

CALIDAD DE FRUTA DE LA PIÑA Y EVALUACIÓN DEL CONSORCIO DEL PIÑAL, YUCA Y CAUPÍ

Nadia Souza dos Santos¹, José M. Arcanjo Alves¹, Sandra C. Pereira Uchoa¹, José A. Alves Albuquerque¹, Deyse C. Oliveira da Silva¹ y Richard A. Molina Alvarez¹

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad de la fruta de piña en consorcio con frijol caupí y yuca. El experimento se llevó a cabo en el estado de Roraima, Brasil, con el cultivo individual de piña (cv. Pérola) y en consorcio con frijol caupí y yuca en diferentes espaciamientos (0,40; 0,60; 0,80; 1,00; 1,20 m) con 14 tratamientos. El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Los cultivos se plantaron simultáneamente. La piña, como cultivo principal, se cosechó a los 17 meses y se evaluaron las siguientes características: diámetro promedio del fruto, longitud del fruto sin corona, longitud de la corona, contenido de sólidos solubles, firmeza del fruto sin cáscara y peso promedio del fruto comercial. Para los otros cultivos, se evaluó el rendimiento (productividad) para determinar la eficiencia de uso de la tierra. El contenido de sólidos solubles en los frutos no se vio afectado por el consorcio, y mostró un promedio de 13,35° Brix. Sin embargo, las características físicas se vieron negativamente afectadas en las densidades más altas de yuca, que ocasionaron frutos con menor diámetro y longitud, lo que se reflejó directamente en su productividad. La productividad del frijol caupí no disminuyó por el consorcio, al igual que la productividad de la yuca, que solo se vio reducida por la mayor densidad de plantas.

Palabras clave adicionales: *Ananas comosus*, eficiencia de uso de la tierra, *Manihot esculenta*, policultivo, *Vigna unguiculata*

ABSTRACT

Quality of pineapple fruit and evaluation of the intercropping of pineapple, cassava and cowpea beans

The objective of this study was to evaluate the fruit quality of pineapple in consortium with cowpea and cassava. The experiment was conducted in the state of Roraima, Brazil, with the individual cultivation of pineapple (cv. Pérola) and in consortium with cowpea beans and cassava at different spacings (0.40; 0.60; 0.80; 1.00; 1.20 m) with 14 treatments. The experimental design used was completely randomized blocks with three replications. The crops were planted simultaneously. The pineapple, as the main crop, was harvested at 17 months, and the following characteristics were evaluated: average fruit diameter, fruit length without crown, crown length, soluble solids content, fruit firmness without peel, and average commercial fruit weight (yield). For the other crops, productivity was evaluated to determine land use efficiency. The soluble solids content in the fruits was not affected by the treatments, with a general average of 13.35° Brix. However, the physics characteristics were negatively affected at higher cassava densities, resulting in fruits with smaller diameter and length, directly impacting productivity. The productivity of cowpea was not reduced by the consortium, similar to the productivity of cassava, which was only reduced by the higher density.

Additional Keywords: *Ananas comosus*, land use efficiency, *Manihot esculenta*, polyculture, *Vigna unguiculata*.

Editor asociado: Dra. Marie González

INTRODUCCIÓN

La fruticultura brasileña presenta un potencial de explotación debido a la gran variedad de especies adaptadas a las condiciones edafoclimáticas existentes, lo que convierte a Brasil en uno de los principales productores mundiales de frutas (FAO, 2023). Entre las frutas tropicales, destaca la piña debido a sus características físicas externas asociadas a su diversidad de componentes fisicoquímicos y

químicos internos, presentando un sabor y aroma característicos, lo cual confiere una mejor calidad al fruto (Souza et al., 2014; Sousa et al., 2021; Pacheco et al., 2022).

La competitividad existente en el mercado exige ofrecer productos de mayor calidad que cumplan con los estándares del consumidor, evitando dificultades en la comercialización por parte de los productores. La variedad 'Pérola' presenta características apreciadas por el consumidor brasileño, y para mantener y

Recibido: Agosto, 30, 2023

Aceptado: Abril 8, 2024

¹Programa de Pós-Graduação em Agronomia (POSAGRO), Universidade Federal de Roraima (UFRR). Brasil.
e-mail: nadia.ss.agro@hotmail.com; arcanjoalves@oi.com.br; scpuchoa@gmail.com; anchietaufr@gmail.com (autor de correspondencia); deyse.cristina@ufr.br; richard.molina@ufr.br

desarrollar este mercado élite es necesario utilizar conocimientos tecnológicos, así como llevar a cabo investigaciones y desarrollos para mantener una oferta de frutas con calidad adecuada (Berilli et al., 2014).

Las características fisicoquímicas propias del fruto son aquellas que permiten valorar su calidad en un momento dado; en el caso de la piña, estos parámetros varían según las características del suelo y el clima, la variedad, la época de cosecha y las condiciones de manejo adoptadas para el cultivo (Berilli et al., 2014; Franco et al., 2014; Lopes et al., 2014). Entre ellos, destaca el contenido de sólidos solubles (SST) que confiere sabor a la piña, siendo dulce para SST altos y ácido para SST bajos (Parente et al., 2014). Para la comercialización del fruto, se recomienda que el contenido de SST esté por encima de 12 °Brix, que es el punto de madurez fisiológica (Brasil, 2002; Berilli et al., 2014).

El sistema de producción puede afectar la calidad del fruto, como el uso de especies asociadas debido a la posible sombra sobre el cultivo de la piña, ya que los frutos madurados en baja luminosidad tienden a presentar tamaño inferior y bajo contenido de sólidos solubles, en comparación con los que maduran bajo una alta luminosidad (Silva et al., 2019).

