

Revista Latinoamericana de Difusión Científica



Altura de planta y producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus* sp.): comparación entre dos sitios de Costa Rica

DOI: <https://doi.org/10.38186/difcie.47.02>

José Eladio Monge-Pérez *

Michelle Loría-Coto **

RESUMEN

El objetivo fue comparar la altura de la planta y la producción de brotes en pitahaya (*Hylocereus* sp.) cv. Orejona y su relación con las variables climáticas en dos sitios de Costa Rica. El ensayo se realizó en San Mateo, Alajuela, y en Santa Cruz, Guanacaste, de febrero 2017 a noviembre 2019. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta (AP, en cm), número de brotes vegetativos (NBV), número de brotes reproductivos (NBR), precipitación pluvial (P, en mm), humedad relativa (HR, en %), temperatura promedio (T_p , en °C), temperatura máxima ($T_{m\acute{a}x}$, en °C), y temperatura mínima ($T_{m\acute{i}n}$, en °C). No se presentaron diferencias significativas en AP y NBV entre ambos sitios. Sin embargo, NBR fue significativamente mayor en San Mateo (0,19) con respecto a Santa Cruz (0,02). No se presentaron diferencias significativas en P y $T_{m\acute{a}x}$ entre ambos sitios; pero HR fue significativamente mayor (82,13 %), y T_p y $T_{m\acute{i}n}$ fueron significativamente menores (25,63 °C y 20,42 °C respectivamente) en San Mateo, en comparación con Santa Cruz (75,57 %; 27,43 °C; y 23,45 °C respectivamente). Se concluye que la variedad Orejona se adaptó mejor a las condiciones de San Mateo. Se plantean algunas hipótesis que podrían explicar la diferencia en NBR entre ambos sitios.

PALABRAS CLAVE: fenología; adaptación; suelo; precipitación pluvial; temperatura; humedad relativa.

* Investigador de la Finca Experimental Interdisciplinaria de Modelos Agroecológicos, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5384-507X>. E-mail: jose.mongeperez@ucr.ac.cr

** Investigadora de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Estatal a Distancia, Costa Rica. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0456-2230>. E-mail: michelle_loria@yahoo.com

Recibido: 08/02/2022

Aceptado: 01/04/2022

Plant height and sprout production in pitahaya (*Hylocereus* sp.): comparison between two sites in Costa Rica

ABSTRACT

The objective was to compare plant height and sprout production in pitahaya (*Hylocereus* sp.) cv. Orejona and its relationship with climatic variables in two sites in Costa Rica. The trial was conducted in San Mateo, Alajuela, and in Santa Cruz, Guanacaste, from February 2017 to November 2019. Tested variables were: plant height (PH, in cm), number of vegetative sprouts (NVS), number of reproductive sprouts (NRS), rainfall (R, in mm), relative humidity (RH, in %), average temperature (T_a , in °C), maximum temperature (T_{max} , in °C), and minimum temperature (T_{min} , in °C). There were no significant differences in PH and NVS between both sites; however, NRS was significantly higher in San Mateo (0.19) compared to Santa Cruz (0.02). There were no significant differences in R and T_{max} between both sites; but RH was significantly higher (82.13%), and T_a and T_{min} were significantly lower (25.63 °C and 20.42 °C, respectively) in San Mateo, compared to Santa Cruz (75.57%; 27.43 °C; and 23.45 °C, respectively). It is concluded that the Orejona variety was better adapted to the conditions of San Mateo. Some hypotheses are proposed that could explain the difference in NRS between both sites.

KEY WORDS: phenology; adaptation; soil; rainfall; temperature; relative humidity

Introducción

La pitahaya (género *Hylocereus*) es una planta de la familia Cactaceae, originaria del continente americano y que abarca al menos 14 especies, entre las cuales las más cultivadas alrededor del mundo son: *H. undatus*, *H. monacanthus*, *H. costaricensis*, y *H. megalanthus* (García-Rubio et al., 2015; Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012; Ángel et al., 2012). Es una planta de clima tropical, resistente al estrés hídrico, y adaptada a temperaturas entre 21 y 29 °C; mientras que temperaturas de 37-38 °C causan daños en los tejidos y muerte de las plantas (García-Rubio et al., 2015; Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012). La mayoría de especies de *Hylocereus* se encuentran en Mesoamérica, en varios ecosistemas que van desde el nivel del mar hasta 1840 msnm, con un régimen de lluvias entre 350 a más de 2000 mm, y con un rango de temperaturas extremas entre 11 y 40 °C (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012).

