

Potential for sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) single crosses to improve ethanol production

Potencial de cruza simples de camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) para mejorar la producción de etanol

Aline Torquato-Tavares¹; Ildon Rodrigues-do Nascimento¹;
Irais Dolores Pascual-Reyes^{1*}; Wesley Rosa-de Santana²;
Márcio Antônio da Silveira²

¹Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Produção Vegetal. Rua Badejos, lote 7, Chácaras 69/72, zona rural, C. P. 66, CEP 77402-970, Gurupi, Tocantins, BRASIL.

irais121@hotmail.com, tel.: +55(63)9952-4431 (*Corresponding author)

²Universidade Federal do Tocantins, Departamento de Produção Vegetal. Av. Ns 15, Alcno 14, Bloco IV, CEP 77020-210 Palmas, Tocantins, BRASIL.

Abstract

The sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) is an important agroenergy source for producing ethanol, which is mainly made from renewable sources through the conversion of mono- and disaccharides (sugarcane, beet, corn, wheat, sweet potato, cassava, etc.). The aim of this research was to obtain new sweet potato genotypes with high potential for ethanol production from simple crosses to be used as commercial varieties. For this, crosses were made from selected parents with high root yield and dry matter content. A hundred single crosses were evaluated in two environments using an experimental lattice design with three replicates. It was observed that the use of single crosses is an effective strategy for exploiting sweet potato variability. Of the 73 hybrids evaluated, eight exceeded the best cultivars used as controls. The crosses BDI#57, BDI#73, BDI#52 and the cultivar Duda, with ethanol yields of 9.45, 10.37, 10.85 and 11.24 m³·h⁻¹, respectively, were the best in root production; in addition, they had a low incidence of soil insect attack, so they represent a good alternative for the cultivation of sweet potato intended for the ethanol-producing industry.

Keywords: directed crosses, genotypes, ethanol, dry matter.

Resumen

El camote (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.) es una fuente agroenergética de importancia para la producción de etanol, el cual es producido principalmente a partir de fuentes renovables mediante la conversión de mono y disacáridos (caña de azúcar, betabel, maíz, trigo, batata, camote, yuca, etc.). El objetivo de esta investigación fue obtener nuevos genotipos de camote con alto potencial de producción de etanol a partir de cruza simples para emplearse como variedades comerciales. Para ello, se realizaron cruzamientos a partir de progenitores seleccionados con alto rendimiento y contenido de materia seca de raíces. Se evaluaron 100 cruza simples en dos ambientes empleando el diseño experimental látice con tres repeticiones. Se observó que el uso de cruzamientos simples es una estrategia eficaz para el aprovechamiento de la variabilidad de camote. De 73 híbridos evaluados, ocho superaron los mejores cultivares utilizados como testigo. Los cruzamientos BDI#57, BDI#73, BDI#52 y el cultivar Duda, con rendimientos de etanol de 9.45, 10.37, 10.85 y 11.24 m³·h⁻¹, respectivamente, fueron los mejores en la producción de raíces; además, tuvieron incidencia baja de ataque de insectos del suelo, por lo que representan una buena alternativa para el cultivo de camote destinado a la industria productora de etanol.

Palabras clave: cruzamientos dirigidos, genotipos, etanol, materia seca.



Introduction

The sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) is a tropical plant native to the Americas that is distributed from the Yucatán peninsula in Mexico to Colombia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2004; Firetti & Marangoni-Montes, 2006). It belongs to the family Convolvulaceae that groups more than 1,000 species, of which only the sweet potato is economically important (Silva, Lopes, & Magalhães, 2002). It is a hexaploid species of great variability that can be exploited by plant breeders through directed crosses, so that each botanical seed is a potential new genotype (Pinto-Moreira et al., 2009).

Commercially, the sweet potato propagates asexually by means of branches. Seeds are produced by cross-fertilization (due to the self-incompatibility mechanism), which facilitates allelic recombination under natural conditions (Oliveira et al., 2002). In addition, its vegetative reproduction is an advantage in breeding, since it allows fixing and reproducing the selected superior genotypes.

According to Wang (1982), the dry matter content in sweet potato roots is highly correlated with that of starch, which is the raw material for ethanol production. In this sense, the cross-breeding of contrasting parents, with characteristics desirable for their industrial exploitation (combined with a high total root production and high content of dry matter, starch and total sugars), emerges as an important strategy for more efficient exploitation of genetic variability. This, together with other characteristics such as resistance to soil insects, favors obtaining new genotypes with superior industrial qualities.

Brazil's sweet potato varieties have characteristics suitable for human consumption. However, despite the valuable efforts of researchers, there are few studies focused on the industrial properties of this crop. In particular, there is an urgent need to develop varieties that allow high ethanol production under various soil, water, elevation and relative humidity conditions, as well as other edaphic and climatic factors. The aim of this research was to obtain new sweet potato genotypes from single crosses with high potential for ethanol production to be used as commercial varieties.

Materials and methods

The single crosses to obtain new sweet potato genotypes were carried out from March 2011 to August 2012 at the Agro-industrial and Environmental Technology Center (CTAA) of the Federal University of Tocantins, Palmas Campus, Brazil, located at coordinates 10° 10' 42.1" SL and 48° 21' 22.6" WL, at 216 masl. The climate is tropical type Aw, characterized by wet summers and

Introducción

El camote (*Ipomoea batatas* L.) es una planta tropical originaria de América que se distribuye desde la península de Yucatán, en México, hasta Colombia (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária [EMBRAPA], 2004; Firetti & Marangoni-Montes, 2006). Pertenece a la familia Convolvulácea que agrupa más de 1,000 especies; de las cuales, solamente el camote tiene importancia económica (Silva, Lopes, & Magalhães, 2002). Es una especie hexaploide de gran variabilidad que puede ser explotada por los fitomejoradores mediante cruzamientos dirigidos, por lo que cada semilla botánica es un nuevo genotipo potencial (Pinto-Moreira et al., 2009).

Comercialmente, el camote se propaga asexualmente por medio de ramas. Las semillas se producen por fecundación cruzada (debido al mecanismo de auto-incompatibilidad), lo que facilita la recombinación alélica en condiciones naturales (Oliveira et al., 2002). Además, su reproducción vegetativa es una ventaja en el mejoramiento, ya que permite fijar y reproducir los genotipos superiores seleccionados.

De acuerdo con Wang (1982), el contenido de materia seca en raíces de camote está altamente correlacionado con el contenido de almidón, que es materia prima para la producción de etanol. En este sentido, el cruzamiento de progenitores contrastantes, con características deseables para su explotación industrial (combinado con una elevada producción total de raíces y contenido alto de materia seca, almidón y azúcares totales), surge como una estrategia importante para hacer más eficiente la explotación de la variabilidad genética. Lo anterior, aunado a otras características como la resistencia a insectos de suelo, propicia la obtención de nuevos genotipos con cualidades industriales superiores.

Las variedades de camote de Brasil poseen características para uso de mesa y, a pesar de los valiosos esfuerzos de investigadores, existen pocos estudios centrados en las propiedades industriales de este cultivo. En particular, es urgente desarrollar variedades que permitan obtener una producción elevada de etanol ante diversas condiciones de suelo, agua, altitud, humedad relativa del aire y otros factores edafo-climáticos. El objetivo de esta investigación fue obtener nuevos genotipos de camote a partir de cruces simples con alto potencial de producción de etanol para emplearse como variedades comerciales.

Materiales y métodos

Los cruces simples para la obtención de nuevos genotipos de camote se realizaron de marzo de 2011 a agosto de 2012 en el Centro Tecnológico Agroindustrial y Ambiental (CTAA), de la Universidad Federal de Tocantins, Campus Palmas, Brasil, situado en las

dry-season winters, according to the classification of Köppen (1948).

Seven sweet potato varieties were used to make the crosses; these varieties were the first to be selected for ethanol production in Brazil: Amanda, Ana Clara, Bárbara, Beatriz, Carolina Vitória, Duda and Marcela. Six experimental genotypes with high root dry matter production and with some characteristics required by the ethanol industry were used: BDI106, BDI199, BDI233, BDI(2007)106-41, BDI(2007)PA26 and BDI(2007)PA37 (Table 1). These materials were provided by the breeding program operated by the Renewable Energy Production System Laboratory at the Federal University of Tocantins (UFT/LASPER), Brazil.

The 13 parents were cultivated in a shade house, and each one was established in 10, 10-L containers. As substrate, a mixture of ravine soil with tanned bovine manure was used at a 3:1 ratio, which was adapted in accordance with crop recommendations (CQFS RS/SC, 2004). The containers were irrigated daily in accordance with the water absorption capacity of the substrate.

Flowering of some parents occurred two months after planting. Pollinations were performed manually (from 6:00 to 9:00 hours), according to the method proposed by Willson and Ågren (1989). Plants that produced more flowers were used as females. The selected flowers were protected with paper bags one day before anthesis to prevent insect pollination. From the crosses performed, 106 seeds were obtained. The dormancy suspension of the seeds was made with sulfuric acid (100 %) for 40 min. The seeds were then seeded in 128-well expanded polystyrene trays. A mixture of pine bark, coconut fiber, vermiculite and rice husk, supplemented with nutrients (Bioplant®), was used as substrate.

Of the 106 seeds, only 86 germinated. Seedlings were individually identified according to their origins and were trained in containers for 30 days. They were then transplanted into previously fertilized rows. Of the 86 seedlings, 73 produced sufficient branches that guaranteed their propagation to carry out the agronomic evaluation experiments (Table 1).

