

Nutrientes y carbohidratos en plantas de *Agave angustifolia* Haw. y *Agave karwinskii* Zucc*

Nutrients and carbohydrates in plants from *Agave angustifolia* Haw. and *Agave karwinskii* Zucc

Hermila Cruz García¹§, José Raymundo Enriquez-del Valle¹, Vicente Arturo Velasco Velasco¹, Judith Ruiz Luna¹, Gisela Virginia Campos Ángeles¹ y Diana Elizabeth Aquino García¹

¹Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO) Ex Nazareno, Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca. C. P. 71230. Tel. (951) 5170788. (jenriquezdelvalle@yahoo.com; vicvel5@hotmail.com; judithruizl@hotmail.com; giscampos@gmail.com; dayyana29@hotmail.com). §Autor para correspondencia: (mily_cg84@hotmail.com).

Resumen

La mayoría de las especies de agave que se utilizan para elaborar el mezcal en Oaxaca, desarrollan en terrenos con pendientes pronunciadas, pedregosos y suelos de baja fertilidad; sin embargo, no es común fertilizar los cultivos de agave, por lo que se requiere conocer la condición nutrimental de las plantas adultas que se cosechan. El objetivo de esta investigación fue determinar la concentración nutrimental en hojas y tallos; características morfológicas y azúcares reductores totales (ART) en piñas (tallo y base de hojas), de plantas adultas de *Agave angustifolia* Haw. y *A. karwinskii* Zucc. La investigación se realizó en el 2010, en cuatro localidades del estado de Oaxaca. En plantas que agricultores seleccionaron y cosecharon, se registraron características morfológicas de sus tallos, se tomaron muestras de hoja y tallo para su análisis en laboratorio. Los resultados mostraron que las piñas de *Agave angustifolia* Haw. y *A. karwinskii* Zucc. tuvieron en promedio 80.87 y 22.59 kg de peso fresco, 37.10 y 20.21 cm de diámetro, 67.23 y 97.47 cm de longitud; el contenido de nutrientes en tejidos foliares (mg g⁻¹ de peso seco) fue, 8.68 y 8.99 N, 1.26 y 1.61 P, 8.97 y 8.85 K, 40.26 y 66 Ca. En las piñas el contenido de nutrientes (mg g⁻¹ de peso seco) fue, 4.30 y 5.33 N, 0.28 y 0.33 P, 1.58 y 2.75 K, 10.25 y 10.13 Ca. Del peso fresco de las piñas de *Agave angustifolia* y *A. karwinskii* 21.16% y 27.29% fueron ART, respectivamente.

Abstract

Most agave species used for the production of mezcal in Oaxaca, develop on terrains with steep slopes, stony and soils of low fertility; however, is not common to fertilize agave crops, so it is necessary to know the nutritional status of the adult plants that are harvested. The objective of this research was to determine nutrient concentration in leaf and stems; morphological traits and total reducing sugar (TRS) in *piñas* (stem and base of leaf), from adult plant of *Agave angustifolia* Haw and *A. karwinskii* Zucc. The research was conducted in 2010 in four locations in the state of Oaxaca. In plants that farmers selected and harvested, morphological characteristics were recorded of its stems, leaf and stem samples were taken for laboratory analysis. The results showed that the *piñas* of *Agave angustifolia* Haw and *A. karwinskii* Zucc had an average of 80.87 and 22.59 kg fresh weight, 37.10 and 20.21 cm in diameter, 67.23 and 97.47 cm in length; the nutrient content in leaf tissues (mg g⁻¹ dry weight) was 8.68 and 8.99 N, 1.26 and 1.61 P, 8.97 and 8.85 K, 40.26 and 66 Ca. In *piñas* the nutrient content (mg g⁻¹ dry weight) was 4.30 and 5.33 N, 0.28 and 0.33 P, 1.58 and 2.75 K, 10.25 and 10.13 Ca. From the fresh weight of the *piñas* of *Agave angustifolia* and *A. karwinskii* 21.16% and 27.29% were TRS respectively.

* Recibido: diciembre de 2013
Aceptado: febrero de 2013

Palabras clave: *Agave angustifolia* Haw, *Agave karwinskii* Zucc, azúcares reductores, macronutrientes.

Key words: *Agave angustifolia* Haw, *Agave karwinskii* Zucc, reducing sugar, macronutrients.

Introducción

Los agaves son especies vegetales de importancia ecológica, socio-cultural y económica en México, que se considera como centro de origen y diversificación de estas especies (Colunga-García *et al.*, 2007). Del total de especies reportadas a nivel mundial, 75% (150 sp) se encuentran en nuestro país (García-Mendoza, 2007). Dada su alta diversidad genética, estas plantas son aprovechadas de diversas formas, entre las cuales destaca su uso como alimento humano, obtención de jarabe, fibras, bebida (fresca, fermentada, destilada) y forraje (Colunga-García *et al.*, 2007).

En el estado de Oaxaca, los agaves son utilizados principalmente para la elaboración de mezcal. En el transcurso de los últimos 50 años el cultivo de agaves se ha intensificado y en el caso *Agave angustifolia* Haw. (maguey espadín) se cultiva asociado con maíz y frijol, pero también como monocultivo que reduce las prácticas conservacionistas del suelo y preservación de los recursos naturales (Antonio y Smit, 2012). En un estudio realizado por el Sistema-producto maguey-mezcal (2004), se menciona que los productores de maguey prefieren esta especie debido a que es de ciclo corto de aprovechamiento pues tarda entre 7 a 9 años en llegar a la madurez, produce piñas de mayor tamaño, por lo que es la que se cultiva en mayor extensión con fines comerciales y la que aporta la mayor parte de la materia prima para la elaboración de mezcal (Espinosa *et al.*, 2002).

Ángeles (2010), menciona que a pesar de que el cultivo y uso de maguey espadín en la industria del mezcal se ha generalizado, existen aún comunidades que cultivan y colectan de poblaciones silvestres otras especies nativas de maguey para la elaboración de mezcal artesanal. La mayoría de especies se cultivan en superficies agrícolas de bajo potencial agronómico (Antonio y Smit, 2012). Además, la mayoría de los cultivadores de agave no aplican fertilización mineral u orgánica y en caso de realizarse ésta se determina empíricamente, con base en la disponibilidad de productos y recursos económicos. En el año 2005 se tenían 11 mil hectáreas sembradas de agave, principalmente del *A. angustifolia* Haw., que según la zona se establece a densidades de 1 500 a 2 200 plantas ha⁻¹. El 75% de la producción nacional de mezcal se obtiene en la región del mezcal de Oaxaca (Antonio y Ramírez, 2008).

Introduction

Agaves are plants of ecological, socio-cultural and economic importance in Mexico, which is considered as the center of origin and diversification of these species (Colunga-García *et al.*, 2007). Of the species reported worldwide, 75% (150 species) are found in our country (García-Mendoza, 2007). Due to its high genetic diversity, these plants are exploited in various ways, among which highlights human consumption, obtaining syrup, fiber, drink (fresh, fermented, distilled) and fodder (Colunga-García *et al.*, 2007).