El fruto de pitahaya se consume como fruta fresca, y también se puede aprovechar para elaborar: vino, jugos, mermelada, yogurt, conservas, postres, gelatinas, refrescos, helados, dulces, jaleas, cocteles, esencias, y suplementos digestivos (Huachi et al., 2015; Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012). Los frutos contienen beta-caroteno, licopeno, vitaminas E, C, A, B₁, B₂ y B₃, glucosa, fructosa, oligosacáridos, fibra, minerales (fósforo, calcio, potasio y sodio), y flavonoides (Ángel et al., 2012; Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012; Ortiz y Takahashi, 2020).

La pitahaya roja o morada (*H. monacanthus* y *H. costaricensis*) contiene pigmentos que tienen potencial como colorantes para la industria alimentaria, tales como: betanina, isobetanina, filocactina, hilocerenina y otras betalaínas como neobetanina y gromfrenina. La pitahaya se ha utilizado por sus efectos hipoglicémicos, diuréticos, contra las enfermedades cardíacas, como desinfectante de heridas, para la disolución de tumores y contra la disentería. Se ha demostrado sus efectos antioxidantes y nutracéuticos; además, dado que es rico en polifenoles, puede inhibir el crecimiento de células cancerosas (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012).

Entre las variedades que se encuentran con más frecuencia en Costa Rica y Nicaragua, que son de cáscara roja y pulpa roja, están: “Rosa”, “Cebra”, “Orejona”, “San Ignacio”, “Nacional”, “Crespa”, y “Lisa” (INTA, 2002; García y Quirós, 2010).

En el hemisferio norte, la floración de la pitahaya ocurre entre mayo y octubre, en varios eventos de emisión de flores (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012; Ángel et al., 2012; García y Quirós, 2010). Las yemas florales emergen después de las primeras lluvias, y se producen generalmente en los tallos que crecieron el año anterior (Ángel et al., 2012; Le Bellec et al., 2006; Marques et al., 2010).

En varios estudios se ha informado que existe una alta variabilidad en el número de flores por planta entre genotipos de pitahaya (desde 5,0 hasta 55,3) (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012), así como entre sitios de producción (Nerd et al., 2002). Los eventos fenológicos, como la floración o la brotación vegetativa, son influenciados directamente por las variables climáticas, tales como la lluvia, la temperatura y la humedad relativa, debido al efecto de estos factores sobre la fisiología y metabolismo de las plantas (Chagas et al., 2019). La información sobre las fases fenológicas es importante para evaluar el impacto de los factores climáticos sobre el crecimiento vegetativo y

reproductivo, pues la fenología es un indicador clave del cambio climático (Kishore, 2016). El estudio sobre la fenología vegetativa y reproductiva de una especie a través del tiempo brinda elementos importantes para establecer estrategias de conservación, fitomejoramiento y manejo de los cultivos (Chagas et al., 2019; Kishore, 2016).

El objetivo de este trabajo fue comparar la altura de la planta y la producción de brotes en pitahaya cv. Orejona y su relación con las variables climáticas en dos sitios de Costa Rica.

1. Materiales y métodos

1.1. Ubicación del experimento

El proyecto se desarrolló en dos sitios de Costa Rica (tabla 1). En ambos casos, se contó con una parcela de pitahaya (*Hylocereus* sp.), cultivada en forma orgánica, de la variedad “Orejona”.

1.2. Manejo del cultivo

La fecha de siembra de ambas plantaciones fue el 1 de junio de 2016, a partir de plantas reproducidas vegetativamente mediante esquejes; la distancia de siembra fue de 3 x 3 m. Para el crecimiento de las plantas se utilizó como tutores, postes vivos de jiñocuabe (*Bursera simaruba*), los que brindaron sombra al cultivo, y cuyas ramas fueron podadas cuando el nivel de sombra era excesivo. La fertilización de ambas parcelas consistió en la aplicación de bocashi, a una dosis de 1,5 kg/planta/año, fraccionada en tres aplicaciones a lo largo del año (junio, agosto y octubre), de 500 g cada una.