Two experiments were established in Palmas-TO (11° 43' 45" SL, 49° 04' 07" WL and 278 masl) and Gurupí-TO (11° 43' 45" SL, 49° 04' 07" WL and 278 masl). According to the agro-meteorological bulletin of UFT's Gurupí campus, the average annual rainfall in 2012 was 1,036.20 mm and the average temperature was 25.94 °C. The soil is classified as red-yellow lithosol (EMBRAPA, 2006).

In both experiments, fertilization was carried out based on soil analysis and crop recommendations, according to the parameters established by Silveira, Dias, and Alvim (2008).

coordenadas 10° 10' 42.1" LS y 48° 21' 22.6" LO, a 216 msnm. El clima es tropical de tipo Aw, caracterizado por veranos húmedos e inviernos con estación seca, conforme la clasificación de Köppen (1948).

Para realizar los cruzamientos se utilizaron siete variedades de camote; las caules fueron las primeras en ser seleccionadas para la producción de etanol en Brasil: Amanda, Ana Clara, Bárbara, Beatriz, Carolina Vitória, Duda y Marcela. También se utilizaron seis genotipos experimentales con producción alta de materia seca en raíces y con algunas características requeridas por la industria productora de etanol: BDI106, BDI199, BDI233, BDI(2007)106-41, BDI(2007)PA26 y BDI(2007)PA37 (Cuadro 1). Estos materiales fueron proporcionados por el programa de mejoramiento genético de la Universidad Federal de Tocantins, del Laboratorio de Sistema de Producción de Energía de Fuentes Renovables (UFT/LASPER), Brasil.

Los 13 progenitores se cultivaron en casa sombra, y cada uno se estableció en 10 contenedores con capacidad de 10 L. Como sustrato se utilizó una mezcla de suelo de barranco con estiércol de bovino curtido en proporción 3:1, el cual se adecuó conforme la recomendación del cultivo (CQFS RS/SC, 2004). La irrigación de los vasos se realizó diariamente de acuerdo con la capacidad de absorción de agua del sustrato.

La floración de algunos progenitores ocurrió dos meses después de la plantación. Las polinizaciones se realizaron manualmente (de las 6:00 a las 9:00 horas), según el método propuesto por Willson y Ågren (1989). Las plantas que produjeron más flores se usaron como hembras. Las flores seleccionadas se protegieron con bolsas de papel un día antes de la anthesis para impedir la polinización por insectos. De los cruzamientos realizados se obtuvieron 106 semillas. La suspensión de la dormancia de las semillas se hizo con ácido sulfúrico (al 100 %) durante 40 min. En seguida, las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno expandido de 128 cavidades. Se usó como sustrato una mezcla de corteza de pino, fibra de coco, vermiculita y cascarilla de arroz, complementado con nutrientes (Bioplant®).

De las 106 semillas, sólo germinaron 86. Las plántulas se identificaron individualmente de acuerdo con sus orígenes y se condujeron en contenedores durante 30 días. Luego, se trasplantaron en surcos previamente fertilizados. De las 86 plántulas, 73 produjeron ramas suficientes que garantizaron su propagación para llevar a cabo los experimentos de la evaluación agronómica (Cuadro 1).

Se instalaron dos experimentos en Palmas-TO (11° 43' 45" LS, 49° 04' 07" LO y 278 msnm) y Gurupí-TO (11° 43' 45" LS, 49° 04' 07" LO y 278 msnm). De acuerdo con el boletín agro-meteorológico de la UFT, campus Gurupí,

Table 1. Seventy-three single crosses made to obtain superior sweet potato genotypes (Agro-industrial and Environmental Technology Center [CTAA] at the UFT Palmas campus, 2012).

Cuadro 1. Setenta y tres cruizas simples efectuadas para la obtención de genotipos superiores de camote (Centro Tecnológico Agroindustrial y Ambiental - CTAA, de la UFT campus de Palmas, 2012).

Genotypes / Genotipos	Origin / Origen	Genotypes / Genotipos	Origin / Origen
BDI#84	Amanda x Bárbara	BDI#05	BDI233 x Bárbara
BDI#35	Amanda x Bárbara	BDI#06	BDI233 x Bárbara
BDI#36	Amanda x Bárbara	BDI#07	BDI233 x Bárbara
BDI#37	Amanda x Bárbara	BDI#08	BDI233 x Bárbara
BDI#38	Amanda x Bárbara	BDI#10	BDI233 x Bárbara
BDI#39	Amanda x Bárbara	BDI#11	BDI233 x Bárbara
BDI#41	Amanda x Bárbara	BDI#12	BDI233 x Bárbara
BDI#42	Amanda x Bárbara	BDI#13	BDI233 x Bárbara
BDI#43	Amanda x Bárbara	BDI#14	BDI233 x Bárbara
BDI#52	Amanda x Bárbara	BDI#15	BDI233 x Bárbara
BDI#53	Amanda x Bárbara	BDI#09	BDI233 x Bárbara
BDI#54	Amanda x Bárbara	BDI#56	BDI233 x Marcela
BDI#94	Ana Clara x Amanda	BDI#57	BDI233 x Marcela
BDI#22	Bárbara x Beatriz	BDI#58	BDI233 x Marcela
BDI#23	Bárbara x Beatriz	BDI#60	BDI233 x Marcela
BDI#24	Bárbara x Beatriz	BDI#31	Beatriz x Amanda
BDI#25	Bárbara x Beatriz	BDI#32	Beatriz x Amanda
BDI#26	Bárbara x Beatriz	BDI#33	Beatriz x Amanda
BDI#27	Bárbara x Beatriz	BDI#61	Beatriz x Amanda
BDI#49	Bárbara x Beatriz	BDI#62	Beatriz x Amanda
BDI#50	Bárbara x Beatriz	BDI#65	Beatriz x C. Vitória
BDI#51	BDI(2007)PA26 x Amanda	BDI#67	Beatriz x Duda
BDI#17	BDI(2007)PA26 x Bárbara	BDI#83	Beatriz x Marcela
BDI#18	BDI(2007)PA26 x Bárbara	BDI#80	C. Vitória x Marcela
BDI#19	BDI(2007)PA26 x Bárbara	BDI#81	C. Vitória x Marcela
BDI#20	BDI(2007)PA26 x Bárbara	BDI#68	Marcela x Amanda
BDI#21	BDI(2007)PA26 x Bárbara	BDI#03	Marcela x Bárbara
BDI#63	BDI(2007)PA26 x Beatriz	BDI#04	Marcela x Bárbara
BDI#64	BDI(2007)PA26 x Beatriz	BDI#55	Marcela x Bárbara
BDI#16	BDI(2007)PA37 x Bárbara	BDI#28	Marcela x Bárbara
BDI#44	BDI106 x Bárbara	BDI#29	Marcela x Bárbara
BDI#45	BDI106 x Bárbara	BDI#30	Marcela x Bárbara
BDI#46	BDI106 x Bárbara	BDI#59	Marcela x Bárbara
BDI#47	BDI106 x Bárbara	BDI#70	Marcela x Bárbara
BDI#02	BDI199 x Bárbara	BDI#71	Marcela x Bárbara
BDI#48	BDI199 x Beatriz	BDI#72	Marcela x Bárbara
BDI#66	BDI(2007)106-41 x Bárbara		

One hundred sweet potato genotypes (73 obtained from single crosses, 13 parents and 14 additional ones) were evaluated. The experiments were installed in lattice with three replicates. The experimental plot was constituted by six plants, spaced 0.35 m apart with 0.90 m between rows. Planting was done with branches of 20 cm in length and three to five internodes.

In both environments, six months after sowing, the following variables were recorded: root yield per plot ($t \cdot ha^{-1}$), damage caused by soil insects (obtained through the classification scale adapted by França, Ferreira, Maluf, & Miranda, [1983]) and root dry matter content.

Root dry matter was quantified following the methodology of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). First, 3 g of fresh grated sample were placed in a crucible which was placed in a stove (Tecnal® TE – 394/2) and kept at 105 °C until constant weight. A Shimadzu model AY220 analytical balance was used to obtain the weight. Quantification of the total dry extract (TDE) was calculated with the following formula:

$$TDE = \frac{W_{ps} - W_{ep}}{W_{swp}} \quad (100) \quad (1)$$

where:

TDE = total dry extract;

W_{ps} = Total weight of the plate with sample (g);

W_{ep} = Weight of empty plate (without sample)(g);

W_{swp} = Weight of the fresh sample without plate (g);

Ethanol yield ($m^3 \cdot ha^{-1}$) was estimated from root yield, dry matter content and starch content according to the methodology of Cereda (2001), Monteiro-Machado and Rosa-Abreu (2006).

Analysis of variance by locality and sets (after the test of homogeneity of variances) was performed with Statistical Analysis System software (SAS, 2001).

The means of the treatments of each experiment, as well as those of both, were compared by the Scott and Knott (1974) clustering test, $P \leq 0.05$, using the SISVAR version 5.5 package. (Ferreira, 2008). Pearson correlation coefficients were calculated for each characteristic between the two experiments, and within each of them, between the possible pairs of variables. These analyzes were carried out with the Genes program (Damião-Cruz, 2008).

Results and discussion

Analyses of variance of root yield, root dry matter content, incidence of soil insect damage and ethanol yield detected statistical differences ($P \leq 0.05$) among sweet potato

la precipitación media anual en 2012 fue de 1,036.20 mm y la temperatura media de 25.94 °C. El suelo es clasificado como litosol rojo-amarillo (EMBRAPA, 2006).

En los dos experimentos, la fertilización se efectuó con base en los análisis de suelo y recomendaciones para el cultivo, según los parámetros establecidos por Silveira, Dias, y Alvim (2008).