Sin embargo, uno de los mayores daños causados a los frutos por el clima es la quemadura solar, lo que representa pérdidas económicas para los productores (Lopes et al., 2014; Silva et al., 2019; Santos et al., 2020).

El cultivo asociado es un sistema de cultivo tradicional que busca obtener mayores ganancias, diversificar las fuentes de ingresos, aumentar la productividad por unidad de área, proteger el suelo contra la erosión y controlar las malas hierbas, plagas y enfermedades (Albuquerque et al., 2012; Coelho et al., 2017). Además, para los frutos de piña, reduce los costos de producción para los agricultores al evitar la necesidad de adquirir productos para la protección fitosanitaria de los frutos (Bilieri et al., 2014; Lopes et al., 2014).

Pocos estudios se han centrado en el análisis físico-químico de los frutos de la piña en cultivo asociado, y éstos se han enfocado principalmente en las características físicas (longitud, diámetro, peso del fruto con y sin corona, firmeza) para determinar la calidad del fruto, o simplemente en

la productividad de los cultivos y la eficiencia de uso de la tierra (EUT) para determinar la viabilidad de los cultivos asociados (Araújo et al., 2014; Custodio et al., 2016; Rós y João, 2016). Por lo tanto, es importante estudiar el efecto del cultivo asociado de la piña, con otros cultivos, para comprender su impacto en la calidad de los frutos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la calidad fisicoquímica de los frutos de la planta de piña [*Ananas comosus* (L.) Merrill], en cultivo asociado con frijol caupí [*Vigna unguiculata* (L.) Walp)] y yuca [*Manihot esculenta* (Crantz)], así como la eficiencia del consorcio entre los cultivos estudiados, considerando su importancia socio-cultural de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo entre mayo de 2016 y septiembre de 2017, en la hacienda “Angelim”, ubicada en el municipio de Alto Alegre, estado de Roraima. Las características químicas y físicas del suelo se presentan en el Cuadro 1. Según la clasificación de Köppen, el clima es del tipo Aw, con dos estaciones climáticas bien definidas: una estación lluviosa (abril-agosto) y una estación seca (octubre-marzo). Los datos climáticos se obtuvieron del Instituto Nacional de Meteorología (INMET - Estación Climatológica Boa Vista) durante el período del experimento y se refieren a la insolación total mensual y diaria (Figura 1A), así como el número de días con lluvia y la acumulación de lluvia (Figura 1B).

El experimento se realizó utilizando un diseño de bloques completamente al azar con 14 tratamientos y tres repeticiones, tal como se detalla en el Cuadro 2.

La parcela experimental tenía una longitud de 4,8 m y un ancho de 6,4 m. Para cada tratamiento, se evaluaron las plantas de las dos filas centrales de piña y frijol caupí, y la fila central de yuca. En los bordes frontales de la parcela, se dejaron dos plantas de piña y frijol caupí, y una planta de yuca en cada lado, lo que resultó en un área útil de 14,4 m².

La preparación del área se realizó con un arado de discos, incorporando 1.000 kg ha⁻¹ de caliza dolomítica con 100 % poder relativo de neutralización total para corregir el pH del suelo.

También se aplicaron $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de superfosfato triple como fuente de fósforo y $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ del fertilizante con micronutrientes conocido como FTE BR 12 (1,8 % B, 0,8 % Cu, 2,0 % Mn, 9 % Zn, 1 % S), distribuido al voleo en el área e incorporados en la capa de 0-0,20 m del suelo. La fertilización complementaria se realizó para

satisfacer las necesidades de la piña, utilizando $600 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de NPK, divididos en seis aplicaciones esparcidas en el área (cultivo principal), y $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de NPK para la yuca (cultivo secundario).

Cuadro 1. Características químicas y físicas del suelo en las capas de 0-20 y 20-40 cm de profundidad, antes de la instalación del experimento.

Profundidad	pH	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	CIC	MO	Arena	Arcilla
		mg·dm ⁻³			cmol _c dm ⁻³				g·kg ⁻¹	
0-20	6,0	15,1	190	2,51	0,73	0	3,73	16,5	759	131
20-40	5,8	10,7	130	2,64	0,54	0	3,51	12,7	733	157

P y K: extractor Mehlich; Ca, Mg, Al y CIC (capacidad de intercambio catiónico): extractor KCl 1 M; MO (materia orgánica) = C. org x 1,724; Walkley-Black

