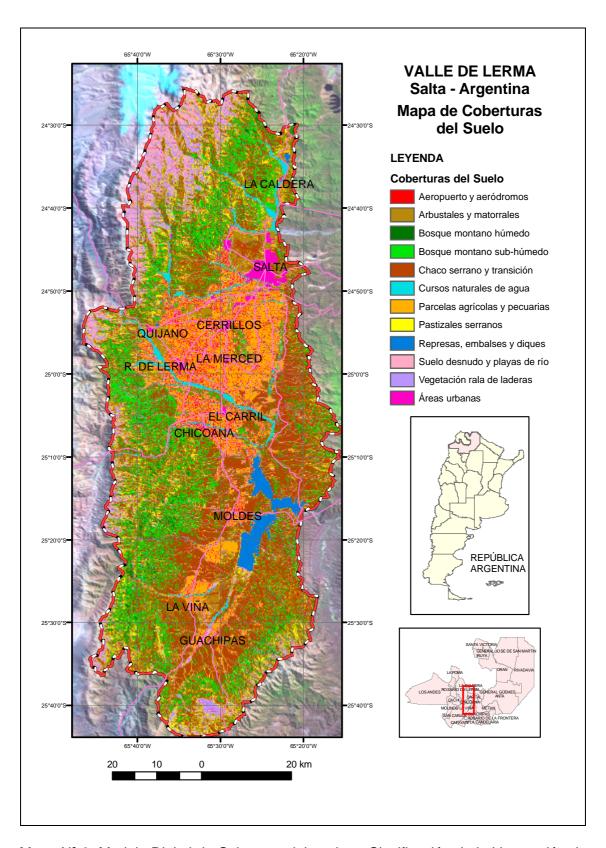
- p.1869-1872, set, 2009. ISSN 0103-8478 Elaboração de bolo com farinha de Yacon Cake developed with Yacon flour
- Simonovska B., Vovk I., Andrensek S., Valentova K. y Urlichova J. 2003. Investigation of phenolic acids in yacón (Smallanthus sonchifolius) leaves and tube. National Institute of Chemistry, Laboratory for Food Chemistry . Hajdrihova. Ljubljan.
- Takasugi, M. y Masuda, T. 1996. Three 4'-hydroxyacetophenone-related phytoalexins from Polymnia sonchifolia Phytochemistry, 43 (5) pp. 1019-1021.
- Takenaka M., Yan X. Ono, H. Yoshida M., Nagata T. y Nkanishi T. 2003. Caffeic acid derivates in the roots of yacón (Smallanthus sonchifolia). Agric. Food Chem. Jan. 29:51(3):793-796.
- Tapia A. M., Perez Aramayo M., Medina E. R. y Morón C. 2000. Manual sobre Utilización de los Cultivos Andinos Subexplotados en la Alimentación. FAO. CONDESAN.
- Tapia M. E. 1990. Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. The New York Botanical Garden.
- Valentova K. Cvak L. Muck A. Ulrichova J. y Simanck V. 2003. Antioxidant activity of extracts from the leaves of Smallanthus sonchifolius. Eur J Nutr. 42(1):61-66.
- Valentova K. Moncion A. de Waziers I. y Ulrichova J. 2004. The effect of Smallanthus sonchifolius Leaf extracts on rat hepatic metabolism. Cell Biol Toxicol 20(2): 109-120.
- Valentova K. Ulrichova J. 2003. Smallanthus sonchifoliaus and Lepidium meyeniiprospective Andean crops for the prevention of chronic diselases. Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Republic. 147(2):119-130.
- Valentová K., Sersen F., Ulrichová J. 2005. J. Agric. Food Chem. 53, 5577-5582.
- Vilhena SM Cámara FL Piza IM (2003) "Contenido de fructanos en raíces tuberosas de yacón Polymnia sonchifolia. Ciencia y tecnología alimentaria. México Vol. 4 Pp 35-40.
- Volpato, G.T., Vieira F,L., Imeida F.C.G., Camara F.& Lemonica, I. P. 1997. Study of the hypoglycemic effects of Polymnia sonchifolia leaf extracts in rats. Abstracts II World Congress on Medicinal and Aromatic Plants for Human Use, Mendoza.
- Wada, K., Watanabe, J., Mizutani, J., Tomoda, M., Suzuki, H. y Saitoh, Y. 1992. Effect of soybean oligosaccharides in a beverage on human fecal flora and metabolites. Nippon Nogeikagaku Kaishi 66: 127-135.
- Wells J. R. 1965. Taxonomic study of Plymnia (Compositae) Britonia 17: 144-15.
- Yan X. Suzuki M. Ohnishi-Kameyama M., Sada Y. Nakanishi T. y Nagata T., 1999. Extraction and identification of antioxidants in the roots of yacon (Smallanthus sonchifolius). Journal of agricultural and food chemistry, 47(11):4711-3.