Se evaluaron 100 genotipos de camote (73 obtenidos de cruces simples, 13 progenitores y 14 adicionales). Los experimentos se instalaron en látice con tres repeticiones. La parcela experimental se constituyó por seis plantas, distanciadas a 0.35 m con 0.90 m entre surcos. La plantación se hizo con ramas de 20 cm de longitud y de tres a cinco entrenudos.

En ambos ambientes, seis meses después de la siembra se registró: rendimiento de raíz por parcela ($t \cdot ha^{-1}$), daños causados por insectos de suelo (obtenidos por medio de la escala de clasificación adaptada por França, Ferreira, Maluf, & Miranda, [1983]) y contenido de materia seca en raíces.

La materia seca en raíces se cuantificó siguiendo la metodología de la *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2005). En un crisol, previamente identificado y pesado, se colocaron 3 g de muestra fresca rallada y se llevó a una estufa (Tecnal® TE – 394/2), manteniéndola a 105 °C hasta que el peso de la muestra fuera constante. Para obtener el peso se usó una balanza analítica marca Shimadzu, modelo: AY220. La cuantificación del extracto seco total (EST) se calculó con la siguiente fórmula:

$$EST = \frac{P_{pm} - P_{pv}}{P_{ms}} \quad (100) \quad (1)$$

dónde:

EST = extracto seco total;

P_{pm} = Peso total de la placa con muestra (g);

P_{pv} = Peso de la placa vacía (sin muestra)(g);

P_{ms} = Peso de la muestra fresca sin placa (g);

El rendimiento de etanol ($m^3 \cdot ha^{-1}$) se estimó a partir de rendimiento de raíz, contenido de materia seca y contenido de almidón conforme la metodología de Cereda (2001), Monteiro-Machado y Rosa-Abreu (2006).

Se realizaron análisis de varianza por localidad y conjuntos (después de la prueba de homogeneidad de varianzas) con el programa *Statistical Analysis System* (SAS, 2001).

Las medias de los tratamientos de cada experimento, así como las de ambos, se compararon mediante la prueba de agrupamiento de Scott y Knott (1974), $P \leq 0.05$, mediante el paquete SISVAR versión 5.5. (Ferreira, 2008).

genotypes. In the case of environments, root dry matter and insect incidence were significant ($P \leq 0.05$), as was the interaction of root yield and dry matter ($P \leq 0.05$). These results confirm the existence of genetic variability and the influence of production areas on the characteristics studied and suggest the need to evaluate in more than one environment before generating a recommendation for other regions (Table 2).

According to root yield, genotypes were classified into four groups in Palmas and two in Gurupí (Table 3). The most productive genotypes in Palmas were: BDI#73 (59.92 t·ha⁻¹), BDI#52 (53.20 t·ha⁻¹), Duda variety (52.04 t·ha⁻¹), BDI#26 (48.95 t·ha⁻¹), BDI#11 (48.49 t·ha⁻¹), BDI#57 (47.58 t·ha⁻¹), BDI#39 (47.34 t·ha⁻¹) and BDI#02 (45.59 t·ha⁻¹). These values are superior to those of table varieties obtained by different authors. In a similar work, Silveira et al. (2008) identified sweet potato varieties with industrial characteristics for ethanol production. When this objective is pursued, root yield should be greater than 40 t·ha⁻¹ to make it economically viable.

Of the 94 genotypes evaluated in Gurupí (there was a loss of six genotypes), 40 had an average root yield of more than 25 t·ha⁻¹ and were classified in the first group of significance; however, only six of them are suitable for ethanol production: BDI#09 (48.19 t·ha⁻¹), BDI#72 (43.49 t·ha⁻¹), BDI#83 (43.21 t·ha⁻¹), BDI#70 (42.86 t·ha⁻¹), BDI#03 (40.84 t·ha⁻¹) and BDI#52 (39.99 t·ha⁻¹) (Table 3).

Jin, Fang, Zhang, Zhou, and Zhao (2012) obtained lower results in collections of 10 sweet potato varieties for ethanol production (38.63 t·ha⁻¹) over a period of 160 days. By contrast, Gonçalves-Neto et al. (2012) identified genotypes UFLA07-43 and UFLA07-12 with maximum root yield of 95.10 and 98.00 t·ha⁻¹, respectively.

Se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson para cada característica entre los dos experimentos, y dentro de cada uno de ellos, entre los pares posibles de variables. Dichos análisis se realizaron con el programa Genes (Damião-Cruz, 2008).

Resultados y discusión

Los análisis de varianza de rendimiento de raíz, contenido de materia seca, incidencia de daños causados por insectos de suelo y rendimiento de etanol detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre genotipos de camote. En el caso de ambientes, la materia seca de raíces e incidencia de insectos fueron significativos ($P \leq 0.05$), al igual que la interacción de rendimiento de raíz y materia seca ($P \leq 0.05$). Estos resultados confirman la existencia de variabilidad genética e influencia de las áreas de producción en las características estudiadas y sugieren la necesidad de evaluar en más de un ambiente antes de generar alguna recomendación para otras regiones (Cuadro 2).

De acuerdo con el rendimiento de raíz, los genotipos se clasificaron en cuatro grupos en Palmas y dos en Gurupí (Cuadro 3). Los genotipos más productivos en Palmas fueron: BDI#73 (59.92 t·ha⁻¹), BDI#52 (53.20 t·ha⁻¹), variedad Duda (52.04 t·ha⁻¹), BDI#26 (48.95 t·ha⁻¹), BDI#11 (48.49 t·ha⁻¹), BDI#57 (47.58 t·ha⁻¹), BDI#39 (47.34 t·ha⁻¹) y BDI#02 (45.59 t·ha⁻¹). Estos valores son superiores a los de las variedades destinadas para mesa obtenidos por diversos autores. En un trabajo similar, Silveira et al. (2008) identificaron variedades de camote con características industriales para la producción de etanol. Cuando se persigue este objetivo, el rendimiento de raíz debe ser superior a 40 t·ha⁻¹ para que sea viable económicamente.

Table 2. Summary of analysis of variance of root yield, dry matter content, incidence of damage caused by soil insects and ethanol yield in sweet potato genotypes cultivated in two environments (Palmas and Gurupí, 2012).

Cuadro 2. Resumen del análisis de varianza del rendimiento de raíz, contenido de materia seca, incidencia de los daños causados por insectos de suelo y rendimiento de etanol en genotipos de camote cultivados en dos ambientes (Palmas y Gurupí, 2012).

SV/FV	RY ¹ (t·ha ⁻¹)/ RR ¹ (t·ha ⁻¹)	DM (%)/ MS (%)	DI	Ethanol (m ³ ·ha ⁻¹)/ Etanol (m ³ ·ha ⁻¹)
Environments/Ambientes	76.49	56.23**	72.68**	1.39
Blocks/Environments/Bloques/Ambientes	805.91**	59.09**	4.41**	17.45**
Genotypes/Genotipos	482.45**	29.28**	0.43**	19.53**
Genotypes x Environments/Genotipos x Ambientes	194.83**	11.40**	0.29	6.72
Residue/Residuo	122.83	6.35	0.27	4.40
Mean/Media	24.42	32.61	1.85	4.55
CV (%)	45.38	7.72	28.16	46.09

¹SV = Source of variation, DM = dry matter, DI = damage caused by soil insects.

**significant for $P \leq 0.05$.

¹FV = fuente de variación, MS = materia seca, DI = daños causados por insectos de suelo.

**significativo para $P \leq 0.05$.

Table 3. Root yield (t·ha⁻¹) in sweet potato crosses cultivated in two environments in the state of Tocantins, Brasil (Palmas and Gurupí, 2012).

Cuadro 3. Rendimiento de raíz (t·ha⁻¹) en cruzamientos de camote, cultivadas en dos ambientes en el estado de Tocantins, Brasil (Palmas y Gurupí, 2012).

Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media	Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media
	Palmas	Gurupí			Palmas	Gurupí	
BDI#01	40.71 b ^z	17.53 b	29.12 b	BDI#50	22.69 c	18.65 b	20.67 c
BDI#02	45.59 a	24.18 b	34.89 b	BDI#51	30.29 b	13.44 b	21.87 c
BDI#03	17.35 c	40.84 a	29.10 b	BDI#52	53.20 a	39.99 a	46.60 a
BDI#04	34.58 b	23.80 b	29.19 b	BDI#53	8.24 c	34.24 a	21.24 c
BDI#05	29.69 b	19.66 b	24.68 c	BDI#54	7.11 c	9.43 b	8.27 c
BDI#06	14.41 c	23.11 b	18.76 c	BDI#55	14.79 c	20.03 b	17.41 c
BDI#07	19.85 c	10.07 b	14.96 c	BDI#56	17.93 c	15.84 b	16.89 c
BDI#08	23.39 c	16.43 b	19.91 c	BDI#57	47.58 a	37.64 a	42.61 a
BDI#09	20.13 c	48.19 a	34.16 b	BDI#58	26.81 c	24.79 b	25.80 c
BDI#10	8.20 c	16.07 b	12.13 c	BDI#59	18.63 c	27.86 a	23.25 c
BDI#11	48.49 a	28.46 a	38.48 a	BDI#60	19.92 c	21.07 b	20.49 c
BDI#12	17.54 c	27.67 a	22.61 c	BDI#61	31.84 b	23.61 b	27.72 b
BDI#13	36.35 b	31.66 a	34.00 b	BDI#62	21.96 c	21.96 b	21.96 c
BDI#14	25.19 c	39.82 a	32.51 b	BDI#63	9.95 c	28.83 a	19.39 c
BDI#15	24.31 c	20.37 b	22.34 c	BDI#64	23.43 c	19.95 b	21.69 c
BDI#16	22.09 c	16.21 b	19.15 c	BDI#65	6.80 c	9.20 b	8.00 c
BDI#17	17.65 c	7.03 b	12.34 c	BDI#66	23.35 c	18.18 b	20.76 c
BDI#18	15.32 c	6.07 b	10.70 c	BDI#67	36.21 b	36.46 a	36.34 b
BDI#19	12.44 c	11.64 b	12.04 c	BDI#68	6.09 c	19.22 b	12.66 c
BDI#20	9.36 c	8.16 b	8.76 c	BDI#69	19.05 c	15.64 b	17.35 c
BDI#21	27.66 c	25.71 a	26.69 c	BDI#70	23.97 c	42.86 a	33.41 b
BDI#22	18.40 c	11.62 b	15.01 c	BDI#71	34.16 b	30.16 a	32.16 b
BDI#23	26.89 c	17.72 b	22.31 c	BDI#72	41.60 b	43.49 a	42.55 a
BDI#24	23.82 c	31.47 a	27.64 b	BDI#73	59.92 a	34.05 a	46.99 a
BDI#26	48.95 a	36.63 a	42.79 a	BDI#74	33.63 b	20.97 b	27.30 b
BDI#27	37.47 b	28.66 a	33.07 b	BDI#75	13.49 c	31.09 a	22.29 c
BDI#28	14.43 c	20.38 b	17.41 c	BDI#77	21.00 c	22.80 b	21.90 c
BDI#29	14.72 c	23.56 b	19.14 c	BDI#78	17.15 c	28.36 a	22.76 c
BDI#30	16.53 c	19.95 b	18.24 c	BDI#79	37.24 b	33.49 a	35.37 b
BDI#31	15.00 c	27.37 a	21.19 c	BDI#80	18.25 c	20.71 b	19.48 c
BDI#32	16.73 c	17.66 b	17.19 c	BDI#81	33.50 b	29.62 a	31.56 b
BDI#33	28.90 b	31.54 a	30.22 b	BDI#82	11.83 c	29.86 a	20.85 c
BDI#34	17.50 c	17.23 b	17.37 c	BDI#83	39.24 b	43.21 a	41.23 a
BDI#36	29.52 b	23.08 b	26.30 c	BDI#84	15.22 c	29.60 a	22.41 c
BDI#37	15.63 c	20.76 b	18.19 c	Beatriz	24.89 c	27.67 a	26.28 c
BDI#38	26.39 c	32.17 a	29.28 b	Barbara	32.69 b	36.96 a	34.83 b
BDI#39	47.34 a	30.12 a	38.73 a	C. Vitoria	30.37 b	27.09 a	28.73 b
BDI#40	18.13 c	18.06 b	18.10 c	Marcela	31.00 b	27.67 a	29.34 b
BDI#41	28.47 c	29.99 a	29.23 b	Duda	52.04 a	37.05 a	44.55 a
BDI#42	15.55 c	32.02 a	23.78 c	Amanda	27.58 c	14.72 b	21.15 c
BDI#43	15.72 c	20.19 b	17.96 c	BDI#91	13.86 c	17.97 b	15.92 c
BDI#44	28.05 c	10.64 b	19.34 c	BDI#92	10.58 c	7.69 b	9.14 c
BDI#45	26.83 c	15.03 b	20.93 c	BDI#93	26.18 c	8.81 b	17.49 c
BDI#46	17.28 c	10.71 b	13.99 c	BDI#94	36.39 b	8.46 b	22.43 c
BDI#47	13.05 c	36.91 a	24.98 c	A. Clara	26.11 c	21.91 b	24.01 c
BDI#48	22.61 c	24.32 b	23.46 c	BDGU35	18.20 c	22.61 b	20.41 c
BDI#49	23.31 c	20.29 b	21.80 c	BDGU36	36.83 b	35.38 a	36.10 b
Means/Medias	24.79	24.05	24.42	Means/Medias	24.79	24.05	24.42

^zMeans with the same letter in each column do not differ statistically (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

^zMedias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

The genotypes that stood out in both environments were: BDI#73, BDI#52, Duda variety, BDI#26, BDI#57, BDI#72 and BDI#83 (Table 3). Of the ten genotypes with the greatest performance in the two environments (Table 4), eight (BDI#52, BDI#26, BDI#57, BDI#72, BDI#83, BDI#39, BDI#11 and BDI#67) come from simple crosses. The Duda variety and BDI#73 were obtained by free pollinations. Therefore, it is evident that the use of directed crosses was a viable alternative, since the genetic variability of the superior clones can be explored with an increase in total root production.

Of the seven genotypes that had the highest root yield in the two environments evaluated, BDI#73, BDI#52, Duda, BDI#26 and BDI#57 were in Palmas and BDI#09, BDI#72, BDI#83 and BDI#52 were in Gurupí.

Better yields can be expected from the selected genotypes in the two environments when soil conditions are better from a physical, chemical and biological point of view. The Carolina Vitoria variety has a yield potential of 63 t·ha⁻¹ in Paraná (Ponta Grossa) and in Tocantins (Palmas) the mean root yield verified by Silveira et al. (2008) was 32.17 t·ha⁻¹. The Duda variety in Mato Grosso (Tangara da Serra) showed good productive performance (103 t·ha⁻¹) in a demonstration field, after having been cultivated with sugarcane, while in Tocantins (Palmas) root yield was 65.5 t·ha⁻¹ (Silveira et al., 2008).

The interaction between genotypes and environments (Table 2) showed statistical differences ($P \leq 0.05$) and reveals the need to evaluate genotypes before they are recommended for different commercial production regions. In research by Gomes-Barreto et al. (2011) in south central Tocantins, Brazil, it was verified that the behavior of sweet potato genotypes was not constant in different environments.

De los 94 genotipos evaluados en Gurupí (hubo pérdida de seis genotipos), 40 tuvieron una producción de raíz media superior a 25 t·ha⁻¹ y se clasificaron en el primer grupo de significancia; sin embargo, solo seis de ellos son adecuados para la producción de etanol: BDI#09 (48.19 t·ha⁻¹), BDI#72 (43.49 t·ha⁻¹), BDI#83 (43.21 t·ha⁻¹), BDI#70 (42.86 t·ha⁻¹), BDI#03 (40.84 t·ha⁻¹) y BDI#52 (39.99 t·ha⁻¹) (Cuadro 3).

Jin, Fang, Zhang, Zhou, y Zhao (2012) obtuvieron resultados inferiores en colectas de 10 variedades de camote para la producción de etanol (38.63 t·ha⁻¹) en un periodo de 160 días. En contraste, Gonçalves-Neto et al. (2012) identificaron a los genotipos UFLA07-43 y UFLA07-12 con el rendimiento de raíz máximo: 95.10 y 98.00 t·ha⁻¹, respectivamente.

Los genotipos destacados en ambos ambientes fueron: BDI#73, BDI#52, variedad Duda, BDI#26, BDI#57, BDI#72 y BDI#83 (Cuadro 3). De los diez genotipos con mayor desempeño en los dos ambientes (Cuadro 4), ocho (BDI#52, BDI#26, BDI#57, BDI#72, BDI#83, BDI#39, BDI#11 y BDI#67) proceden de las cruza simples. La variedad Duda y BDI#73 fueron obtenidas mediante polinizaciones libres. Por lo tanto, es evidente que el uso de cruzamientos dirigidos fue una alternativa viable, ya que se puede explorar la variabilidad genética de los clones superiores con aumento de la producción total de raíces.

De los siete genotipos que presentaron mayor rendimiento de raíz en los dos ambientes evaluados, BDI#73, BDI#52, Duda, BDI#26 y BDI#57 fueron en Palmas y BDI#09, BDI#72, BDI#83 y BDI#52 en Gurupí. Se pueden esperar mejores rendimientos de los genotipos seleccionados en los dos ambientes cuando las condiciones de suelo sean mejores desde el punto

Table 4. Average performance of the eight best genotypes obtained from single crosses (Gurupí and Palmas).

Cuadro 4. Desempeño medio de los ocho mejores genotipos obtenidos de cruza simples (Gurupí y Palmas).

Genotype/Genotipo	RY ¹ (t·ha ⁻¹)/RR ¹ (t·ha ⁻¹)	DM (%) /MS (%)	DI	Ethanol (m ³ ·ha ⁻¹)/ Etanol (m ³ ·ha ⁻¹)
BDI#52	46.6 a ^z	33.58 b	1.72 b	9.34 a
BDI#26	42.79 a	31.09 c	1.78 b	7.57 a
BDI#57	42.61 a	32.52 c	1.89 b	8.3 a
BDI#72	42.55 a	32.02 c	1.5 b	7.96 a
BDI#83	41.23 a	32.56 c	1.83 b	8.71 a
BDI#39	38.73 a	33.63 b	1.75 b	7.27 a
BDI#11	38.48 a	31.93 c	1.64 b	7.11 a
BDI#67	36.34 a	37.41 a	1.45 b	7.5 a
BDI#73	46.99 a	30.59 c	2.28 a	8.12 a
Duda	44.55 a	35.55 a	1.92 b	9.39 a

¹RY = root yield, DM = dry matter, DI = damage caused by soil insects.

^zMeans with the same letter in each column do not differ statistically (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

¹RR = rendimiento de raíz, MS = materia seca, DI = daños causados por insectos de suelo.

^zMedias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

In relation to dry matter, genotypes were classified into two groups (Table 5). In Palmas, 37 genotypes presented high dry matter production with averages above 32.86 %. The most outstanding were: BDI#14 (38.67 %), BDI#81 (37.61 %), Duda (36.71 %), BDI#69 (36.65 %), BDI#91 (36.57 %) and BDI#93 (36.50 %). In Gurupí, 36 genotypes produced more than 33 % dry matter, with the seven best being: BDI#67 (38.62 %), BDI#44 (38.27 %), BDI#33 (37.49 %), BDI#14 (37.22 %), BDI#19 (36.98 %), BDI#82 (36.79 %) and BDI#31 (36.57 %).