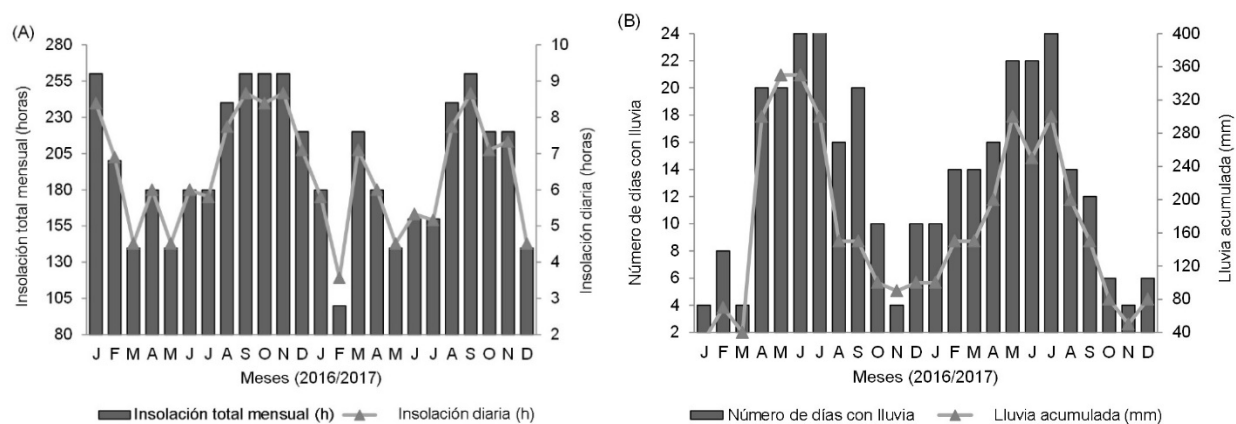


Figura 1. Promedios mensuales de insolación total mensual e insolación diaria (A), número de días con lluvia y lluvia acumulada (B). Período de enero de 2016 a diciembre de 2017 (INMET - Estación Climatológica Boa Vista)

La siembra de los cultivos se realizó simultáneamente en mayo de 2016. Para la piña (variedad Pérola), se abrieron hoyos a mano y se colocó una planta por hoyo, utilizando hijuelos basales de 20 a 30 cm, adquiridas de un productor en el municipio de Cantá, en Roraima.

Para el frijol caupí, se utilizó la variedad BRS Aracê, con hábito de crecimiento indeterminado y un ciclo de 70 a 75 días (Freire et al., 2009), con semillas provenientes de la colección de germoplasma del Departamento de Fitotecnia - CCA/UFRR. Se sembraron tres semillas por hoyo y se realizó un desbaste a los 15 días después de la

siembra, dejando una planta por hoyo en todos los tratamientos.

La yuca, cultivar Amazonas, presenta un hábito de ramificación y crecimiento recto y ningún nivel de ramificación (Alves et al., 2009). El material genético provino de la colección de Germoplasma del Departamento de Fitotecnia - CCA/UFRR y son las más plantadas en el estado, principalmente para la producción de harina en la agricultura familiar y comunidades indígenas.

Las estacas de yuca, de 20 cm de longitud y colocadas en posición horizontal, se plantaron en hoyos abiertos manualmente con una pala, a una profundidad de aproximadamente 8 cm. Se

realizaron dos podas en la planta en todos los tratamientos, a los 8 y 10 meses después de la

siembra, con el objetivo de igualar el tamaño de las plantas durante la fructificación de la piña.

Cuadro 2. Descripción de los 14 tratamientos de la planta de piña en monocultivo y en consorcio con frijol caupí y yuca

Cultivos	Tratamientos	Distanciamiento (D)	Densidad de siembra (plantas·ha ⁻¹)		
			Piña	Frijol caupí	Yuca
Monocultivo					
P	Piña	1,60 x 0,40 x 0,30 m (hilera dobles)	38888	-	-
F	Frijol caupí	0,50 x 0,25 m	-	80000	-
Y	Yuca	0,80 x 0,80 m	-	-	15625
Consorcio de piña, frijol caupí y diferentes distanciamientos de la yuca.					
PxFxY 0,40	Y - 0,40m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16.666	16.666	12.500
xFxFY 0,60	Y - 0,60 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16.666	16.666	8.333
PxFxFY 0,80	Y - 0,80 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16.666	16.666	6.250
PxFxFY 1,0	Y - 1,0 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16.666	16.666	5.000
PxFxFY 1,20	Y - 1,20 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16.666	16.666	4.166
Consorcio de la piña con frijol caupí					
PxF		P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m F - 1,60 x 0,4 x 0,6 m	16666	16666	-
Consorcio de la piña con diferentes distanciamientos de yuca.					
PxY 0,40	Y - 0,40 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m Y - 2,0 x 0,4 m	16666	-	12.500
PxY 0,60	Y - 0,60 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m Y - 2,0 x 0,6 m	16666	-	8.333
PxY 0,80	Y - 0,80 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m Y - 2,0 x 0,8 m	16666	-	6.250
PxY 1,00	Y - 1,0 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m Y - 2,0 x 1,0 m	16666	-	5.000
PxY 1,20	Y - 1,20 m	P - 1,60 x 0,4 x 0,6 m Y - 2,0 x 1,20 m	16666	-	4.166