- Yun, J.W. 1996.Fructooligosaccharides: occurrence, preparation and applications. Enzymes and Microbial Technology, v.19, n.2, p.107-117,
- Zar, H. J. 1984, Biostatistical Analysis. Prentice Hall.
- Zardini E. 1991. Etnhnobotanical Notes on Yacón (Polymnia sonchifolia) Asteraceae. Economic Botany 45 (1) 72-85.
- Zuloaga F. y Monrroe O. 1999. Catalogo de plantas Vasculares de la República Argentina. Tomo II Dicotiledoneas. Asteraceae. Euphorbiaceae. Monographs in Systematic Botany From The Missouri Botanical Garden 74.

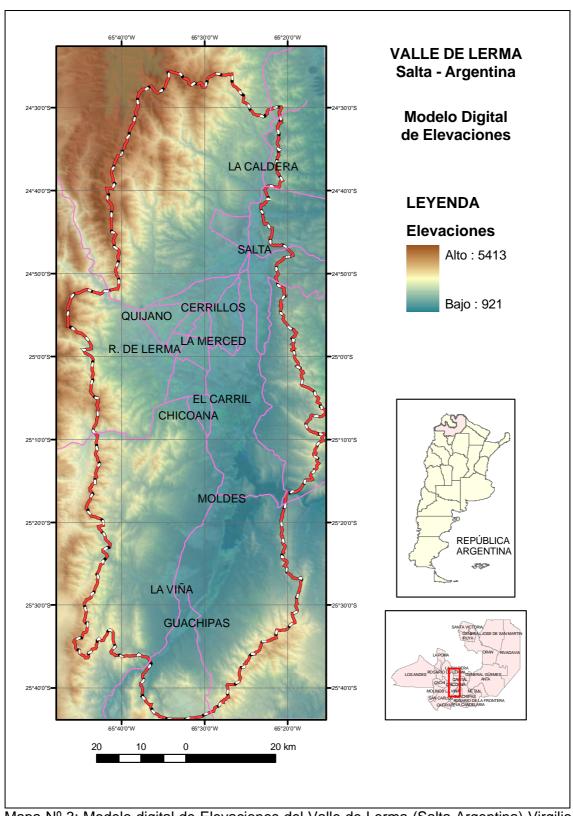
ANEXOS



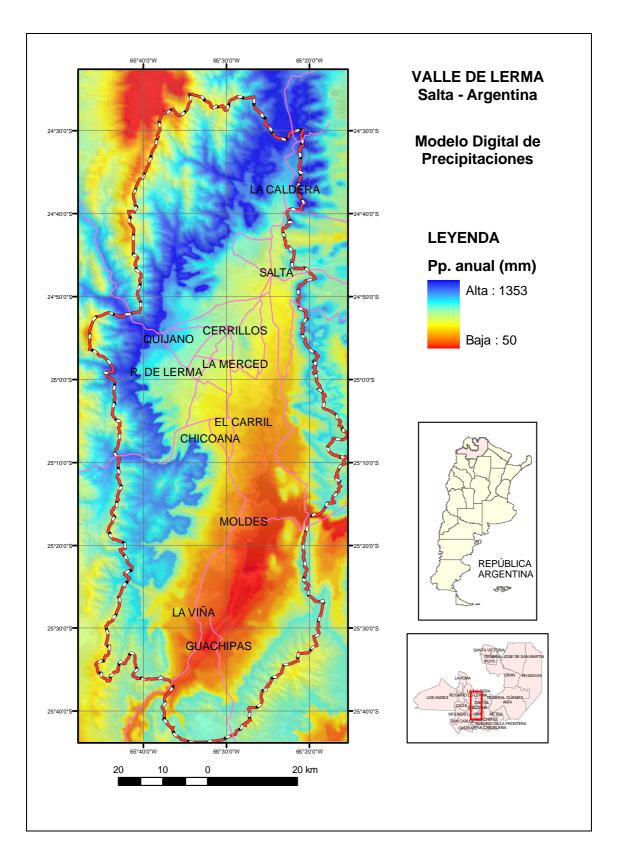
Mapa Nº 1: Mapa político, localización de Zona fitogegráfica de Yungas Salta Argentina. Núñez V.; 2000. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación



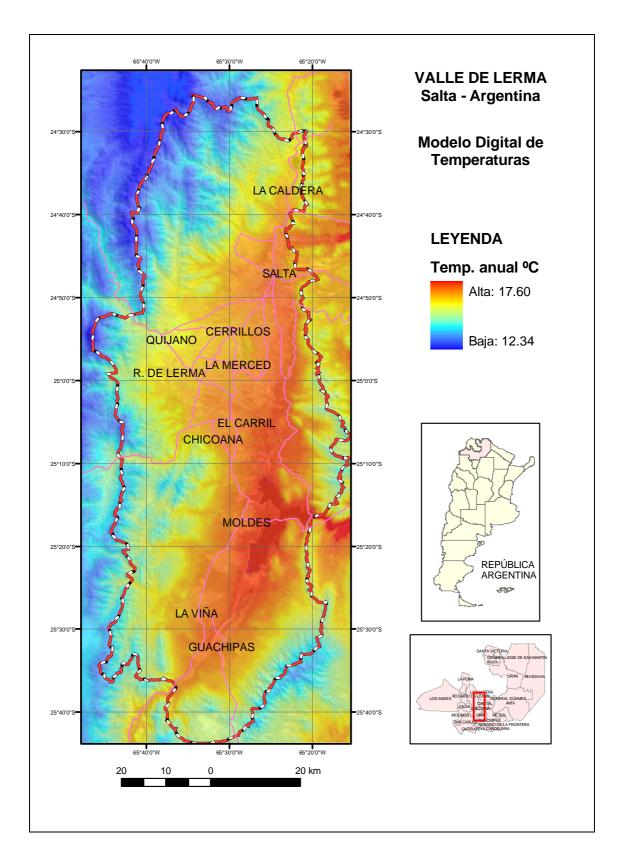
Mapa Nº 2: Modelo Digital de Cobertura del suelo y Clasificación de la Vegetación de Valle de Lerma. Núñez V.; Menéndez M. Á. y Moreno, R. I. 2000. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación



Mapa Nº 3: Modelo digital de Elevaciones del Valle de Lerma (Salta Argentina) Virgilio Núñez 2.007. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación



Mapa Nº 4: Modelo digital de Precipitaciones para el Valle de Lerma (Salta Argentina). Núñez, V.; Belmonte, S.; Franco, J. A. y J. G. Viramonte. 2006 Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación



Mapa Nº 5:.Modelo digital de Temperaturas para el Valle de Lerma (Salta Argentina). Núñez, V.; Belmonte, S.; Franco, J. A. y J. G. Viramonte. 2006. Universidad Nacional de Salta Consejo de Investigación