In the state of Oaxaca, the agaves are used mainly for the production of mezcal. Over the past 50 years growing agave has intensified and in the case *Agave angustifolia* Haw (Maguey sprat or Caribbean agave) is cultivated in association with maize and beans, but also as a monoculture that reduces soil conservation practices and preservation of natural resources (Antonio and Smit, 2012). In a study conducted by the system-product mescal-maguey (2004) mentions that agave producers prefer this kind because it is short harvesting cycle, it takes between 7-9 years to reach maturity, produce larger *piñas*, making it the largest grown with commercial purpose and it provides most of the raw material for the production of mezcal (Espinosa *et al.*, 2002).

Angeles (2010) mentions that although the cultivation and use of sprat maguey in the mezcal industry is widespread, there are still communities growing and collecting wild populations and other native species of maguey elaborating artisanal mezcal. Most species are grown in agricultural areas of low agricultural potential (Antonio and Smit, 2012). Besides, most of agave growers apply no mineral or organic fertilizer and if done, it is made empirically, based on the availability of products and economic resources. In 2005 it had 11 000 hectares of agave, mainly of *A. angustifolia* Haw, according to the zone is established at densities of 1 500 to 2 200 plants ha⁻¹. 75% of the national production of mezcal is obtained in the mezcal region of Oaxaca (Antonio and Ramírez, 2008).

Some environmental factors limiting growth and productivity of plants are solar radiation, temperature, water availability and nutrient supply (Enriquez-del-Valle,

Algunos factores ambientales que limitan el crecimiento y productividad de las plantas son la radiación solar, temperatura, disponibilidad de agua y el abastecimiento de nutrimentos (Enríquez-del-Valle, 2008). Enríquez-del-Valle (2007) menciona que plantas de *Agave angustifolia* que crecieron en vivero incrementaron su crecimiento en altura, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar, acumulación de materia seca, en respuesta a un mayor abastecimiento de nutrimentos y cuando estas plantas llegan a la etapa adulta desarrollan tallos más grandes y con mayor contenido de azúcares. Es por ello que interesa conocer las características morfológicas y la condición nutrimental de las plantas adultas de agave que los productores eligen para la elaboración del mezcal y que éstas han desarrollado en condiciones ambientales limitantes.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en cuatro localidades del estado de Oaxaca, de las cuales Santa Catarina Minas y San Antonino Castillo Velasco, se ubican en el distrito político de Ocotlán de Morelos; Soledad Salinas, en el distrito de Tlacolula de Matamoros y Xitlapehua, en el distrito de Miahuatlán de Porfirio Díaz, en donde se realizaron recorridos junto con agricultores magueyeros, en terrenos donde se seleccionaron y cosecharon plantas adultas, las que el agricultor con base en su experiencia, determinó como adecuadas para la elaboración del mezcal.

Algunas características de estas plantas fueron: 1) que habían llegado a la etapa reproductiva e iniciado el desarrollo del escapo floral (quiote) el cual fue eliminado por el agricultor dos meses antes de la cosecha; realizar esta práctica en una etapa temprana del desarrollo del escapo floral promueve la acumulación de azúcares en la piña (tallo y bases de hoja); y 2) las hojas de mayor edad mostraban senescencia, coloración amarilla-rojiza. Se cosecharon 64 plantas adultas, de las cuales 30 fueron de *Agave angustifolia* Haw., conocido como maguey espadín y 34 fueron de diferentes variedades de *Agave karwinskii* Zucc.: maguey "largo" (ML), maguey "tripón" (MT), maguey "barril amarillo" (MBA), maguey "barril verde" (MBV), maguey "madrecuishe" (MM) y maguey "gordo" (MG). Las variedades corresponden a clasificaciones que los agricultores reconocen en *A. karwinskii*.

2008). Enríquez-del-Valle (2007) mentions that *Agave angustifolia* plants grown in nursery increased their growth in height, stem diameter, number of leaves, leaf area, dry matter accumulation in response to an increased supply of nutrients and when these plants reach adulthood, stems develop larger and with more sugar content. That is why the need to know the morphological traits and nutritional status of adult plants of agave that producer chooses to elaborate mezcal and that these have developed in limiting environmental conditions.

Materials and methods

The research was conducted in four locations in the state of Oaxaca, of which Santa Catarina Minas and San Antonino Castillo Velasco, are located in the political district of Ocotlán de Morelos; Soledad Salinas, in the district of Tlacolula de Matamoros and Xitlapehua in the district of Miahuatlán of Porfirio Díaz, where routes were made with maguey farmers, on land that were selected and harvested adult plant and based on the farmer's experience, determined as suitable for the production of mezcal.

Some traits of these plants were: 1) that they had reached the reproductive stage and initiated the development of flower stalk (quiote) which was eliminated by the farmer two months before harvest; to do this in an early stage of development of the flower stalk promotes the accumulation of sugars in the *piña* (stem and leaf bases); and 2) the older leaves showed senescence, yellow-reddish color. 64 adult plants were harvested, of which 30 were of *Agave angustifolia* Haw, known as maguey sprat and 34 were of different varieties of *Agave karwinskii* Zucc: Maguey "long" (ML), maguey "Tripon" (MT), maguey "yellow barrel" (MBA), maguey "green barrel" (MBV), maguey "madrecuishe" (MM) and maguey "fat" (MG). The varieties correspond to classifications that farmers recognized in *A. karwinskii*.

When a farmer cut leaves with machete to expose the *piña* (stem and base of leaves), it was evaluated morphological traits of these *piñas*: diameter, length and weight. From each plant harvested were sampled five leaves of the middle part of the rosette and approximately 1kg of stem tissue of the middle part of the *piña*. Leaf and stem samples from each plant were kept separately in polythene bags and

Cuando los agricultores cortaban las hojas con machete hasta dejar expuesta la piña (el tallo y base de las hojas), se evaluaron las características morfológicas de estas piñas: diámetro, longitud y peso. De cada planta cosechada se tomaron muestras de cinco hojas de la parte media de la roseta y aproximadamente 1kg de tejido de tallo de la parte media de la piña. Las muestras foliares y tallo de cada planta se guardaron por separado en bolsas de polietileno y llevaron al Laboratorio de diagnóstico ambiental del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), en donde se analizaron. Para cuantificar el contenido de nutrimentos, las muestras se cortaron en fragmentos pequeños que se colocaron en bolsas de papel y secaron en estufa a 70 °C durante 72 h.

El material seco se pulverizó con un molino de martillo para su análisis químico que se realizó de acuerdo con el manual de procedimientos analíticos para suelo y planta, del laboratorio de fertilidad de suelos del Instituto de Recursos Naturales (IRENAT) del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Cuadro 1). El nitrógeno se determinó mediante método de combustión, en un Analizador Orgánico Elemental (Perkin Elmer 2400); el fósforo, mediante el método de Vanadato-Molibdato- Amarillo, en un Espectrofotómetro de Luz Ultravioleta Visible (Cintra 10); los elementos potasio, calcio, magnesio, sodio, cobre, hierro, manganeso y zinc, se determinaron mediante Espectrofotometría de absorción atómica, en un Espectrofotómetro de absorción atómica GBC 904 AA con llama acetileno por aspiración directa; los sulfatos, mediante el método de Turbidímetro, en un Espectrofotómetro de Luz Ultravioleta Visible (Cintra 10).

taken to the Environmental Diagnostic Laboratory at the Technological Institute of Oaxaca Valley (ITVO), where analyzed. To quantify the nutrient content, the samples were cut into small fragments which were placed in paper bags and dried in oven at 70 °C for 72 h.