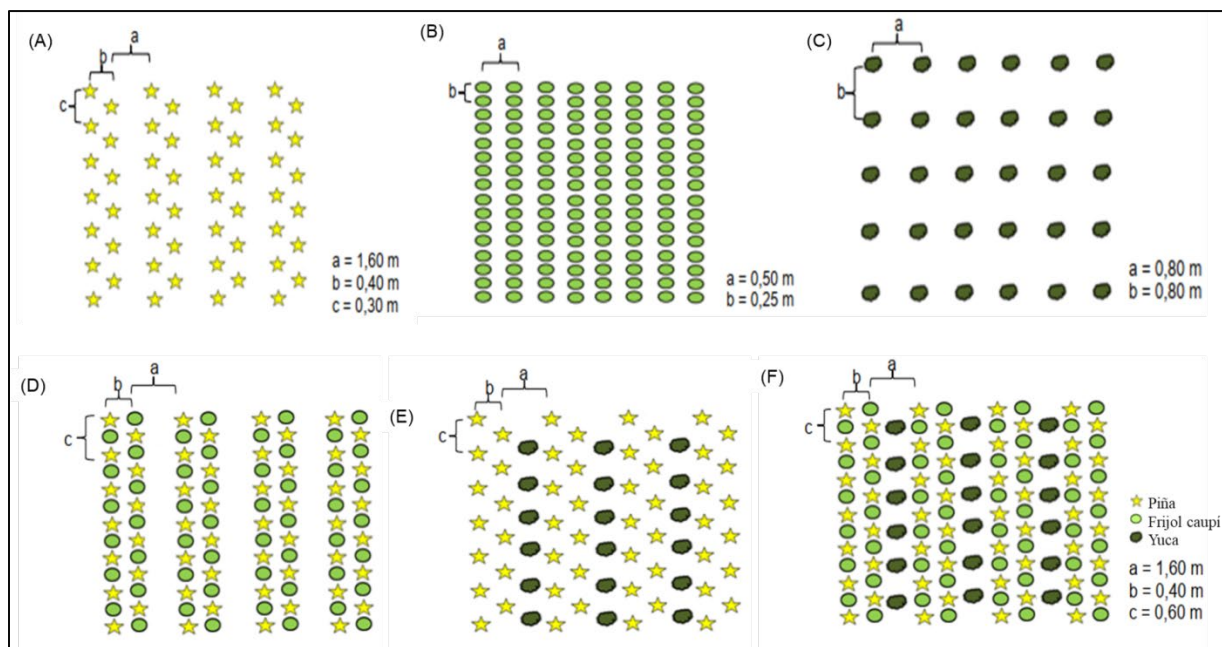


Figura 2. Monocultivo de piña (A), frijol caupí (B) y yuca (C). Cultivo en consorcio de piña y frijol caupí (D), piña y yuca (E) y piña, frijol caupí y yuca (F). En los tratamientos sólo varió el espaciado en la hilera de la yuca en consorcio (0,40 m, 0,60 m, 0,80 m, 1,0 m y 1,20 m)

Durante el desarrollo del experimento, se realizaron desmalezados manuales según lo necesario, utilizando una herramienta manual para controlar las malezas. No fue necesario utilizar riego. Se aplicó el insecticida Imidacloprid a los 15 días después del plantío (ddp) en el frijol caupí y Dimetoato a los 180 ddp en la piña en dosis de $1,5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de agua, para el control de plagas.

La inducción floral de la piña se realizó a los 12 meses después de la siembra, utilizando carburo de calcio diluido en agua. Se aplicaron manualmente 50 mL de la solución por planta. Después de 30 días, se observó que el 95 % de las plantas tenían inflorescencia, y se aplicó Imidacloprid y Metil Tiofanato para el control de plagas y enfermedades en los frutos, respectivamente, en dosis de $1,5 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$ de agua.

Para evaluar la calidad físicoquímica de los frutos de piña, se cosecharon 10 frutos de cada parcela en el área útil. Utilizando un calibre, se determinó el diámetro promedio del fruto sin corona, el largo del fruto sin corona y el largo de la corona. Mediante refractometría se midió el contenido de sólidos solubles totales. La firmeza del fruto sin cáscara se midió, tomando dos puntos equidistantes entre la cáscara y el cilindro central del fruto. También se registró el peso promedio

del fruto comercial, estimado para frutos por hectárea, considerando como fruto comercial aquellos que no presentaban quemaduras solares que impidieran su comercialización en estado natural.

La cosecha del frijol caupí se realizó a partir de la aparición de la vaina verde, en el punto de madurez fisiológica de los granos. Las cosechas se llevaron a cabo en un período de 56 a 70 ddp, con un intervalo de tres días. Se evaluó la productividad de las vainas verdes, obtenido a partir del peso promedio de las vainas verdes, estimando por hectárea, y el índice de grano, correspondiente al porcentaje del peso de los granos en la vaina verde, calculado mediante $100 \cdot \text{peso del grano} / \text{peso de la vaina verde}$.

La yuca se cosechó a los 21 meses, tomando muestras de tres plantas por parcela. Se evaluó el diámetro de las raíces en la región media, y la productividad o rendimiento de las raíces de yuca, que se obtuvo mediante el promedio del peso fresco de las raíces tuberosas por hectárea.

A partir de la productividad de la parte comercial de cada cultivo en los consorcios en relación con la productividad de los monocultivos, utilizando como referencia las densidades de siembra de la yuca, se determinó la eficiencia de

uso de la tierra (EUT), utilizando la siguiente expresión propuesta por Mead y Willey (1980) y adaptada para este estudio: $EUT = [(C_{\text{piña}} / M_{\text{piña}}) + (C_{\text{caupí}} / M_{\text{caupí}}) + (C_{\text{yuca}} / M_{\text{yuca}})]$, donde C es la productividad del cultivo en consorcio y M es la productividad en monocultivo.

El análisis estadístico se realizó por separado para los cultivos estudiados, utilizando el análisis de varianza según se muestra en el Cuadro 3. Para las variables analizadas, se realizó el análisis de varianza utilizando la prueba F con un 5 % de probabilidad, utilizando el software SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010). Para la comparación de medias, cuando fueron significativas, se utilizó la prueba de Scott-Knott con un 5% de probabilidad para las variables relacionadas con los cultivos de piña y yuca, y la prueba de Tukey con un 5% de probabilidad para las variables del frijol caupí. La prueba de Scott-Knott ha mostrado ser robusta

frente a atributos del supuesto de normalidad al considerar dos cultivos, mientras que la prueba de Tukey es más sensible a diferencias pequeñas entre las medias cuando se cumple el supuesto de normalidad, al considerar solo un cultivo.