The Duda and Carolina Vitoria varieties produced 36.71 and 35.88 % dry matter, respectively, in Palmas, values similar to those obtained by Silveira et al. (2008), Alves-Martins, Mucci-Peluzio, Rodrigues-Coimbra, and Piragé-de Oliveira (2012). According to Leonel and Cereda (2002), dry matter has a direct relationship with the production of carbohydrates and consequently with the industrial yield of ethanol; therefore, it is important to select genotypes with high dry matter production.

Meirelles-de Castro, da Costa-Alvim, Rosa-de Santana, Pereira-de Carvalho, and Antonio-da Silveira (2011) reported 33.06 and 35.80 % dry matter for the industrial varieties Amanda and Carolina Vitoria, respectively.

On the other hand, when considering the dry matter production of both evaluation environments, the 94 genotypes were placed in three groups. Eight had adequate dry matter production with values ranging from 35.90 to 37.94 % (Table 5), highlighted by BDI#14, BDI#81, BDI#91, BDI#67 and BDI#51, which in turn were classified among the best in Palmas with dry matter production of 38.67, 37.61, 36.57, 36.20 and 35.96 %, respectively.

Averages of the genotypes grown in Palmas did not show significant statistical differences in the damage caused by insects in the roots (Table 6). These values ranged from 1 % for BDI#70, BDI#72, BDI#82 and BDI#03, to 2.56 % for BDI#12. These low values reveal that in Palmas the incidence of soil insects in sweet potato roots was not an important factor.

The parents selected for ethanol production that gave rise to the evaluated parents were tested under conditions of high infestation of insects and nematodes during their selection, initiated in 1997. According to Silveira et al. (2008), these genotypes were selected for their higher root yield and lower damage caused by soil insects, as evidenced in the present study where the genotypes and varieties showed a high level of tolerance to soil insect attack.

In this work, the best results were obtained in Palmas in the classification of insect incidence (1.49), by having less root damage, whereas in Gurupí the average was 2.09. According to the results of both environments, 64

de vista físico, químico y biológico. La variedad Carolina Vitoria posee potencial de rendimiento de 63 t·ha⁻¹ en Paraná (Ponta Grossa) y en Tocantins (Palmas) el rendimiento medio de raíz verificado por Silveira et al. (2008) fue de 32.17 t·ha⁻¹. La variedad Duda en Mato Grosso (Tangara da Serra) presentó un buen desempeño productivo (103 t·ha⁻¹) en campo demostrativo, después de haberse cultivado con caña de azúcar; mientras que en Tocantins (Palmas), el rendimiento de raíz fue 65.5 t·ha⁻¹ (Silveira et al., 2008).

La interacción entre genotipos y ambientes (Cuadro 2) detectó diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) y revela la necesidad de evaluar los genotipos antes de su recomendación en diferentes regiones de producción comercial. En trabajos realizados por Gomes-Barreto et al. (2011) en el centro sur de Tocantins, Brasil, se verificó que el comportamiento de los genotipos de camote no fue constante en los diferentes ambientes.

En relación con la materia seca, los genotipos se clasificaron en dos grupos (Cuadro 5). En Palmas, 37 genotipos presentaron producción alta de materia seca con medias superiores a 32.86 %. Los más destacados fueron: BDI#14 (38.67 %), BDI#81 (37.61 %), Duda (36.71 %), BDI#69 (36.65 %), BDI#91 (36.57 %) y BDI#93 (36.50 %). En Gurupí, 36 genotipos produjeron más de 33 %, de éstos destacaron siete: BDI#67 (38.62 %), BDI#44 (38.27 %), BDI#33 (37.49 %), BDI#14 (37.22 %), BDI#19 (36.98 %), BDI#82 (36.79 %) y BDI#31 (36.57 %).

Las variedades Duda y Carolina Vitoria produjeron 36.71 y 35.88 %, respectivamente, de materia seca en Palmas; valores similares a los obtenidos por Silveira et al. (2008) y Alves-Martins, Mucci-Peluzio, Rodrigues-Coimbra, y Piragé-de Oliveira (2012). De acuerdo con Leonel y Cereda (2002), la materia seca tiene relación directa con la producción de carbohidratos y consecuentemente con el rendimiento industrial de etanol; por lo que es importante seleccionar genotipos con alta producción de materia seca.

Meirelles-de Castro, da Costa-Alvim, Rosa-de Santana, Pereira-de Carvalho, y Antonio-da Silveira (2011) reportaron 33.06 y 35.80 % de materia seca para las variedades industriales Amanda y Carolina Vitoria, respectivamente.

Por otro lado, al considerar la producción de materia seca de ambos ambientes de evaluación, los 94 genotipos se ubicaron en tres grupos. Ocho tuvieron producción adecuada de materia seca con valores entre 35.90 y 37.94 % (Cuadro 5), entre los que destacaron: BDI#14, BDI#81, BDI#91, BDI#67 y BDI#51; los cuales a su vez se clasificaron entre los mejores en Palmas con producción de materia seca de 38.67, 37.61, 36.57, 36.20 y 35.96 %, respectivamente.

Table 5. Root dry matter content in sweet potato genotypes obtained from single crosses in two environments.
Cuadro 5. Contenido de materia seca de raíces en genotipos de camote obtenidos de cruza simples en dos ambientes.

Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media	Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media
	Palmas	Gurupí			Palmas	Gurupí	
BDI#01	28.81 b ^z	32.14 b	30.48 c	BDI#50	31.72 b	30.71 b	31.22 c
BDI#02	35.57 a	32.93 b	34.25 b	BDI#51	35.96 a	36.34 a	36.15 a
BDI#03	32.43 b	31.95 b	32.19 c	BDI#52	34.35 a	32.80 b	33.58 b
BDI#04	35.72 a	36.07 a	35.90 a	BDI#53	30.43 b	32.22 b	31.33 c
BDI#05	32.43 b	35.31 a	33.87 b	BDI#54	32.97 a	32.06 b	32.52 c
BDI#06	31.32 b	30.54 b	30.93 c	BDI#55	31.69 b	30.73 b	31.21 c
BDI#07	29.96 b	28.93 b	29.45 c	BDI#56	32.43 b	33.82 a	33.12 c
BDI#08	25.74 b	30.22 b	27.98 c	BDI#57	33.70 a	31.35 b	32.52 c
BDI#09	35.09 a	32.93 b	34.01 b	BDI#58	29.53 b	28.65 b	29.09 c
BDI#10	31.77 b	35.02 a	33.40 b	BDI#59	32.04 b	30.32 b	31.18 c
BDI#11	31.12 b	32.75 b	31.93 c	BDI#60	27.49 b	32.44 b	29.97 c
BDI#12	29.69 b	33.65 a	31.67 c	BDI#61	33.51 a	33.18 b	33.35 b
BDI#13	29.25 b	31.67 b	30.46 c	BDI#62	33.55 a	33.05 b	33.30 b
BDI#14	38.67 a	37.22 a	37.94 a	BDI#63	32.27 b	31.19 b	31.73 c
BDI#15	27.87 b	33.73 a	30.80 c	BDI#64	31.51 b	35.64 a	33.58 b
BDI#16	31.23 b	29.33 b	30.28 c	BDI#65	35.50 a	35.91 a	35.71 a
BDI#17	31.11 b	32.85 b	31.98 c	BDI#66	30.16 b	31.01 b	30.59 c
BDI#18	30.49 b	30.96 b	30.73 c	BDI#67	36.20 a	38.62 a	37.41 a
BDI#19	28.98 b	36.98 a	32.98 b	BDI#68	35.71 a	34.98 a	35.35 a
BDI#20	30.06 b	30.09 b	30.08 c	BDI#69	36.65 a	34.96 a	35.80 a
BDI#21	33.27 a	27.86 b	30.57 c	BDI#70	32.12 b	30.88 b	31.50 c
BDI#22	31.29 b	31.94 b	31.61 c	BDI#71	31.34 b	32.23 b	31.79 c
BDI#23	31.97 b	33.96 a	32.97 b	BDI#72	32.17 b	31.87 b	32.02 c
BDI#24	32.21 b	29.52 b	30.87 c	BDI#73	30.72 b	30.46 b	30.59 c
BDI#26	31.67 b	30.51 b	31.09 c	BDI#74	31.09 b	32.46 b	31.78 c
BDI#27	33.01 a	29.66 b	31.33 c	BDI#75	32.51 b	32.00 b	32.26 c
BDI#28	35.51 a	30.60 b	33.06 b	BDI#77	29.09 b	30.98 b	30.03 c
BDI#29	31.17 b	35.93 a	33.55 b	BDI#78	33.30 a	35.39 a	34.35 b
BDI#30	29.36 b	32.43 b	30.90 c	BDI#79	32.07 b	35.52 a	33.79 b
BDI#31	30.30 b	36.57 a	33.44 b	BDI#80	33.32 a	33.24 b	33.28 b
BDI#32	33.22 a	33.58 a	33.40 b	BDI#81	37.61 a	35.13 a	36.37 a
BDI#33	33.42 a	37.49 b	35.46 a	BDI#82	35.42 a	36.79 a	36.11 a
BDI#34	31.22 b	32.95 c	32.09 c	BDI#83	33.63 a	31.49 b	32.56 c
BDI#36	28.58 b	30.18 b	29.38 c	BDI#84	32.24 b	35.62 a	33.93 b
BDI#37	29.99 b	31.04 b	30.51 c	Beatriz	35.15 a	34.62 a	34.89 a
BDI#38	31.20 b	28.42 b	29.81 c	Barbara	33.22 a	30.46 b	31.84 c
BDI#39	32.86 a	34.40 a	33.63 b	C. Vitoria	35.88 a	36.00 a	35.94 a
BDI#40	34.59 a	35.39 a	34.99 a	Marcela	35.51 a	35.61 a	35.56 a
BDI#41	30.57 b	29.72 b	30.14 c	Duda	36.71 a	34.38 a	35.55 a
BDI#42	30.62 b	31.42 b	31.02 c	Amanda	32.50 b	32.55 b	32.53 c
BDI#43	27.28 b	34.33 a	30.80 c	BDI#91	36.57 a	36.43 a	36.50 a
BDI#44	33.42 a	38.27 a	35.85 a	BDI#92	31.18 b	32.45 b	31.82 c
BDI#45	33.04 a	28.90 b	30.97 c	BDI#93	36.50 a	30.69 b	33.59 b
BDI#46	30.88 b	32.63 b	31.76 c	BDI#94	29.90 b	34.47 a	32.18 c
BDI#47	34.52 a	35.64 a	35.08 a	A. Clara	32.51 b	32.74 b	32.62 c
BDI#48	28.39 b	29.62 b	29.01 c	BDGU35	31.20 b	31.62 b	31.41 c
BDI#49	31.22 b	30.73 b	30.98 c	BDGU36	33.02 a	33.62 a	33.32 b
Means/Medias	32.29 a	32.92 a	32.61	Means/Medias	32.29 a	32.92 a	32.61