The dried material was pulverized with a hammer mill for its chemical analysis that was performed according to the manual of analytical procedures for soil and plant, form soil fertility laboratory of the Institute of Natural Resources (IRENAT) of the Graduate College of Agricultural Science (Table 1). Nitrogen was determined by the combustion method, in an Organic Elemental Analyzer (Perkin Elmer 2400), phosphorus by the method of Vanadate-Molybdate-Yellow, in a Visible Ultraviolet Spectrophotometer (Cintra 10); the elements potassium, calcium, magnesium, sodium, copper, iron, manganese and zinc were determined by atomic absorption spectrophotometry, in an atomic absorption spectrophotometer GBC 904 AA with acetylene flame by direct aspiration; sulfates, were measured by the turbidity method in a UV-visible spectrometer (Cintra 10).

For carbohydrate determination was made extraction of fresh juice from the *piña* using a juicer. The samples were analyzed using the Lane-Eynon method, proposed by the NOM-070-SCFI-1994 to determine the total reducing sugar content (TRS). To compare the traits of stems and nutrient content of leaf and stems of *Agave angustifolia* Haw and *A. karwinskii* collected at various sites, were made analysis of variance one way (ANOVA) and mean comparisons using the Tukey-Kramer test, with a

Cuadro 1. Características del tallo de *Agave angustifolia* Haw (maguey espadín) cosechadas en campo en tres localidades del estado de Oaxaca.

Table 1. Traits from the stem of *Agave angustifolia* Haw (maguey sprat) harvested at three locations in the state of Oaxaca.

Localidad	n	Características de piña completa					Muestra de piña	
		Peso fresco (kg)	Peso seco ^{&} (kg)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Humedad (%)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
SCM	5	119.00 a	16.80	57.20 a	76.00 a	85.96	548.20	77.80
SA	15	79.53 b	-	38.27 b	73.87 a	-	-	-
SS	10	63.80 ab	15.63	25.30 ab	52.90 b	76.20	669.75	156.75
\bar{x}		80.87	16.02	37.10	67.23	79.45	629.23	130.43
\bar{s}		23.68	5.72	13.93	12.72	7.25	191.62	63.85
C.V (%)		29.28	35.71	37.55	18.93	9.12	30.45	48.95

SCM= Santa Catarina Minas; SA= San Antonino; SS= Soledad Salinas; n= tamaño de muestra; \bar{x} = media de las muestras; \bar{s} = desviación estándar; C. V (%)= coeficiente de variación; n= tamaño de muestra. [&]valor estimado a partir del porcentaje de humedad obtenido en la muestra de piña.

Para la determinación de carbohidratos se realizó la extracción del jugo de la piña en fresco, utilizando un extractor de jugos. Las muestras obtenidas se analizaron a través del método de Lane-Eynon, propuesta por la NOM-070-SCFI-1994 para determinar el contenido de azúcares reductores totales (ART). Para comparar las características de los tallos y el contenido nutrimental de hojas y tallos de *Agave angustifolia* Haw. y *A. karwinskii* colectadas en diversos sitios, se realizaron análisis de varianza de una vía (ANOVA), y comparaciones de medias utilizando la prueba de Tukey-Kramer, con nivel de significancia de 0.05. Las rutinas de análisis estadísticos se realizaron con el programa Info Stat versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008)

Resultados y discusión

Se cosecharon un total de 64 plantas adultas de *Agave*, de las cuales 30 fueron de *Agave angustifolia* Haw (maguey espadín) y 34 plantas de siete variedades de *Agave karwinskii* Zucc. Se observaron grandes variaciones en los tamaños de las piñas cosechadas por los agricultores no sólo entre especies sino también dentro de especie, como se describe a continuación:

Las plantas de *Agave angustifolia* Haw. cosechadas en las comunidades de San Antonino Castillo Velasco, Soledad Salinas, y Xitlapehua, mostraron en general gran variación en el tamaño de sus piñas, con valores de peso fresco desde 31 a 133 kg, diámetros desde 20.15 hasta 60.47 cm y longitudes de 47 a 89 cm. Se determinó que la piña contiene en promedio 79.45% de humedad, de tal manera que en un cultivo de plantas adultas de *A. angustifolia* que estuviera establecido con 2 000 plantas ha⁻¹, las piñas de 80.87 kg de peso promedio tendrían almacenadas 128.5 t de agua, que muestra la eficiencia de la especie para absorber agua en condiciones donde ésta es escasa. Los datos indican que las plantas de tamaño mayor, 57 cm de diámetro y 119 kg peso, fueron las que se cosecharon en la localidad de Santa Catarina Minas, Ocotlán.

Los agricultores establecen las plantas de *Agave karwinskii* Zucc. en los límites de sus terrenos y les proporcionan cuidados mínimos. Una planta desarrolla en su base varios hijuelos de rizoma, que son heterogéneos en tamaño después de dos años de establecida. Los tallos de las plantas adultas de esta especie presentan consistencia leñosa, de tal manera que para cortarlas los agricultores utilizaron ya sea hacha e incluso motosierra, posteriormente para eliminar las hojas localizadas en la mitad superior del tallo usaron machetes.

significance level of 0.05. The statistical routines analyzes were performed with the program Info Stat version 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Results and discussion

A total of 64 adult plants of *Agave* were harvested, of which 30 were of *Agave angustifolia* Haw (maguey sprat) and 34 plants of seven varieties of *Agave karwinskii* Zucc there were large variations in the sizes of *piñas* harvested by farmers not only between species but also within species, as described below:

Plants of *Agave angustifolia* Haw harvested in the communities of San Antonino Castillo Velasco, Soledad Salinas, and Xitlapehua, generally showed great variation in the size of its *piñas*, with fresh weight values from 31-133 kg, diameters from 20.15 to 60.47 cm and lengths from 47 to 89 cm. It was determined that *piñas* contains on average 79.45% moisture, such that in a cultivation of adult plants of *A. angustifolia* that was established with 2 000 plants ha⁻¹, *piñas* of 80.87 kg of average weight would have 128.5 t of water stored, which shows the efficiency of the species to absorb water under conditions where it is scarce. The data indicate that larger plants, 57 cm in diameter and 119 kg weight, were those that were harvested in the locality of Santa Catarina Minas, Ocotlán.

Farmers establish plants of *Agave karwinskii* Zucc within the boundaries of their lands and provide them minimal care. A plant develops at its base several rootstock suckers, which are heterogeneous in size after two years established. The stems of mature plants of this specie have woody consistency, so to cut them farmers used either ax or chainsaw, afterwards to remove the leaf located in the upper half of the stem used machete.