RESULTADOS

Excepto por los sólidos solubles totales, las demás características de la piña (diámetro del fruto, longitud del fruto y de la corona (LCOR), firmeza del fruto sin cáscara y peso del fruto comercial fueron influenciadas por la presencia del frijol caupí y la yuca ($P \leq 0,05$), así como la producción de granos e índice de granos del frijol caupí, el diámetro de la raíz tuberosa y la producción de la yuca también tuvo influencia en los tratamientos estudiados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Resumen del análisis de la varianza de las características evaluadas en la piña, intercalada con caupí y yuca

Cultivo	Variable ^{1/}	GL del error	CM del tratamiento	CV
Piña	Diámetro de fruto sin corona	22	77,15***	3,74
	Longitud de fruto sin corona		46,21***	7,23
	Longitud de corona		16,58***	8,29
	Sólidos solubles totales		0,602 ns	6,77
	Firmeza del fruto		10,95 ***	6,30
	Rendimiento del fruto comercial		>1000***	23,89
Frijol	Rendimiento de vainas verdes	12	>1000***	3,58
	Índice de granos		13,44***	1,58
Yuca	Diámetro de raíces	20	54,56***	13,0
	Rendimiento de raíces tuberosas		>1000***	9,78

^{1/}: Sin significancia para los bloques. GL: grados de libertad; CM: cuadrado medio; CV: coeficiente de variación

Con el aumento del espaciamiento de la yuca, con y sin la presencia del frijol caupí, se observó un incremento en la longitud de las piñas, con un promedio de 2 cm adicionales para cada espaciamiento. En los tratamientos con espaciamientos superiores a 0,80 m, las piñas mostraron un promedio de 19,7 cm o superior (Cuadro 4).

En cuanto al peso medio de las piñas comerciales (Cuadro 4), los consorcios que incluyeron la presencia de yuca con espaciamiento

inferior a 0,80 m influyeron significativamente en las características físicas de la piña.

Los diferentes tratamientos afectaron significativamente el rendimiento de vainas verdes e índice de granos del frijol, así como el diámetro y rendimiento de las raíces tuberosas de la yuca (Cuadro 3). Por su parte, la eficiencia de uso de la tierra incrementó sostenidamente a medida que aumentó el distanciamiento entre las plantas de yuca, independientemente de la presencia o no de las plantas de frijol caupí (Cuadro 5).

DISCUSIÓN

En este experimento todos los frutos se cosecharon en el punto de madurez fisiológica, y no hubo diferencias en el contenido de sólidos solubles totales por efecto de los tratamientos (Cuadro 3). Es de destacar que la densidad de plantación de la yuca, un factor ligado a la luminosidad en el cultivo de la piña (Eloy et al., 2012), no afectó el contenido de sólidos solubles totales en los frutos. El contenido promedio encontrado fue de 13,35 °Brix superior a los

valores de 12,45 °Brix obtenidos por Reinhardt et al. (2004) para frutos grandes, e inferior a los 14,77 °Brix obtenidos en los frutos considerados pequeños. Franco et al. (2014) reportaron resultados superiores a los encontrados en este estudio; sin embargo, en ese caso se utilizó riego, mientras que en las condiciones de nuestro experimento no se utilizó esta práctica en ninguna etapa del cultivo, lo que sugiere que el uso del riego es un factor importante para la calidad química del fruto de la piña cv. Pérola.

Cuadro 4. Valores medios de diámetro de fruto (DFSC), largo de fruto (LFSC), largo de corona (LCOR), firmeza de fruto sin cáscara (FFSC) y rendimiento (REND) de piña, intercalada con caupí y yuca

TRAT	DFSC (mm)	LFSC (cm)	LCOR (cm)	FFSC (N·cm ⁻²)	REND (kg·ha ⁻¹)
P	100,3 a	23,1 a	16,0 b	17,3 a	20.105,2 a
PxFxY 0,40	85,9 b	12,8 d	20,9 a	12,7 c	8.773,3 b
PxFxY 0,60	85,9 b	15,2 c	21,3 a	12,7 c	11.897,0 b
PxFxY 0,80	93,2 a	19,7 b	19,7 a	14,0 b	14.821,2 a
PxFxY 1,00	93,6 a	21,5 a	16,9 b	14,8 b	16.801,4 a
PxFxY 1,20	97,1 a	22,6 a	14,8 b	17,2 a	21.111,1 a
PxF	93,6 a	19,8 b	20,0 a	13,7 b	11.350,0 b
PxY 0,40	84,4 b	12,7 d	21,2 a	12,6 c	10.843,9 b
PxY 0,60	87,2 b	15,9 c	21,2 a	12,5 c	12.312,0 b
PxY 0,80	95,4 a	18,5 b	19,1 a	14,7 b	16.618,1 a
PxY 1,00	91,9 a	22,0 a	16,9 b	14,4 b	15.903,6 a
PxY 1,20	95,7 a	23,5 a	16,6 b	17,7 a	18.615,5 a

P: piña, F: frijol caupí, Y: yuca. Descripción completa de los tratamientos según el Cuadro 2. Medias seguidas de la misma letra en las columnas no difieren entre sí según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$)

En cuanto al diámetro del fruto, la presencia de frijol caupí no afectó esta característica, siendo influenciada únicamente por la densidad de yuca (Cuadro 4). Posiblemente, la sombra causada por la yuca en las densidades más altas redujo el diámetro de los frutos (8,4 mm, en promedio de los diámetros entre las densidades mayores y menores). Cuando el cultivo de yuca cv. Amazonas se realizó con espaciamientos por encima de los 80 cm, con o sin la presencia de frijol caupí, la densidad de plantas no afectó el

diámetro del fruto en comparación con el cultivo solitario de la piña cv. Pérola.