^zMeans with the same letter in each column do not differ statistically (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

^zMedias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

Table 6. Damage caused by insects in two evaluation environments.
Cuadro 6. Daños causados por insectos en dos ambientes de evaluación.

Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media	Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media
	Palmas	Gurupí			Palmas	Gurupí	
BDI#01	1.45 a ²	2.67 a	2.06 a	BDI#50	1.67 a	2.33 a	2.00 a
BDI#02	1.11 a	2.50 a	1.81 b	BDI#51	1.33 a	2.17 b	1.75 b
BDI#03	1.00 a	2.33 a	1.67 b	BDI#52	1.44 a	2.00 b	1.72 b
BDI#04	1.33 a	1.83 b	1.58 b	BDI#53	1.55 a	2.17 b	1.86 b
BDI#05	1.56 a	2.00 b	1.78 b	BDI#54	1.22 a	1.83 b	1.53 b
BDI#06	1.56 a	2.17 b	1.86 b	BDI#55	1.78 a	2.33 a	2.06 a
BDI#07	1.67 a	2.00 b	1.83 b	BDI#56	1.67 a	2.00 b	1.83 b
BDI#08	1.55 a	2.00 b	1.78 b	BDI#57	1.78 a	2.00 b	1.89 b
BDI#09	1.78 a	1.83 b	1.81 b	BDI#58	2.00 a	2.67 a	2.33 a
BDI#10	1.44 a	1.83 b	1.64 b	BDI#59	2.11 a	2.00 b	2.06 a
BDI#11	1.11 a	2.17 b	1.64 b	BDI#60	2.33 a	3.00 a	2.67 a
BDI#12	2.56 a	2.17 b	2.36 a	BDI#61	1.55 a	2.33 a	1.94 a
BDI#13	1.67 a	2.50 a	2.08 a	BDI#62	1.11 a	2.67 a	1.89 b
BDI#14	1.44 a	1.67 b	1.56 b	BDI#63	1.11 a	2.33 a	1.72 b
BDI#15	1.67 a	2.17 b	1.92 b	BDI#64	1.78 a	2.50 a	2.14 a
BDI#16	1.44 a	2.00 b	1.72 b	BDI#65	1.33 a	2.17 b	1.75 b
BDI#17	1.67 a	2.00 b	1.83 b	BDI#66	1.33 a	2.50 a	1.92 b
BDI#18	1.55 a	1.83 b	1.69 b	BDI#67	1.22 a	1.67 b	1.45 b
BDI#19	1.55 a	2.67 a	2.11 a	BDI#68	1.33 a	1.83 b	1.58 b
BDI#20	1.22 a	2.50 a	1.86 b	BDI#69	1.22 a	1.50 b	1.36 b
BDI#21	1.22 a	2.67 a	1.94 a	BDI#70	1.00 a	1.50 b	1.25 b
BDI#22	1.78 a	2.33 a	2.06 a	BDI#71	1.33 a	2.67 a	2.00 a
BDI#23	1.33 a	2.17 b	1.75 b	BDI#72	1.00 a	2.00 b	1.50 b
BDI#24	1.33 a	2.50 a	1.92 b	BDI#73	2.22 a	2.33 a	2.28 a
BDI#26	1.22 a	2.33 a	1.78 b	BDI#74	1.56 a	3.17 a	2.36 a
BDI#27	1.11 a	1.67 b	1.39 b	BDI#75	1.44 a	1.67 b	1.56 b
BDI#28	1.33 a	2.50 a	1.92 b	BDI#77	2.22 a	2.83 a	2.53 a
BDI#29	1.67 a	1.67 b	1.67 b	BDI#78	1.22 a	2.33 a	1.78 b
BDI#30	1.33 a	2.17 b	1.75 b	BDI#79	1.33 a	1.83 b	1.58 b
BDI#31	1.89 a	3.00 a	2.44 a	BDI#80	1.67 a	1.83 b	1.75 b
BDI#32	1.44 a	2.00 b	1.72 b	BDI#81	1.22 a	1.67 b	1.45 b
BDI#33	1.78 a	2.67 a	2.22 a	BDI#82	1.00 a	2.33 a	1.67 b
BDI#34	1.33 a	2.00 b	1.67 b	BDI#83	1.67 a	2.00 b	1.83 b
BDI#36	1.44 a	2.33 a	1.89 b	BDI#84	2.00 a	2.17 b	2.08 a
BDI#37	1.44 a	1.83 b	1.64 b	Beatriz	1.89 a	2.50 a	2.20 a
BDI#38	1.45 a	2.50 a	1.97 a	Barbara	1.55 a	2.33 a	1.94 a
BDI#39	1.33 a	2.17 b	1.75 b	C. Vitoria	1.33 a	1.50 b	1.42 b
BDI#40	1.33 a	2.83 a	2.08 a	Marcela	1.56 a	3.17 a	2.36 a
BDI#41	1.22 a	1.83 b	1.53 b	Duda	1.33 a	2.50 a	1.92 b
BDI#42	1.44 a	1.67 b	1.56 b	Amanda	1.67 a	2.83 a	2.25 a
BDI#43	1.11 a	2.83 a	1.97 a	BDI#91	1.44 a	1.83 b	1.64 b
BDI#44	1.33 a	2.17 b	1.75 b	BDI#92	1.89 a	2.17 b	2.03 a
BDI#45	1.45 a	2.17 b	1.81 b	BDI#93	1.11 a	2.33 a	1.72 b
BDI#46	1.33 a	2.17 b	1.75 b	BDI#94	1.44 a	1.83 b	1.64 b
BDI#47	1.22 a	2.83 a	2.03 a	A. Clara	1.33 a	2.17 b	1.75 b
BDI#48	1.56 a	2.17 b	1.86 b	BDGU35	1.67 a	1.67 b	1.67 b
BDI#49	2.00 a	2.50 a	2.25 a	BDGU36	1.44 a	2.00 b	1.72 b
Means/Medias	1.49 b	2.09 a	1.85	Means/Medias	1.49 b	2.09 a	1.85

²Means with the same letter in each column do not differ statistically (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

²Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

genotypes were classified in the best group. Of these, those that stood out were BDI#70, BDI#69, BDI#27, Carolina Vitoria, BDI#67 and BDI#81, with values between 1.25 and 1.45.

The ethanol yields of the 94 genotypes (there was a loss of 6 genotypes) evaluated in both environments presented significant statistical differences ($P \leq 0.05$). In Palmas, they were classified into three groups, highlighted by BDI#83, BDI#02, BDI#39, BDI#26, BDI#11, BDI#57, BDI#73, BDI#52 and Duda, with yields between 8.40 and 11.24 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. In Gurupí, genotypes were divided into two groups; of these, 36 were placed in the group with the highest yield, highlighted by BDI#70, BDI#57, BDI#79, BDI#47, Duda, BDI#03, BDI#67, BDI#52, BDI#72, BDI#14, BDI#83 and BDI#09, with ethanol yields of 7.05 to 9.35 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Table 6).

According to the ethanol production in the two environments evaluated, the genotypes were classified into three groups, highlighted by BDI#11, BDI#39, BDI#79, BDI#367, BDI#26, BDI#72, BDI#73, BDI#57, BDI#83, BDI#52 and Duda, with ethanol yields of between 7.11 and 9.39 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Table 7). These values contrast with the average sugarcane yield of 6.8 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Kohlhepp, 2010), which is lower than that found with most of the sweet potato clones used in this research.

Table 8 shows a positive and significant correlation ($P \leq 0.01$) between root yield and ethanol yield. These results showed that the selection to obtain higher production and dry matter content provided genotypes with higher liquid ethanol productivity.

The use of sweet potato as raw material for ethanol production was described by Tavares et al. (2007), Silveira et al. (2008), Gonçalves-Neto et al. (2011) and Jin et al. (2012). The results indicate that the higher the productivity in the field, the higher the ethanol yield. There are cases where high root yield is not associated with high ethanol yield; this is because the raw material for ethanol production is the carbohydrates present in root dry matter, content that can vary according to the genotype.

In this study, root yield was highest in BDI#73 with 46.99 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, and its ethanol production was 8.12 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, although it was not the highest (Table 4). By contrast, the Duda variety did not have the highest yield in the field, but it did have the highest ethanol yield, due to the high content of dry matter and carbohydrates in its roots. This demonstrates the importance of breeding in the selection of new sweet potato genotypes with specific characteristics for the ethanol industry.