Plants of *A. karwinskii* harvested in the field at the three localities, generally showed large variation in the size of their stems, as they had fresh weights of 8 to 57 kg, diameters of 12 to 35 cm and lengths of 34 to 178 cm, noting that the variety "madrecuishe" was the one statistically showed the greatest diameter and the variety "long maguey" the greatest length. The large variation in size could be due to the plants are in rows on the edge of the land, and produce various rootstock suckers in which thinning is not done to control plant density and competition between them. The average in moisture content of the 34 stem samples carried to the

Las plantas de *A. karwinskii* cosechadas en campo en las tres localidades, mostraron en general, gran variación en el tamaño de sus tallos, pues tenían pesos frescos de 8 a 57 kg, diámetros de 12 a 35 cm y longitudes de 34 a 178 cm, observando que la variedad “madrecuishe” fue la que presentó estadísticamente el mayor diámetro y la variedad “maguey largo” la mayor longitud. La gran variación en tamaños observada puede ser a que las plantas se encuentran en hileras en los límites de los terrenos, y desarrollan varios hijuelos de rizoma en los que no se realizan aclareos para controlar la densidad de plantas y la competencia entre éstas. El contenido de humedad promedio de las 34 muestras de tallo llevadas a laboratorio fue de 69.45%. Las variedades “madrecuishe” y “gordo” tuvieron piñas con peso fresco y seco mayores pero no significativamente diferentes (Tukey, 0.05) a las piñas de las otras variedades de *A. karwinskii* mencionadas (ML, MT, MBA y MBV) (Cuadro 2).

laboratory was 69.45%. The varieties “madrecuishe” and “fat” had *piñas* with higher fresh and dry weight but not significantly different (Tukey, 0.05) to the *piñas* of the other varieties of *A. karwinskii* mentioned (ML, MT, MBA and MBV) (Table 2).

According to the data of fresh weight from *piñas* of *Agave angustifolia*, if in a hectare are harvested 1500 plants with *piñas* weighing 80.87 kg on average, it would have a yield of fresh weight of 121.305 t ha⁻¹; this data is found among those reported for yield from 100-142 t ha⁻¹ of fresh weight from *piñas* of *A. tequilana*, which in Jalisco are called heads (Nunez *et al.*, 2011).

Nutrient content in leaf tissue

It was determined that in leaf tissues of adult plants of *Agave angustifolia*, macroelements Ca and Mg, and the Fe microelement are those that were in higher concentration.

Cuadro 2. Características del tallo de seis variedades de *Agave karwinskii* cosechadas en tres localidades del estado de Oaxaca.

Table 2. Stem traits of six varieties of *Agave karwinskii* harvested at three locations in the state of Oaxaca.

Var.	n	Características de piña completa					Muestra de piña	
		Peso fresco (kg)	Peso seco ^{&} (kg)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Humedad (%)	Peso fresco (g)	Peso seco (g)
ML	17	20.41 a	5.80 a	17.12 b	127.71 a	69.99	941.36 a	279.24 a
MT	5	22.40 a	5.29 a	23.20 b	69.80 b	76.76	1,026.00 a	238.30 a
MBA	1	21.00 a	5.28 a	20.00 b	80.00 b	74.86	895.00 a	225.30 a
MBV	1	23.00 a	7.50 a	23.00 b	68.00 b	67.37	935.50 a	305.20 a
MM	8	25.25 a	8.74 a	23.50 b	66.50 b	63.28	485.85 b	175.19 b
MG	2	31.50 a	10.49 a	24.50 a	57.00 b	69.70	443.45 b	137.00 b
\bar{x}		22.59	6.73	20.21	97.47	69.45	815.80	239.54
s		11.37	3.66	5.38	40.38	8.55	245.11	74.37
C.V (%)		50.34	54.43	26.60	41.43	12.32	30.04	31.05

Var= variedad; \bar{x} = media de las muestras; s= desviación estándar; C.V (%)= coeficiente de variación; n=tamaño de muestra; [&]valor estimado a partir del porcentaje de humedad obtenido en la muestra de piña. ML= maguey largo; MT= maguey tripón; MBA= maguey barril amarillo; MBB= maguey barril blanco; MM= maguey madrecuishe; MG= maguey gordo.

De acuerdo con los datos de peso fresco de las piñas de *Agave angustifolia*, si en una hectárea se cosecharan 1 500 plantas con piñas que pesen 80.87 kg en promedio, se tendría un rendimiento de peso fresco de 121.305 t ha⁻¹; este dato se encuentra entre los reportados para el rendimiento desde 100 a 142 t ha⁻¹ de peso fresco de piñas de *Agave tequilana*, que en Jalisco llaman cabezas (Núñez *et al.*, 2011).

The leaves of plants harvested in the locality of Santa Catarina Minas had content significantly (Tukey-Kramer, $\alpha= 0.05$) higher of N, K and Mn, than leaves of plants harvested in the other communities, while plants harvested in Soledad Salinas had higher content of Ca. Plant leaves harvested in San Antonino had comparatively higher content of Na and Fe (Table 3).

Contenido nutrimental en tejido foliar

Se determinó que en los tejidos foliares de plantas adultas de *Agave angustifolia*, los macroelementos Ca y Mg, y el microelemento Fe son los que estuvieron en mayor concentración. Las hojas de las plantas cosechadas en la localidad de Santa Catarina Minas tuvieron contenidos significativamente (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$) mayores de N, K y Mn, que las hojas de plantas cosechadas en las otras comunidades, mientras que las plantas cosechadas en Soledad Salinas tuvieron mayor contenido de Ca. Las hojas de las plantas cosechadas en San Antonino tuvieron comparativamente mayor contenido de Na y Fe (Cuadro 3).

In *A. karwinskii*, the leafs of plants harvested in the three communities showed no significant differences in their content of N, P, K, Ca, Mg and SO_4 . Plants harvested had in Santa Catarina Minas had significantly more Mn and Zn, than leafs of the plants harvested in Xitlapehua (Table 4).

Leafs of *Agave karwinskii* harvested at different locations did no show significant differences in the contents of N, P, K, Ca, Mg, SO_4^{2-} , Cu and Fe (Table 5). The leafs of plants harvested in San Antonino had significantly (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$) more Na than the leafs of plants collected in the other communities, while the leafs of plants harvested in Santa Catarina Minas had significantly more Zn, than leafs of plants harvested in Xitlapehua.

Cuadro 3. Contenido nutrimental en tejidos foliares de 30 plantas adultas de *Agave angustifolia* Haw cosechadas en tres localidades del estado de Oaxaca.

Table 3. Nutrient content in leaf tissues of 30 adult plants of *Agave angustifolia* Haw harvested at three locations in the state of Oaxaca.