Las dimensiones de los diámetros encontrados en el sistema individual y en el consorcio son aceptables comercialmente para el mercado consumidor (Berilli et al., 2014; Silva et al., 2015). Incluso con la variación en la densidad de plantas de piña entre el monocultivo y el consorcio, no fue suficiente para afectar el diámetro del fruto. Sin embargo, Souza et al. (2009) observaron que esta característica fue influenciada por las densidades de plantas de piña,

siendo la menor densidad (31.746 plantas·ha⁻¹) con un promedio de 124 mm de diámetro de los frutos de piña.

Los diámetros del fruto encontrados en este experimento fueron inferiores a los reportados por Berilli et al. (2014) y Andrade et al. (2015),

quienes hallaron promedios de 105 mm de diámetro, aproximadamente, para la variedad Pérola, pero superiores a los de Franco et al. (2014) (promedio de 88,0 mm) en los frutos del cultivo en consorcio.

Cuadro 5. Valores medios de la productividad de vainas verdes (PRVV) e índice de grano (IDG) de frijol caupí, diámetro de las raíces (DR) y productividad o rendimiento de raíces tuberosas (PRRAIZ) de yuca en consorcio con piña, y evaluación del consorcio mediante la eficiencia de uso de la tierra (EUT)

TRAT	PRVV (kg·ha ⁻¹)	IDG (%)	DR (cm)	PRRAIZ (kg·ha ⁻¹)	EUT
F	2203,1 a	72,9 b	-	-	-
Y	-	-	7,1 b	56.782,4 a	-
PxFxY 0,40	1.566,3 b	78,5 a	4,8 b	16.972,2 c	1,45
PxFxY 0,60	1.534,0 b	78,7 a	6,9 b	16.572,9 c	1,58
PxFxY 0,80	1529,5 b	77,8 a	6,4 b	19.628,2 c	1,78
PxFxY 1,00	1.540,2 b	78,3 a	8,6 a	24.983,3 b	1,97
PxFxY 1,20	1.589,1 b	78,2 a	9,2 a	25.825,1 b	2,23
PxF	1.629,2 b	79,0 a	-	-	1,3
PxY 0,40	-	-	5,9 b	17.238,4 c	0,84
PxY 0,60	-	-	7,0 b	17.706,8 c	0,92
PxY 0,80	-	-	6,4 b	20.553,2 c	1,19
PxY 1,00	-	-	8,0 a	25.038,9 b	1,23
PxY 1,20	-	-	8,9 a	27.021,7 b	1,40

P: piña, F: frijol caupí, Y: yuca. Descripción completa de los tratamientos según el Cuadro 2. Medias seguidas de la misma letra en las columnas no difieren entre sí según la prueba de Scott-Knott ($P \leq 0,05$) para las variables DR y PRRAIZ, y prueba de Tukey ($P \leq 0,05$) para PRVV y IDG

En cuanto a la característica del largo del fruto, la variedad Pérola se caracteriza por tener frutos largos (Andrade et al., 2015), lo cual es aceptable para el mercado consumidor. Sin embargo, se encontraron frutos más pequeños (Cuadro 4) en los consorcios de piña con las mayores densidades de yuca (12.500 plantas·ha⁻¹), con un promedio de 12,75 cm, independientemente de la presencia del frijol caupí. Un resultado similar fue reportado por Franco et al. (2014) con 12,6 cm. La combinación de frutos con longitud y diámetros pequeños se refleja directamente en frutos con un peso inferior

a aquellos que presentaron un buen desarrollo y crecimiento.

Pereira et al. (2009) encontraron frutos más pequeños por cuando éstos se cosecharon en los meses de enero (15,8 cm) y noviembre (16,6 cm), mientras que Lacerda et al. (2017) y Pereira et al. (2009), encontraron que los frutos cosechados en el mes de abril tenían mayor longitud (20,3 cm), lo que sugiere que se debería continuar con estudios que envuelvan evaluaciones en épocas determinadas durante el año.

El dosel de la yuca con un espaciamiento de 0,40 m y 0,60 m (alta densidad) redujo la longitud del fruto y produjo un aumento de la longitud de la corona de la piña. Para estos espaciamientos, los frutos tuvieron una longitud inferior a 19,7 cm. En cuanto a la corona, su longitud aumentó progresivamente por encima de 19,1 cm, presumiblemente por el sombreado causado por el dosel de la yuca en alta densidad. Los resultados obtenidos por Andrade et al. (2015) son similares a los demás tratamientos, con una longitud de corona de 16,7 cm.

El aumento en la longitud de la corona de la piña es indeseable en la presentación del fruto y en su transporte, ya sea a granel o en cajas, ya que ocupa más espacio y dificulta la comercialización de los frutos para consumo en fresco (Lacerda et al., 2017). En nuestro estudio se observó un aumento en la longitud de la corona de la piña cuando se emplearon altas densidades del dosel de yuca, influenciado probablemente por la escasez de luz, lo que habría favorecido el crecimiento vegetativo.

La firmeza de los frutos estuvo influenciada por las mayores densidades de yuca, siendo menor la firmeza en las densidades altas. Los valores más altos se encontraron en los frutos de las plantas en consorcio con yuca en un espaciamiento de 1,20 m, independientemente del consorcio con frijol caupí. No hubo diferencia con la piña en monocultivo la cual presentó una firmeza superior a $17 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$. Sin embargo, la firmeza en todos los tratamientos estudiados fue inferior a los reportados por Berilli et al. (2014) de $5,6 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$ y Franco et al. (2014) de $10,2 \text{ N}\cdot\text{cm}^{-2}$.