Damage caused by soil insects and ethanol yields (Table 8) showed a positive and significant correlation

Los promedios de los genotipos cultivados en Palmas no mostraron diferencias estadísticas significativas en los daños causados por insectos en las raíces (Cuadro 6). Dichos valores variaron entre 1 % para BDI#70, BDI#72, BDI#82 y BDI#03, y 2.56 % para BDI#12. Estos valores bajos revelan que en Palmas la incidencia de insectos de suelo en las raíces de camote no fue importante.

Los progenitores seleccionados para la producción de etanol que dieron origen a los progenitores evaluados se probaron en condiciones de alta infestación de insectos y nematodos durante su selección, iniciada en 1997. Según Silveira et al. (2008), estos genotipos fueron seleccionados por su rendimiento mayor de raíz y daño menor causado por insectos de suelo; lo que puede ser evidenciado en el presente estudio al mostrar nivel alto de tolerancia de los genotipos y variedades del programa.

En este trabajo, se produjeron los mejores resultados en Palmas en la clasificación de incidencia de insectos (1.49), al haber menor daño en raíces. En tanto que en Gurupí, la media fue de 2.09. Según los resultados de ambos ambientes, 64 genotipos se clasificaron en el grupo de los mejores. De ellos sobresalen: BDI#70, BDI#69, BDI#27, Carolina Vitoria, BDI#67 y BDI#81, con valores entre 1.25 y 1.45.

Los rendimientos de etanol de los 94 genotipos (hubo pérdida de 6 genotipos) evaluados en ambos ambientes presentaron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$). En Palmas, se clasificaron en tres grupos, destacando: BDI#83, BDI#02, BDI#39, BDI#26, BDI#11, BDI#57, BDI#73, BDI#52 y Duda, con rendimientos entre 8.40 y 11.24 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. En Gurupí, los genotipos se dividieron en dos grupos; de estos, 36 se clasificaron en el grupo con mayor rendimiento, sobresaliendo: BDI#70, BDI#57, BDI#79, BDI#47, Duda, BDI#03, BDI#67, BDI#52, BDI#72, BDI#14, BDI#83 y BDI#09, con rendimientos de etanol de 7.05 a 9.35 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Cuadro 6).

De acuerdo con la producción de etanol en los dos ambientes evaluados, los genotipos se clasificaron en tres grupos, destacando BDI#11, BDI#39, BDI#79, BDI#367, BDI#26, BDI#72, BDI#73, BDI#57, BDI#83, BDI#52 y Duda, cuyo rendimiento de etanol fue entre 7.11 y 9.39 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Cuadro 7). Dichos valores contrastan con el promedio de rendimiento de caña de azúcar que es de 6.8 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ (Kohlhepp, 2010); el cual es inferior a lo encontrado en la mayoría de los clones de camote de esta investigación.

En el Cuadro 8 se observa una correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$) entre el rendimiento de raíz y el rendimiento de etanol. Estos resultados demostraron que la selección para obtener mayor producción y

Table 7. Average ethanol yield ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) in two evaluation environments.Cuadro 7. Rendimiento medio de etanol ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$) en dos ambientes de evaluación.

Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media	Genotype/ Genotipo	Locality/Localidad		Mean/ Media
	Palmas	Gurupí			Palmas	Gurupí	
BDI#01	6.93 b ²	3.37 b	5.15 b	BDI#50	4.02 c	3.20 b	3.61 c
BDI#02	8.57 a	4.26 b	6.42 b	BDI#51	6.19 b	2.77 b	4.48 c
BDI#03	3.29 c	7.62 a	5.46 b	BDI#52	10.85 a	7.84 a	9.35 a
BDI#04	6.94 b	4.83 b	5.89 b	BDI#53	1.33 c	5.70 a	3.52 c
BDI#05	4.84 c	3.54 b	4.19 c	BDI#54	1.33 c	1.74 b	1.54 c
BDI#06	2.62 c	3.99 b	3.31 c	BDI#55	2.61 c	3.23 b	2.92 c
BDI#07	3.39 c	1.75 b	2.57 c	BDI#56	3.25 c	3.02 b	3.14 c
BDI#08	3.75 c	2.92 b	3.33 c	BDI#57	9.45 a	7.15 a	8.30 a
BDI#09	4.37 c	9.35 a	6.86 b	BDI#58	4.56 c	4.06 b	4.31 c
BDI#10	1.53 c	3.17 b	2.35 c	BDI#59	3.22 c	4.69 b	3.96 c
BDI#11	8.82 a	5.41 a	7.12 a	BDI#60	3.24 c	3.99 b	3.62 c
BDI#12	3.03 c	5.18 a	4.10 c	BDI#61	6.42 b	4.74 b	5.58 b
BDI#13	6.41 b	5.94 a	6.18 b	BDI#62	4.23 c	4.41 b	4.32 c
BDI#14	5.41 c	8.17 a	6.79 b	BDI#63	1.76 c	4.93 a	3.35 c
BDI#15	3.48 c	3.64 b	3.56 c	BDI#64	4.10 c	3.73 b	3.92 c
BDI#16	3.70 c	2.76 b	3.23 c	BDI#65	1.46 c	1.97 b	1.72 c
BDI#17	3.10 c	1.30 b	2.20 c	BDI#66	3.96 c	3.21 b	3.58 c
BDI#18	2.71 c	1.06 b	1.89 c	BDI#67	7.28 b	7.72 a	7.50 a
BDI#19	1.98 c	2.22 b	2.10 c	BDI#68	1.20 c	3.69 b	2.45 c
BDI#20	1.78 c	1.51 b	1.64 c	BDI#69	3.89 c	3.04 b	3.47 c
BDI#21	5.07 c	4.51 b	4.79 c	BDI#70	4.14 c	7.06 a	5.60 b
BDI#22	3.04 c	2.04 b	2.54 c	BDI#71	5.77 b	5.20 a	5.49 b
BDI#23	4.90 c	3.40 b	4.15 c	BDI#72	7.77 b	8.16 a	7.96 a
BDI#24	4.93 c	6.10 a	5.52 b	BDI#73	10.37 a	5.87 a	8.12 a
BDI#26	8.78 a	6.37 a	7.58 a	BDI#74	6.05 b	3.85 b	4.95 c
BDI#27	6.63 b	4.77 b	5.70 b	BDI#75	2.52 c	5.92 a	4.22 c
BDI#28	2.72 c	3.44 b	3.08 c	BDI#77	3.73 c	4.25 b	3.99 c
BDI#29	2.53 c	4.62 b	3.58 c	BDI#78	3.12 c	5.49 a	4.31 c
BDI#30	2.78 c	3.61 b	3.20 c	BDI#79	7.36 b	7.23 a	7.29 a
BDI#31	2.75 c	5.62 a	4.19 c	BDI#80	3.39 c	3.67 b	3.53 c
BDI#32	3.35 c	3.55 b	3.45 c	BDI#81	7.42 b	6.39 a	6.90 b
BDI#33	5.64 b	6.55 a	6.10 b	BDI#82	2.35 c	6.07 a	4.21 c
BDI#34	2.90 c	3.06 b	2.98 c	BDI#83	8.40 a	9.01 a	8.71 a
BDI#36	5.06 c	4.09 b	4.58 c	BDI#84	2.59 c	5.50 a	4.05 c
BDI#37	2.85 c	3.79 b	3.32 c	Beatriz	5.12 c	5.56 a	5.34 b
BDI#38	4.44 c	4.58 b	4.51 c	Barbara	5.89 b	6.31 a	6.10 b
BDI#39	8.77 a	5.78 a	7.28 a	C.Vitoria	6.56 b	5.96 a	6.26 b
BDI#40	3.75 c	3.84 b	3.80 c	Marcela	6.57 b	5.88 a	6.23 b
BDI#41	5.29 c	5.14 a	5.21 b	Duda	11.24 a	7.55 a	9.39 a
BDI#42	2.89 c	5.70 a	4.30 c	Amanda	4.88 c	2.46 b	3.67 c
BDI#43	2.58 c	3.95 b	3.26 c	BDI#91	2.74 c	3.52 b	3.13 c
BDI#44	5.33 c	2.26 b	3.79 c	BDI#92	1.92 c	1.48 b	1.70 c
BDI#45	4.86 c	2.43 b	3.64 c	BDI#93	5.07 c	1.45 b	3.26 c
BDI#46	3.07 c	2.03 b	2.55 c	BDI#94	6.69 b	1.72 b	4.20 c
BDI#47	2.50 c	7.49 a	5.00 c	A. Clara	4.82 c	3.89 b	4.35 c
BDI#48	3.76 c	4.12 b	3.94 c	BDGU35	3.12c	3.93 b	3.53 c
BDI#49	3.94 c	3.51 b	3.72 c	BDGU36	6.79 b	6.60 a	6.69 b
Means/Medias	4.60 a	4.50 a	4.55 c	Means / Medias	4.60 a	4.50 a	4.55 c

²Means with the same letter in each column do not differ statistically (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

²Medias con la misma letra en cada columna no difieren estadísticamente (Scott-Knott, $P \leq 0.05$).

Table 8. Pearson correlations for root yield, dry matter content, soil insect incidence and ethanol in sweet potato genotypes.**Cuadro 8. Correlaciones de Pearson para el rendimiento de raíz, contenido de materia seca, incidencia de insectos de suelo y etanol en genotipos de camote.**

Characters/Caracteres	Insects/Insectos	Dry matter/Materia seca	Ethanol/Etanol
Root yield/Rendimiento de raíz	0.08	-0.071	0.978**
Insects/Insectos		-0.05	0.223**
Dry matter/Materia seca			0.78**

** = $P \leq 0.01$

($P \leq 0.01$), but low. Thus, it is considered that insect attack on roots did not affect their production, confirming that its incidence was not an important factor.