Localidad	n	mg g ⁻¹							mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ²⁻	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
SCM	5	11.7a	1.4a	12.8a	34.7b	15.7a	0.3a	23.2b	3.2a	1.7b	40.4 a	ND a
SA	15	7.5b	1.8a	7.4b	35.0b	15.7a	0.3a	94.2a	2.8a	63.5 a	13.7 b	2.2 a
SS	10	8.9b	0.3b	9.4b	50.9a	3.9 b	0.1 a	23.3 b	3.0a	1.0b	7.2b	ND a
\bar{x}		8.7	1.3	8.97	40.3	11.8	0.2	58.8	2.9	32.4	16.0	1.1
s		2.1	1.0	3.13	11.6	6.3	0.2	39.8	1.2	48.0	20.6	4.5
C.V (%)		24.2	78.3	34.94	28.9	53.8	83.6	67.7	39.5	148.3	128.9	413.2

SCM= Santa Catarina Minas; SA= San Antonino; SS= Soledad Salinas; n= tamaño de muestra; \bar{x} = Media de las muestras; s= desviación estándar; C. V (%)= coeficiente de variación. En cada columna valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$).

En *A. karwinskii*, las hojas de las plantas cosechadas en las tres comunidades no mostraron diferencias significativas en sus contenidos de N, P, K, Ca, Mg y SO_4 . Las plantas cosechadas en Santa Catarina Minas tuvieron significativamente más Mn y Zn, que las hojas de las plantas cosechadas en Xitlapehua (Cuadro 4).

When comparing the nutrient content between the varieties of *Agave karwinskii* Zucc generally found that leafs of plants of various varieties showed no significant difference (Tukey-Kramer, 0.05) in the element contents (Table 5). When comparing the nutrient contents in leaf tissues of *A. angustifolia* and *A. karwinskii* was found that the leafs of plants

Cuadro 4. Contenido nutrimental en tejidos foliares de plantas adultas de *Agave karwinskii* cosechadas en tres localidades del estado de Oaxaca.

Table 4. Nutrient content in leaf tissues of adult plants of *Agave karwinskii* harvested at three locations in the state of Oaxaca.

Localidad	n	mg g ⁻¹							mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ²⁻	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
SCM	21	8.5 a	0.9 a	6.7 a	65.2a	23.0 a	1.9 a	6.9b	3.9 a	21.4 a	18.3 a	15.9a
SA	4	8.5 a	4.6 a	5.4 a	62.8 a	13.2 a	0.8 a	97.7 a	2.2 a	58.7 a	18.3 a	1.7ab
Xitlapehua	10	10.2 a	2.0 a	14.8 a	69.1 a	15.5 a	0.3 a	20.5b	2.3 a	16.3 a	11.9 b	0.0b
\bar{x}		9.0	1.6	8.9	66.0	19.7	1.3	21.1	3.2	24.2	16.4	9.7
\bar{s}		1.9	1.6	4.5	23.0	13.3	2.2	34.0	2.8	34.0	6.2	12.0
C.V (%)		21.5	101.9	50.5	34.8	67.4	164.1	160.7	86.7	140.8	38.0	122.7

\bar{x} = media de las muestras; s= desviación estándar; C. V (%)= coeficiente de variación; n=t.

Las hojas de las plantas de *Agave karwinskii* cosechadas en las diferentes localidades, no mostraron diferencias significativas en el contenido de N, P, K, Ca, Mg, SO_4^{-2} , Cu y Fe (Cuadro 5). Las hojas de las plantas cosechadas en San Antonino tuvieron significativamente (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$) más Na que las hojas de plantas colectadas en las otras comunidades, mientras que las hojas de plantas cosechadas en Santa Catarina Minas tuvieron significativamente más Zn, que las hojas de plantas cosechadas en Xitlapehua.

of both species, showed no significant difference (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$) in the content of N, P, K, Cu, Fe and Mn, while the leaves of *A. karwinskii* had significantly more concentration of Ca, Mg, SO_4 and Zn. but lower content of Na (Table 6).

There is no published data on nutrient content in adult plants of these two species of agave. The nutritional condition of the plant and most notably in the content of N influences the productivity of the *Agave* plant (Quero and Nobel, 1987).

Cuadro 5. Contenido nutrimental en tejidos foliares de siete variedades de *Agave karwinskii*, cosechadas en tres comunidades del estado de Oaxaca.

Table 5. Nutrient content in leaf tissue of seven varieties of *Agave karwinskii*, harvested at three communities in the state of Oaxaca.

Variedad	N	mg g ⁻¹							mg kg ⁻¹			
		N	P	K	Ca	Mg	SO_4^{-2}	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
ML	17	8.6a	1.1 a	6.5 a	63.4 a	23.5 a	1.3 a	19.0 a	2.8 a	30.4 a	18.9 a	12.0 a
MT	5	8.7 a	2.2 a	5.6 a	71.2 a	22.0 a	2.2 a	19.9 a	7.0 a	22.8 a	13.9 a	11.1 a
MBA	1	8.3 a	0.2 a	8.3 a	47.4 a	7.5 a	4.8 a	0.0 a	2.9 a	0.0 a	21.2 a	35.8 a
MBB	1	6.8 a	1.1 a	10.7 a	57.9 a	8.9 a	5.0 a	0.0 a	3.0 a	1.8 a	23.3 a	45.2 a
MBV	1	8.4 a	5.7 a	4.8 a	81.6 a	8.9 a	0.8 a	113.2 a	1.8 a	51.0 a	21.4 a	0.0 a
MM	8	10.6 a	1.9 a	15.7 a	68.5 a	15.9 a	0.3 a	17.5 a	2.3 a	13.2 a	11.7 a	0.0 a
MG	2	8.5 a	2.5 a	11.4 a	71.3 a	13.9 a	0.3 a	32.2 a	2.6 a	28.4 a	12.5 a	0.0 a
\bar{x}		9.0	1.6	8.9	66.0	19.7	1.3	21.1	3.2	24.2	16.4	9.7
S		1.9	1.6	4.5	23.0	13.3	2.2	34.0	2.8	34.0	6.2	12.0
C.V (%)		21.5	101.8	50.5	34.8	67.3	164.1	160.7	86.7	140.8	38.0	122.7

\bar{x} = media de las muestras; s= desviación estándar; C.V (%)= coeficiente de variación; n= tamaño de la muestra. En cada columna valores con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey-Kramer $\alpha=0.05$). ML= maguey largo; MT= maguey tripón; MBA= maguey barril amarillo; MBB= maguey barril blanco; MBV= maguey barril verde; MM= maguey madrequishe; MG= maguey gordo.

Al comparar el contenido nutrimental entre las variedades de *Agave karwinskii* Zucc. se encontró que en general las hojas de plantas de las diversas variedades no mostraron diferencias significativas (Tukey-Kramer, 0.05) en los contenidos de elementos (Cuadro 5). Al comparar los contenidos de nutrimentos en tejidos foliares de *A. angustifolia* y *A. karwinskii* se encontró que las hojas de plantas de ambas especies, no mostraron diferencias significativas (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$) en su contenido de N, P, K, Cu, Fe y Mn, mientras que las hojas de *A. karwinskii* tuvieron significativamente más concentración de Ca, Mg, SO_4 y Zn., pero menor contenido de Na (Cuadro 6).