Tabla 1. Información de los sitios de evaluación

Localidad	Altitud (msnm)	Latitud Norte	Longitud Oeste
Higuito de San Mateo, Alajuela	232	9° 56' 36,880"	84° 32' 57,148"
Barrio El Limón de Santa Cruz, Guanacaste	57	10° 17' 7,745"	85° 35' 32,052"

Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

1.3. Características del suelo

En la tabla 2 se describen las principales características del suelo en ambos sitios. El análisis se realizó en el mes de abril de 2018. Ambos sitios presentan suelos arcillosos, con una CICE alta, y en los que la principal limitante es un contenido bajo de P. El suelo de San Mateo corresponde a un Ultisol, y el de Santa Cruz a un Vertisol.

1.4. Medición de variables

Se seleccionaron al azar 10 plantas de pitahaya de la parcela, en cada uno de los sitios, en las cuales se realizaron las evaluaciones. Se hicieron visitas al sitio cada dos semanas, con el fin de evaluar las siguientes variables:

-Altura de la planta (AP, en cm): se registró el dato para cada planta en forma aproximadamente semestral (cada 5-7 meses) y se obtuvo el promedio. Las fechas en que se realizó esta evaluación fueron: 8 febrero y 27 julio de 2017; 23 febrero y 17 agosto de 2018; y 14 marzo y 28 agosto de 2019.

-Número de brotes vegetativos (NBV) nuevos por planta: se registró el dato para cada planta en forma quincenal, y se obtuvo el promedio.

-Número de brotes reproductivos (NBR) nuevos por planta: se registró el dato para cada planta en forma quincenal, y se obtuvo el promedio.

Para la contabilización de los brotes vegetativos, se incluyeron aquellos que correspondieran con los estados de crecimiento fenológico: 011, 013, 015, 017, 019 y 310; y para los brotes reproductivos se registró los que se encontraban en los estados de crecimiento fenológico: 510, 511, 513 y 514 y 515, en ambos casos según la escala BBCH desarrollada para pitahaya (Kishore, 2016). De esta forma se aseguró que no existiera un doble registro, ni tampoco un subregistro, de los brotes nuevos entre una evaluación y la siguiente, pues se comprobó que en el intervalo de dos semanas se registraban exactamente los brotes nuevos emergidos en ese lapso de tiempo. Las evaluaciones iniciaron el 8 de febrero de 2017, y finalizaron el 2 de noviembre de 2019.

Además, se obtuvieron los datos diarios de las siguientes variables climáticas en San Mateo y en Santa Cruz, para los años 2017-2019, los que fueron proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN): a) Precipitación pluvial (P, en mm); b) Humedad

relativa (HR, en %); c) Temperatura promedio (T_p , en °C); d) Temperatura mínima (T_{\min} , en °C); y e) Temperatura máxima (T_{\max} , en °C).

Tabla 2. Características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, en las parcelas de pitahaya de San Mateo, Alajuela, y Santa Cruz, Guanacaste

Características	Localidad		Valor de referencia
	San Mateo	Santa Cruz	
Físicas			
Arena (%)	22	30	nd
Limo (%)	23	25	nd
Arcilla (%)	55	45	nd
Clase textural	Arcilloso	Arcilloso	nd
Químicas			
pH (H ₂ O)	5,9	5,8	5,5
Acidez (cmol(+)/L)	0,12	0,11	0,5
Ca (cmol(+)/L)	10,37	19,87	4
Mg (cmol(+)/L)	2,14	8,06	1
K (cmol(+)/L)	0,86	0,75	0,2
CICE (cmol(+)/L)	13,49	28,79	5
SA (%)	0,9	0,4	nd
P (mg/L)	4	2	10
Zn (mg/L)	6,9	4,0	3
Cu (mg/L)	20	11	1
Fe (mg/L)	91	20	10
Mn (mg/L)	27	94	5
CE (mS/cm)	0,3	0,2	1,5
C (%)	4,65	2,27	nd
N (%)	0,44	0,23	nd
Relación C/N	10,6	9,9	nd
S (mg/L)	17	14	12
MO (%)	6,65	3,25	nd
Microbiológicas			
Hongos (UFC/g)	9,9 x 10 ⁴	2,9 x 10 ⁴	nd
Hongos dominantes	<i>Penicillium</i> sp., <i>Trichoderma</i> sp., <i>Aspergillus</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	nd

Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

Nota: El valor de referencia corresponde al definido como crítico por parte del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. CICE: capacidad de intercambio de cationes efectiva = Acidez+Ca+Mg+K; SA: porcentaje de saturación de acidez = (Acidez/CICE)*100; CE: conductividad eléctrica; MO: materia orgánica; nd: no dato.