Conclusions

The use of crosses between contrasting genotypes is a strategy that enables identifying superior sweet potato genotypes for ethanol production.

Genotypes BDI#73, BDI#52, BDI#83, from single crosses, and the Duda variety showed high total root yield potential and low soil insect incidence, and are promising for the ethanol industry with experimental yields of 8.12, 9.34, 8.71 and 9.39 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively.

The correlation of root yield and root dry matter content with ethanol production in sweet potato is highly significant.

Acknowledgments

The authors wish to thank the Higher Level Personal Training Coordination Office (CAPES), the National Council for the Development of Science and Technology (CNPq) and the National Council of Science and Technology (CONACyT) for the financial support provided.

End of English version

References / Referencias

- Alves-Martins, E. C., Mucci-Peluzio, J., Rodrigues-Coimbra, R., & Piragé-de Oliveira, W. (2012). Variabilidade fenot pica e diverg ncia genética em clones de batata doce no estado do Tocantins. *Revista Ciência Agron mica*, 43(4), 691-697.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2005). *Official methods of analysis of AOAC International*. Washington: Author.
- Cereda, M. P. (2001). *Culturas de tuberosas amiláceas latino americanas: propiedades gerais do amido* (pp. 221). Campinas: Funda o Cargill.

contenido de materia seca proporcionó genotipos con mayor productividad de etanol líquido.

El uso de camote como materia prima para la producción de etanol fue descrito por Tavares et al. (2007), Silveira et al. (2008), Gonçalves-Neto et al. (2011) y Jin et al. (2012). Los resultados indican que a mayor productividad en campo, mayor será el rendimiento de etanol. Existen casos donde el rendimiento alto de raíz no se asocia con un rendimiento alto de etanol; esto debido a que la materia prima para la producción de etanol son los carbohidratos presentes en materia seca de las raíces, contenido que puede variar de acuerdo con el genotipo.

En este est dio, el rendimiento de raíz fue mayor en BDI#73 con 46.99 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$, y su producción de etanol fue 8.12 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, aunque no fue el mayor (Cuadro 4). En contraste, la variedad Duda no tuvo la mayor rentabilidad en campo, pero sí el mayor rendimiento de etanol, debido al alto contenido de materia seca y carbohidratos en sus raíces. Lo anterior demuestra la importancia del mejoramiento genético en la selección de genotipos nuevos de camote con características específicas para la industria de etanol.

Los daños causados por insectos de suelo y rendimientos de etanol (Cuadro 8) presentaron correlación positiva y significativa ($P \leq 0.01$), pero baja. Así, se considera que el ataque de insectos en las raíces no afectó la producción de estas, confirmando que su incidencia no fue importante.

Conclusiones

El uso de cruza entre genotipos contrastantes es una estrategia que permite identificar genotipos superiores de camote en la producción de etanol.

Los genotipos BDI#73, BDI#52, BDI#83, provenientes de cruza simples, y la variedad Duda mostraron potencial alto de producción total de raíces, poca incidencia de insectos de suelo y son promisorios para la industria de etanol con rendimientos experimentales de 8.12, 9.34, 8.71 y 9.39 $\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, respectivamente.

- Damião-Cruz, C. (2008). *Programa Genes: aplicativo computacional em genética estatística. Versão para Windows*. Viçosa: Editora UFV.
- De Química, C. C., & do Solo, F. (CQFS RS/SC). (2004). *Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina*. Porto Alegre, Brazil: Brazilian Society of Soil Science.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2004). Cultura da batata doce. In: *Sistemas de Produção*, 6. Brasília: Author. Retrieved from https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Batata-doce/Batata-doce_Ipomoea_batatas/apresentacao.html#topo
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2006). *Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos* (2 ed, pp. 306). Brasília: Author.
- Ferreira, D. F. (2008). SISVAR – Sistema de análise de variância, versão 5.5. Lavras Minas Gerais. UFLA. Retrieved from <http://www.dex.ufla.br/~danielff/programas/sisvar.html>
- Firetti, R., & Marangoni-Montes, S. M. N. (2006). A cultura da batata doce na região de presidente prudente. *Revista Pesquisa & Tecnologia*, 3(1).
- França, F. H., Ferreira, P. E., Maluf, W. R., & Miranda, J. E. C. (1983). Comparação de dois métodos de avaliação de germoplasma de batata-doce visando resistência a pragas do solo. In: *Congresso Brasileiro de Olericultura*, 23, Rio de Janeiro (pp. 176). Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Olericultura.
- Gomes-Barreto, H., Bastos-dos Santos, L., Sousa-de Oliveira, G. Í., Rodrigues-do Santos, G., Ribeiro-Fidelis, R., Antônio-da Silveira, M., & Rodrigues-do Nascimento, I. (2011). Estabilidade e adaptabilidade da produtividade e da reação a insetos de solo em genótipos experimentais e comerciais de batata-doce. *Bioscience Journal*, 27(5), 739-747. Retrieved from <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/8254/7888>
- Gonçalves-Neto, Á. C., Maluf, W. R., Augusto-Gomes, L. A., de Sousa-Gonçalves, R. J., de Fátima-Silva, V., & Lasmar, A. (2011). Aptitudes of sweet potato genotypes for fresh consumption, ethanol production and animal feed. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(11), 1513-1520. doi: 10.1590/S0100-204X2011001100013
- Gonçalves-Neto, A. C., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A., Maciel, G. M., Ferreira, R. P. D., & Carvalho, R. C. (2012). Correlação entre caracteres e estimação de parâmetros populacionais para batata-doce. *Horticultura Brasileira*, 30, 713-719. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/hb/v30n4/v30n4a25.pdf>
- Jin, Y., Fang, Y., Zhang, G., Zhou, L., & Zhao, H. (2012). Comparison of ethanol production performance in 10 varieties of sweet potato at different growth stages. *Acta Oecologica*, 44, 33-37.
- Köppen, W. (1948). *Climatologia: con un estudio de los climas de la Tierra*. México: Fondo de Cultura Económica.
- La correlación del rendimiento de raíz y contenido de materia seca en raíces con la producción de etanol en camote es altamente significativa.
- ### Agradecimientos
- A la Coordinación de Formación Personal de Nivel Superior (CAPES), Consejo Nacional de Desarrollo de Ciencia y Tecnología (CNPq) y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo financiero.
- ### Fin de la version en español
- Kohlhepp, G. (2010). Análise da situação da produção de etanol e biodiesel no Brasil. *Estudos avançados*, 24(68), 223-253. doi: 10.1590/S0103-40142010000100017
- Leonel, M., & Cereda, M. P. (2002). Caracterização físico-química de algumas tuberosas amiláceas. *Food Science and Technology*, 22(1), 65-69. doi: 10.1590/S0101-20612002000100012
- Meirelles-de Castro, I. P., da Costa-Alvim, T., Rosa-de Santana, W., Pereira-de Carvalho, V. D., & Antonio-da Silveira, M. (2011). Addition effect of cheese whey in the process of obtaining ethanol from sweet potato. *Ciência e Agrotecnologia*, 35(5), 980-986. doi: 10.1590/S1413-70542011000500016
- Monteiro-Machado, C. M., & Rosa-Abreu, F. (2006). Produção de álcool combustível a partir de carboidratos. *Revista de Política Agrícola*, 15(3), 64-78. Retrieved from <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/121716/1/Paginasdepolagr0320062p.6478.pdf>
- Oliveira, A. C. B., Sediya, M. A. N., Finger, F. L., & Cruz, C. D. (2002). Variabilidade genética em batata-doce com base em marcadores isoenzimáticos. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 576-582.
- Pinto-Moreira, R. M., Maldonado-Ferreira, J., Assari-Takahashi, L. S., Costa-Vasconcelos, M. E., Cornélio-Geus, L., & Botti, L. (2009). Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. *Semina: Ciências Agrárias*, 30(4), 1051-1060. doi: 10.5433/1679-0359.2009v30n4Sup1p1051
- Scott, J., & Knott, M. (1974). A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30(3) 507-512. Retrieved from <https://www.ime.usp.br/~abe/lista/pdfXz71qDkDx1.pdf>
- Silva, J. B. C., Lopes, C. A., & Magalhães, J. S. (2002). Cultura da batata-doce. In: CERADA MP. *Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americano* (pp. 449-503). São Paulo, Brasil: Fundação Cargill.
- Silveira, M. A. (2008). Batata-doce: uma nova alternativa para a produção de etanol. In: *Instituto Euvaldo Lodi. Álcool combustível* (pp. 109-122). Brasília: Núcleo Central.

- Silveira, M. A., Dias, L. E., & Alvim, T. C. (2008). A cultura de bata-doce como fonte de matéria prima para etanol. *Boletim Técnico*. LASPER – UFT, Palmas-TO.
- Statistical Analysis System (SAS Institute). (2001). *SAS User's Guide*. Cary, N.C. USA: Author.
- Tavares, I. B., Alvin, T. G., Cardoso, L. M., Magalhães, K. A. B., Magalhães-Filho, L. N., Oliveira, H. S., Santana, W. R., Silveira, M. A., Souza, R. C., Vidal, A. S., & Vieira, A. S. (2007). Rendimento potencial de etanol de acessos de batata-doce cultivados no Tocantins. In: *IV congresso de iniciação científica da Universidade Federal do Tocantins - UFT, Campus Palmas*. Palmas: Suplemento CD-ROM.
- Willson, M. F., & Ågren, J. (1989). Differential floral rewards and pollination by deceit in unisexual flower. *Oikos*, 55(1), 23-29.