No hay datos publicados sobre contenidos de nutrimentos en plantas adultas de estas dos especies de agave. La condición nutrimental de la planta y de manera más notable en el contenido de N, influye en la productividad de la planta de *Agave* (Quero y Nobel, 1987). Nobel (1998), reportó que

Nobel (1998) reported that clorenchyma of the agaves (does not specify the species) contain the following macronutrient expressed in mg g⁻¹: 12 N, 2.1 of P, 18 K, 37 Ca and 7 Mg. Regarding micronutrients in expressed in mg kg⁻¹: 43 Na, 4 Cu, 77 Fe, 30 Mn, and 26 Zn.

Enríquez *et al.* (2009) reported that different groups of young plants of *A. angustifolia* grown for six months in nursery which had availability to different amounts of nutrients either mineral or organic, those plants that received minimum availability and plants that received higher availability of nutrients in their leaves (mg g⁻¹) 13.7 and 21.2 N, 3.2 and 1.9 P, 22.5 and 20.6 K, 39.4 and 37.2 Ca, 13.0 and 8.9 Mg, respectively, which accumulated 13.9 and 37.8 g of total biomass.

The above data and the results of this study suggest that the size that plants had and particularly its *piñas*, could be partly due to the fertility of the soil in which

el clorénquima de los agaves (no especifica las especies) contienen los siguientes macronutrientes expresados en mg g⁻¹: 12 de N, 2.1 de P, 18 de K, 37 de Ca y 7 de Mg. En cuanto a los micronutrientes expresados en mg kg⁻¹: 43 de Na, 4 de Cu, 77 Fe, 30 Mn y 26 de Zn.

they grew, since plants of *A. angustifolia* harvested in Santa Catarina Minas had higher nitrogen content in their leafs and developed larger and heavier *piñas*, than plants of the same species harvested in the other locations.

Cuadro 6. Contenido mineral en tejidos foliares de dos especies de agave del estado de Oaxaca.

Table 6. Mineral content in leafs tissue of two species of agave in the state of Oaxaca

Especie	N	Macronutrientes (mg g ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>angustifolia</i>	30	8.7	1.3	9.0	40.3	11.8	0.2	58.8	2.9	32.4	16.0	1.1
<i>A. karwinskii</i>	35	9.0	1.61	8.9	66.0	19.7	1.3	21.1	3.2	24.2	16.4	9.7
<i>angustifolia</i> vs <i>A. karwinskii</i>		NS	NS	NS	**	**	**	**	NS	NS	NS	**

** alta significancia ($\alpha=0.01$); NS=no significativo.

Enríquez *et al.* (2009), reportaron que diferentes grupos de plantas jóvenes de *A. angustifolia* que crecieron seis meses en vivero durante los cuales tuvieron disponibilidad a cantidades diferentes de nutrimentos ya sea minerales u orgánicos, aquellas plantas que recibieron mínima disponibilidad y plantas que recibieron mayor disponibilidad de nutrimentos tuvieron en sus hojas (mg g⁻¹) 13.7 y 21.2 N, 3.2 y 1.9 P, 22.5 y 20.6 K, 39.4 y 37.2 Ca, 13.0 y 8.9 Mg, respectivamente, las cuales acumularon 13.9 y 37.8 g de biomasa total.

Los datos anteriores y los resultados de este estudio sugieren que el tamaño que tuvieron las plantas y particularmente sus *piñas*, pudo deberse en parte a la fertilidad del terreno en que crecieron, pues las plantas de *A. angustifolia* cosechadas en Santa Catarina Minas tuvieron mayor contenido de N en sus hojas y desarrollaron *piñas* de mayor tamaño y peso, que plantas de la misma especie cosechadas en las otras localidades.

Contenido nutrimental en tallos (*piña*)

El contenido nutrimental en las *piñas* de *Agave angustifolia* Haw. cosechadas en la localidad de Santa Catarina Minas fue mayor que el de las plantas cosechadas en la localidad de Soledad Salinas, con excepción del Cu (Cuadro 7). Sin embargo, el contenido de los elementos que mostraron diferencias altamente significativas (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$) entre las localidades fueron el Mg, Na, Fe y Mn.

En general las plantas de *Agave karwinskii* presentaron en sus *piñas* altos contenidos en Ca, Na, Fe y Zn, siendo las *piñas* de las variedades "madrecuishe" y "gordo"

Nutrient content in stems (*piña*)

The nutrient content in the *piñas* of *Agave angustifolia* Haw harvested in the locality of Santa Catarina Minas was higher than those of plants harvested in the locality of Soledad Salinas, with the exception of Cu (Table 7). However, the content of elements that showed highly significant differences (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$) between the locations were Mg, Na, Fe and Mn.

Overall plants of *Agave karwinskii* showed in their *piñas* high contents of Ca, Na, Fe and Zn, being *piñas* of varieties "madrecuishe" and "fat" which had the highest concentrations of these elements (Table 8). The maguey "fat" had higher contents of P, SO₄ and Na, while the maguey "madrecuishe" had a greater amount of Ca in the *piña*.

Comparison nutrient content in *piña* between the two species of agave

In both species, the macronutrients present in higher concentration were N and Ca; however statistically there was no difference in the content of these elements between species. The stems of *A. karwinskii* had the highest content of K, while *piñas* of *Agave angustifolia* had significantly (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$) higher concentrations of Na and SO₄⁻² (Table 9).

Comparing the nutritional content in leaf vs stem of agave

In *Agave angustifolia* Haw most macronutrients except SO₄⁻² were found in greater amounts in the leafs (Table 10), than in stem. In the stem was found higher concentrations of Na, Cu, Fe and Zn. Similar trend was found in *A. karwinskii* (Table 11).

los que tuvieron las mayores concentraciones de estos elementos (Cuadro 8). El maguey “gordo” tuvo mayores contenidos de P, SO₄ y Na, mientras que el maguey “madrecuishe” tuvo mayor cantidad de Ca en la piña.

Total reducing sugar content in piñas

In this research the average content of TRS in raw juice was 21.16% ± 3.15 for *A. angustifolia* and 27.29% ± 1.34 for *A. karwinskii*. According to Granados (1993) and Téllez (1998)

Cuadro 7. Contenido nutrimental en tallos de 15 plantas adultas de *Agave angustifolia* Haw (maguey espadín) cosechadas en dos localidades del estado de Oaxaca.

Table 7. Nutrient content in stems of 15 adult plants of *Agave angustifolia* Haw (maguey sprat) harvested at two locations in the state of Oaxaca.

Loc.	mg g ⁻¹							mg kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
SCM	4.0 a	0.2a	1.8a	12.9a	5.0a	5.6a	602.3a	2.9 ^a	140.7a	13.1a	54.6a
SS	4.0a	0.3a	1.5a	8.9a	0.7b	5.1a	195.8b	3.2 a	20.3b	1.2b	25.8a
\bar{x}	4.3	0.3	1.6	10.3	2.1	5.23	331.3	3.1	60.5	5.1	35.4
s	0.8	0.2	0.5	4.6	2.5	0.7	292.6	1.3	109.4	10.1	47.2
C.V (%)	18.6	56.7	30.1	44.5	118.8	13.1	88.3	40.1	180.9	197.5	133.1

Loc= localidad; SCM= Santa Catarina Minas; SS= Soledad Salinas; \bar{x} = media de las muestras; S= desviación estándar; C. V (%)= coeficiente de variación. Valores con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (Tukey-Kramer, $\alpha=0.05$).