Las mayores densidades de plantas de yuca resultaron en menores rendimientos de frutos de piña (Cuadro 4). Una menor intercepción de radiación solar en las altas densidades podría llevar a una menor producción de la piña, debido a que este cultivo presenta el metabolismo ácido de las crasuláceas (CAM); aunque la reducción de la radiación solar afecta a cualquier tipo de planta, independientemente de su metabolismo (CAM, C3 o C4), el impacto es mayor en las plantas CAM como la piña, ya que su capacidad de fijar CO_2 durante la noche es muy limitada. Esto crea un microambiente que, según Pereira et al. (2015), puede interferir significativamente en el crecimiento de la planta, lo que se refleja

directamente en su actividad metabólica. Como resultado, no se acumularían suficientes fotoasimilados para el desarrollo y crecimiento de los frutos.

En concordancia con lo anterior, las mayores densidades de plantas de yuca ocasionaron una disminución de la eficiencia de uso de la tierra, atribuido a que fue mayor, proporcionalmente, el decremento producido en el rendimiento de la piña que el producido sobre el rendimiento de la yuca (Cuadros 4 y 5).

La media de rendimiento de la piña en los consorcios con yuca en espaciamientos superiores a 1,00 m fue de $17.311,8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, un resultado superior a los $14.358,0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ señalados por Araújo et al. (2014) en el cultivo de piña en policultivo (asociada con maracuyá, maíz y yuca).

Cuando se observa la piña en monocultivo, los resultados encontrados en las condiciones de nuestro experimento fueron superiores a los de Silva et al. (2017) y Custódio et al. (2016) quienes obtuvieron rendimientos inferiores a $20.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente, pero inferiores a los encontrados por Araújo et al. (2014), quienes lograron un rendimiento superior a $30.000 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

La productividad de los granos verdes del frijol caupí (Cuadro 5) solo se vio influenciada por el monocultivo en comparación con el consorcio, atribuido a que la densidad de plantas era mayor en el monocultivo del frijol caupí en comparación con los tratamientos de consorcio, lo que se reflejó directamente en la producción de granos. Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tipos de consorcio estudiados. Por lo tanto, se constató que, al igual que la productividad de las raíces tuberosas de yuca, la productividad de las vainas verdes del frijol caupí no se vio influenciada por los diferentes consorcios de piña con frijol caupí. Resultados similares fueron reportados por Alves et al. (2009), donde no se encontró influencia en el consorcio entre variedades de yuca y frijol caupí.

CONCLUSIONES

Después de evaluar diversos espaciamientos en los cultivos en consorcio de piña, yuca y frijol caupí, así como en el consorcio de piña y yuca, se determinó que un espaciamiento de 1,20 m para la yuca es la opción que ofrece el mayor rendimiento

de la piña, mientras que espaciamientos de 0,60 m o menos resultaron siempre en menores rendimientos.

El cultivo en consorcio de piña con frijol caupi y yuca afecta el tamaño y diámetro del fruto, así como la longitud de la corona y la firmeza de los frutos en espaciamientos de yuca inferiores a 0,80 m.

Los mayores índices de eficiencia de uso de la tierra se observan en los tratamientos con cultivo de piña, frijol caupi y yuca en consorcio.

LITERATURA CITADA

- Albuquerque, J.A.A., T. Sedyama, J.M.A. Alves, A.A. Silva y S.C.P. Uchôa. 2012. Cultivo de mandioca e feijão em sistemas consorciados realizados em Coimbra, Minas Gerais, Brasil. *Revista Ciência Agronômica* 43(3): 532-538.
- Alves, J.M.A., N.P. Araújo, S.C.P. Uchôa, J.A.A. Albuquerque, A.J. Silva, G.S. Rodrigues y D.C. Oliveira. 2009. Avaliação agroeconômica da produção de cultivares de feijão-caupi em consórcio com cultivares de mandioca em Roraima. *Revista Agro@ambiente On-line* 3(1): 15-30.
- Andrade, M.G.S., S.M. Silva, L.G. Soares, R.P. Lima, A.S.B. Souza, y R.S. Melo. 2015 Aspectos da qualidade e infrutescências do abacaxizeiro 'Pérola' e 'Vitória'. *Revista Agropecuária Técnica*: 36(1): 96-102.
- Araújo Neto, S.E., P.A. Campos, L.B. Tavella, A.J.S. Solino y I.F. Silva. 2014. Organic polyculture of passion fruit, pineapple, corn and cassava: the influence of green manure and distance between espaliers. *Revista Ciência e Agrotecnologia*: 38(3): 247-255.
- Berilli, S.S., S.J. Freitas, P.C. Santos, J.G. Oliveira, y L.C.S. Caetano. 2014. Avaliação da qualidade de frutos de quatro genótipos de abacaxi para consumo in natura. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(2): 503-508.
- Bilieri, C.E., R.H. Silva, C.M. Gomes, C.J. Cardozo, O.M. Yamashita, M.A.C. Carvalho y W. Gervazio. 2014. Qualidade organoléptica em diferentes cultivares de mandioca, implantadas em consórcio com a cultura do abacaxi no município de Alta Floresta-MT. *Cadernos de Agroecologia* 9(4): 1-10.
- Brasil. 2002. Instrução Normativa nº 1 de 1º de fevereiro de 2002. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília-DF. <https://n9.cl/9y1ov> (consulta de marzo, 2023)
- Coelho Filho, M.A., F.A. Gomes Junior, M.J.M. Guimarães y L.B. Oliveira. 2017. Crescimento e produtividade do consórcio mandioca e feijão-caupi em diferentes arranjos de cultivo e condições irrigadas. *Water Resources and Irrigation Management* 6(3): 151-159.
- Custódio, R.A., S.E. Araújo Neto, P.C.P. Fermino Junior, R.C. Andrade Neto e I.F. Silva. 2016. Morpho-anatomy of leaves and yield of pineapple plant in intercropping with cassava. *Revista Bioscience Journal* 32(4): 839-848.
- Eloy, E., B. Caron, A. Behling, E.F. Elli y G. Monteiro. 2012. Influência do espaçamento na interceptação de radiação do dossel vegetativo de espécies arbóreas. *Enciclopédia Biosfera* 8(14): 683-691.
- FAO - Organização Das Nações Unidas Para a Agricultura e Alimentação. 2023. FAO. FAOSTAT: Divisão de estatística, 2021/2022. [15 may 2023].
- Ferreira, D.F. 2010. SISVAR - Sistema de análise de variância. Versão 5.3. Lavras-MG: UFLA.
- Franco, L.R L., V.M. Maia, O. Lopes, P. Lopes, W.T.N. Franco y S.R. Santos. 2014. Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro 'pérola' sob diferentes lâminas de irrigação. *Revista Caatinga* 27(2): 132-140.
- Freire Filho, F.R., M.M. Rocha, V.Q. Ribeiro, K.J. Damasceno-Silva, A.M. Lopes, M.S. Cravo y H.W.L. Carvalho. 2009. BRS Aracê: cultivar de feijão-caupi com grãos de cor verde oliva rica em ferro e zinco. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental.
- Lacerda, J.T., R.A. Carvalho y E.F. Oliveira. 2017. Efeito do ácido giberélico na produtividade e qualidade do fruto do abacaxizeiro Pérola. *Tecnologia y Ciência Agropecuária* 11(6): 81-88.