Cuadro 8. Contenido nutrimental en piñas de cuatro variedades de *Agave karwinskii*, cosechadas en dos comunidades del estado de Oaxaca. (Promedios de 24 plantas).

Table 8. Nutrient content in piñas of four varieties of *Agave karwinskii*, harvested at two communities in the state of Oaxaca. (Averages of 24 plants).

Variedad	mg g ⁻¹							mg kg ⁻¹			
	N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
ML	5.88 a	0.20 b	2.37 a	8.63 b	4.05 b	0.83 b	2.96c	1.48a	65.54a	5.93a	109.63a
MT	5.68 a	0.14 b	3.67 a	5.88 b	4.81 a	0.72 b	N.D d	2.45a	47.70a	6.28a	38.93a
MM	4.39 a	0.42 b	3.25 a	13.93 a	1.78c	3.98 a	177.32b	2.58 a	131.69a	6.23 a	28.34a
MG	5.50 a	0.92 a	2.16a	8.15b	1.27c	4.03a	233.95 a	4.49 a	80.47 a	5.89 a	46.47 a
\bar{x}	5.33	0.33	2.75	10.13	3.13	2.14	80.08	2.18	87.35	6.05	71.37
s	1.80	0.29	1.30	4.42	1.88	1.65	104.81	1.62	79.03	2.92	71.23
C.V (%)	33.75	87.69	47.26	43.64	60.14	76.90	130.88	74.33	90.48	48.30	99.80

\bar{x} = media de las muestras; S= desviación estándar; C. V (%)= coeficiente de variación. Valores con la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes (Tukey-Kramer $\alpha=0.05$).

Comparación del contenido nutrimental de piña entre las dos especies de agave

En ambas especies, los macronutrientes presentes en mayor concentración fueron el N y Ca; sin embargo, estadísticamente no hubo diferencia en el contenido de estos elementos entre las especies. Los tallos de *A. karwinskii* tuvieron el contenido más alto de K, mientras que las piñas de *Agave angustifolia* tuvieron significativamente (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$) mayor concentración de Na y SO₄⁻² (Cuadro 9).

reducing sugars that are present in piña of an adult agave, constitute between 20 and 30% of the fresh weight. Bautista *et al.* (2001) found that raw piñas of *Weber tequilana* have 25-30% reducing sugars.

Guerra *et al.* (2001) found that leaves of *Agave brittoniana* T, have 330.04 mg g⁻¹ of reducing sugars. Montañez *et al.* (2011) reported that dry basis carbohydrates were the main component of all fractions of agave and for the case of *Agave tequilana* Weber, the head was 80.20%

Cuadro 9. Comparación del contenido nutrimental en tallo de dos especies de *Agave*.
Table 9. Comparison of nutrient content in stems of two species of *Agave*.

Especie	n	Macronutrientes (mg g ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>A. angustifolia</i>	15	4.30	0.28	1.58	10.25	2.12	5.25	331.26	3.12	60.45	5.13	35.43
<i>A. karwinskii</i>	24	5.33	0.33	2.75	10.13	3.13	2.14	80.08	2.18	87.35	6.05	71.37
<i>A. angustifolia</i> vs <i>A. karwinskii</i>		NS	NS	**	NS	NS	**	**	NS	NS	NS	NS

** alta significancia (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$); NS= no significativo; n= tamaño de muestra.

Comparación del contenido nutrimental en hoja vs tallo de agave

En *Agave angustifolia* Haw la mayoría de macronutrientes excepto SO₄⁻² se encontraron en mayor cantidad en las hojas (Cuadro 10), que en el tallo. En el tallo se encontró mayor concentración de Na, Cu, Fe y Zn. Tendencia similar se encontró en *A. karwinskii* (Cuadro 11).

of total reducing sugars (TRS), the basis 56.36% and the tips 26.3 % of TRS. Nunez *et al.* (2012) reported 34% reducing sugars in *piñas* (raw heads) of *Agave cocui* Trelease.

According to the studies cited, there is variation in the content of TRS in agaves, however this can be explained by extrinsic factors (type of species, age of the plant, crop

Cuadro 10. Comparación del contenido nutrimental de hoja y tallo en *Agave angustifolia* Haw.
Table 10. Comparison of the nutrient content of leafs and stems in *Agave angustifolia* Haw.

Muestra	n	Macronutrientes (mg g ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Hoja	30	9.8	0.7	10.5	45.5	7.8	0.1	23.28	3.06	1.24	18.23	0.00
Tallo	15	4.3	0.3	1.6	10.2	2.1	5.2	331.26	3.12	60.45	5.13	35.43
Hoja-Tallo		**	NS	**	**	**	**	**	NS	*	NS	**

** alta significancia (Tukey-Kramer $\alpha=0.01$); NS= no significativo; n= tamaño de muestra.

Cuadro 11. Comparación del contenido nutrimental de hojas y tallos en *Agave karwinskii* Zucc.
Table 11. Comparison of the nutrient content of leafs and stems in *Agave karwinskii* Zucc.

Muestra	n	Macronutrientes (mg g ⁻¹)						Micronutrientes (mg kg ⁻¹)				
		N	P	K	Ca	Mg	SO ₄ ⁻²	Na	Cu	Fe	Mn	Zn
Hoja	35	9.2	1.2	9.6	67.6	19.2	1.3	13.42	3.32	21.92	15.93	8.38
Tallo	24	5.4	0.3	2.8	9.8	3.3	2.0	73.92	2.20	84.30	6.07	68.88
Hoja-Tallo		**	**	**	**	**	NS	**	NS	**	**	**

** alta significancia ($\alpha=0.01$); NS= no significativo; n= tamaño de muestra.

Contenido de azúcares reductores totales en piñas

En la presente investigación el contenido promedio de ART en jugo crudo fue 21.16% \pm 3.15 para *A. angustifolia* y 27.29% \pm 1.34 para *A. karwinskii*. De acuerdo a Granados (1993) y Téllez (1998) los azúcares reductores que están presentes en la piña de una planta adulta de agave, constituyen entre 20 y 30% del peso fresco. Bautista *et al.* (2001) encontraron que las piñas crudas de *Agave tequilana* Weber tienen de 25 a 30% de azúcares reductores.

management, environmental conditions in which the plant grows etc.) and intrinsic factors (agave portion that is used for analysis, either leafs or stems, and even fractions thereof and the method used for the determination of carbohydrates.

The relationship between the fresh weight of the piña and the concentration of TRS, are considered among the most representative indicators of biomass accumulation in agave, which constitute the greatest interest to producers, because

Guerra *et al.* (2001), encontraron que las hojas de *Agave brittoniana* T, tienen 330.04 mg g⁻¹ de azúcares reductores. Montañez *et al.* (2011), reportaron que con base seca los carbohidratos fueron el principal componente de todas las fracciones del agave y para el caso de *Agave tequilana* Weber la cabeza tuvo 80.20% de azúcares reductores totales (ART), las bases 56.36% y las puntas 26.3% de ART. Núñez *et al.* (2012), reportaron 34% de azúcares reductores en piñas (cabezas crudas) de *Agave cocui* Trelease.

De acuerdo a los estudios citados, se observa variación en el contenido de ART en los agaves, sin embargo esto se explica debido factores extrínsecos (tipo de especie, edad de la planta, manejo del cultivo, condiciones ambientales en las que se desarrolla la planta etc.) y los factores intrínsecos (porción del agave que se utiliza para el análisis, ya sea hojas o tallos, e incluso fracciones de éstas y el método utilizado para la determinación de los carbohidratos).

La relación existente entre el peso fresco de la piña y la concentración de ART, se consideran entre los indicadores más representativos de la acumulación de biomasa en los agaves, que constituyen el mayor interés para los productores, ya que al cosechar piñas con peso mayor sería posible obtener cantidad superior de azúcares reductores para la producción de mezcal u otros usos.

Conclusiones

Las piñas de *A. angustifolia* cosechadas presentaron gran variación en tamaño y peso, según la localidad en que creció la planta. Las piñas de *Agave angustifolia* Haw fueron de mayor peso y diámetro, pero menor longitud que las piñas de *Agave karwinskii*.

Las plantas adultas de *A. angustifolia* y *A. karwinskii* tuvieron en sus hojas mayor contenido de N, P, K, Ca y Mg que en el tallo, mientras en este último se encontró cantidad superior de SO₄⁻². El contenido de Ca, Mg, Zn y SO₄⁻² en los tejidos foliares de *Agave karwinskii* fue mayor que en *Agave angustifolia* Haw.

En las plantas adultas de *A. angustifolia* y *A. karwinskii* los azúcares reductores totales constituyeron 21.16% y 27.29% del peso fresco de la piña.

when harvesting *piñas* with higher weight would be possible to obtain higher amount of reducing sugars in the production of mezcal or other uses.

Conclusions

Piñas of *A. angustifolia* harvested showed great variation in size and weight, according to the locality in which the plant grew. *Piñas* in *Agave angustifolia* Haw were of greater weight and diameter but shorter length than *piñas* of *Agave karwinskii*.

Mature plants of *A. angustifolia* and *A. karwinskii* had in their leaf higher content of N, P, K, Ca and Mg than in the stem, while the latter was found in higher amount of SO₄⁻². The content of Ca, Mg, Zn and SO₄⁻² in leaf tissues of *Agave karwinskii* was higher than in *Agave angustifolia* Haw.

In adult plants of *A. angustifolia* and *A. karwinskii* the total reducing sugars constituted 21.16% and 27.29% of the fresh weight of the *piña*.

End of the English version



Literatura citada

- Ángeles, C. G. C. 2010. De la biodiversidad al monocultivo: efectos del monocultivo de *Agave angustifolia* en el estado de Oaxaca. *In: patrimonio natural y territorio*. Ávila, R. L. E. y Pardini, G. (Coord.). 1. Valle de Jovel, Chiapas. 96-138 pp.
- Antonio, B. J. y Ramírez, J. J. 2008. Agricultura y pluriactividad de los pequeños productores de agave en la región del mezcal, Oaxaca, México. *Agríc. Téc. Méx.* 4(34):443-451.
- Antonio, B. J. y Smit, M. A. 2012. Sustentabilidad y agricultura en la "región del mezcal" de Oaxaca. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(1):5-20.
- Bautista, J. M.; García, O. L.; Salcedo, H. R. y Parra, N. L. 2001. Azúcares en Agaves (*Agave tequilana* Weber) cultivados en el estado de Guanajuato. *Acta Universitaria.* 11(001):33-38.
- Colunga, G. M. P.; Zizumbo, V. D. y Martínez, T. J. 2007. Tradiciones en el aprovechamiento de los agaves mexicanos: una aportación a su protección legal y conservación biológica y cultural. *In: en lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. Colunga, G. M. P.; Larqué, S. A.; Eguiarte, L. E. y Zizumbo, V. D. (Eds.). CICY-CONACYT-CONABIO-INE. México. 229-248 pp.

- Diagnóstico de la Cadena Productiva del Sistema Producto Maguey-Mezcal. Oaxaca. 2004. SAGARPA-OAXACA, SEDAF- Gobierno del estado de Oaxaca, Consejo Oaxaqueño del Maguey y Mezcal, A. C.
- Di Rienzo J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. y Robledo, C. W. 2008. Info Stat versión 2008. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Enríquez del-Valle, J. R. 2007. La micropropagación de agaves y su fertilización en vivero. *Agroproduce* (16):16-17.
- Enríquez, V. J. R. 2008. La propagación y crecimiento de Agaves. Fundación Produce Oaxaca, A. C. Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO). Oaxaca. México. 46 p.
- Enríquez, V. J. R.; Velasco, V. V. A.; Campos, A. G. V.; Hernández, G. E. y Rodríguez, M. M. N. 2009. *Agave angustifolia* plants grown with different fertigation doses and organic substrates. *Acta Horticulturae* 843:49- 55.
- Espinosa, P. H.; Arredondo, V. C.; Cano, G. M. A.; Canseco, L. A. y Vásquez, Q. F. 2002. La materia prima para producir el mezcal Oaxaqueño. Catálogo de la diversidad de agaves. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur (CIRPS). Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Oaxaca. 68 p.
- García-Mendoza, A. 2007. Los agaves de México. *Ciencias* (87):14-23.
- Granados, S. D. 1993. Los agaves en México. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH). 112-113 pp.
- Guerra de L, J. O.; Nogueiras, L. C.; Delgado, C. R. y Hernández, S. O. 2001. Determinación cuantitativa de saponinas y azúcares reductores del *Agave brittoniana* T. *Rev. Cubana de Química*. 3(XIII):37-42.
- Montañez, S. J.; Venegas, G. J.; Vivar, V. M. y Ramos, R. E. 2011. Extracción, caracterización y cuantificación de los fructanos contenidos en la cabeza y en las hojas del *Agave tequilana* Weber Azul. *Bioagro*. 3(23):199-206.
- Nobel, P. S. 1998. Los incomparables Agaves y cactus. Trillas. México, D. F. 211 p.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SCyFI). 1994. Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-1994. Bebidas alcohólicas mezcal. Diario oficial de la Federación. (consultado marzo, 1994).
- Núñez, A. R.; Rivas, P. B.; Hernández, M. R. y Chirinos, M. 2012. Contenido de azúcares totales, reductores y no reductores en *Agave cocui* Trelease. *Multiciencias*. 2(12):129-135.
- Núñez, M. H.; Rodríguez, F. L. and Khanna, M. 2011. Agave for tequila and biofuels: an economic assessment and potential opportunities. *GCB Bioenergy* 1(3):43-57.
- Quero, E. and Nobel, P. S. 1987. Predictions of field productivity for Agave lechuguilla. *J. Appl. Ecol.* 24:1053- 1062.
- Téllez, M. P. 1988. El cocimiento, una etapa importante en la producción del tequila. *Bebidas Mexicanas*. 7(1):19-20.