16. Lopes, O.P., V.M. Maia, S.R. Santos, G. P. Mizobutsi y R.F. Pegoraro. 2014. Proteções contra queima solar de frutos de abacaxizeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira de Fruticultura* 36(3): 748-754.
17. Mead, R. y R.W. Willey. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Experimental Agriculture* 16: 217-228.
18. Pacheco, N.I., L.A.P.P.F. Mendes, G. Sousa Carneiro, D.C. Lopes, I.V.L. Coutinho, A.K.A.P. Silva y T.Y.L. Sousa. 2022. Characterization of pineapple and its peel as a functional food: narrative review. *Research, Society and Development* 11(3): e46011326840.
19. Parente, G.D.L., M.M. Almeida, J.L. Silva, C.G. Silva y M.F. Alves. 2014. Cinética da produção do fermentado alcoólico de abacaxi “pérola” e caracterização da bebida. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 9(2): 230-247.
20. Pereira, F.H.F., F.V.S. Sá, M. Puiatti, F. L. Finger, y P.R. Cecon. 2015. Crescimento de planta, partição de assimilados e produção de frutos de melão amarelo sombreado por diferentes malhas. *Revista Ciência Rural* 45(10): 1774-1781.
21. Pereira, M.A.B., S.C. Siebeneichler, R. Lorençoni, G.C. Adorian, J.C. Silva, R.B.M. Garcia et al. 2009. Qualidade do fruto de abacaxi comercializado pela Cooperfruto - Miranorte - TO. *Revista Brasileira de Fruticultura* 31(4): 1048-1053.
22. Reinhardt, D.H., V.M. Medina, R.C. Caldas, G.A.P. Cunha y R.F.H. Estevam. 2004. Gradientes de qualidade em abacaxi 'pérola' em função do tamanho e do estágio de maturação do fruto. *Revista Brasileira Fruticultura* 26(3): 544-546.
23. Rós, A.B. y R.E.S. João. 2016. Desempenho agrônômico e uso eficiente da terra em arranjos de plantas de mandioca e batata-doce. *Revista Ceres* 63(4): 517-522.
24. Santos, N.S., J.M.A. Alves, S.C.P. Uchôa, D.C.O. Silva, G.F. Barreto, T.C.O. Silva, y A.J.E. Anjos. 2020. Damage levels of sunburn in pineapple fruits submitted to natural and artificial protection. *Revista Agro@ambiente On-line*: 14(3): 1-16.
25. Silva, I.F., A.S.L. Souza, S.E. Araújo Neto, P.C.P. Fermino Júnior, R.A. Custódio y R.G. Damasceno. 2017. Plasticidade fenotípica de folhas e produtividade do abacaxi sob condições de sombreamento. *Revista Verde* 12(4): 641-647.
26. Silva, R.P., A. Santin, R. Favreto, A. Tonietto, A.D. Abichequer, y J.G. Bertoldo. 2019. Qualidade e produtividade de abacaxizeiro cultivado a pleno sol ou com diferentes níveis de sombreamento. *Pesquisa Agropecuária Gaúcha* 25(3): 1-16.
27. Silva, S., E. Dalbosco, D. Krause, W. Krause y A. Santi. 2015. Fontes de nitrogênio e doses de cloreto de potássio na cultura do abacaxi Pérola. *Agrarian Academy* 2(3): 1737-1742.
28. Sousa, A., M. Araujo, C. Guimarães y R. Oliveira. 2021. Utilização de subprodutos do abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) na dieta animal. *Revista Novos Desafios* 1(1): 44-55.
29. Souza, B.L., J.L. Macedo, C.M. Santos y A.V. Machado. 2014. Estudo da secagem de frutos tropicais do Nordeste. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 9(1): 186-190.
30. Souza, O.P., R.E.F. Teodoro, B. Melo, y J.L.R. Torres. 2009. Qualidade do fruto e produtividade do abacaxizeiro em diferentes densidades de plantio e lâminas de irrigação. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília* 44(5): 471-477.