1.5. Análisis de los datos

Se elaboraron gráficos descriptivos y comparativos de las diversas variables evaluadas en ambos sitios. Para la comparación estadística de todas las variables entre los dos sitios de evaluación (10 plantas por cada sitio), se utilizó la prueba de t de Student, con una significancia del 5% (bilateral), mediante el programa estadístico Infostat.

2. Resultados y discusión

En la figura 1 se presentan los datos de altura de la planta de pitahaya, a través del tiempo, para las dos localidades evaluadas. La altura de la planta a partir de agosto 2018 se ubicó entre 1,70 y 1,90 metros, lo cual estuvo condicionado por la altura de los tutores sobre los que creció la planta, así como por las labores de poda de mantenimiento que se realizaron en la plantación en ambos casos. No se presentaron diferencias significativas en la altura de la planta entre ambos sitios de evaluación, según la prueba de t de Student ($p \leq 0,05$), para ninguna de las fechas de evaluación; el valor de p de los datos de esta variable entre ambos sitios varió entre 0,39 y 0,94.

La producción de brotes vegetativos fue similar en ambas localidades a lo largo del período evaluado, y no se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre ellas (figura 2).

En la figura 3 se presenta la evolución de la producción de brotes vegetativos durante el desarrollo del ensayo. Se presentaron algunas similitudes entre ambos sitios, como alta producción de NBV en: marzo-abril, julio y setiembre de 2017; febrero-marzo y diciembre de 2018; y agosto-setiembre de 2019. Sin embargo, en otros momentos este comportamiento fue totalmente diferente entre ambos sitios: octubre-noviembre de 2017; junio, agosto y noviembre de 2018; y febrero, abril y agosto de 2019.

Se ha informado que en el cultivo de pitahaya se producen múltiples eventos de brotación vegetativa a lo largo del año (Kishore, 2016; Trivellini et al., 2020); esto se confirmó en la presente investigación.

Con respecto a la producción de brotes reproductivos, la emisión de este tipo de brote fue significativamente mayor en San Mateo que en Santa Cruz, a lo largo del período evaluado (figura 4).

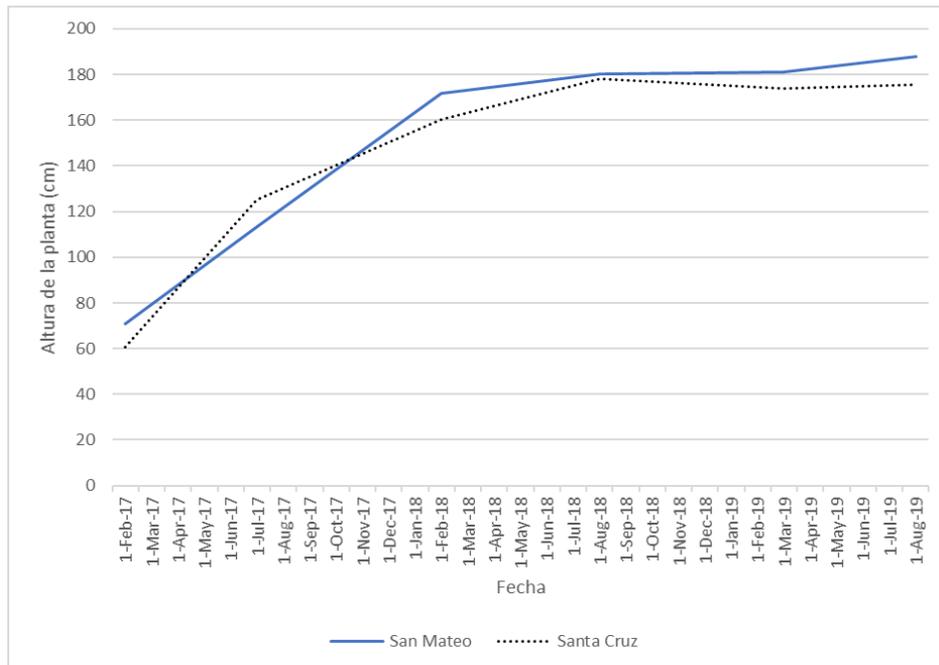


Figura 1. Comparación de la altura de la planta de pitahaya a lo largo del tiempo, para las dos localidades (8 febrero 2017 a 28 agosto 2019). Nota: Promedio de 10 plantas por cada sitio de evaluación. Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

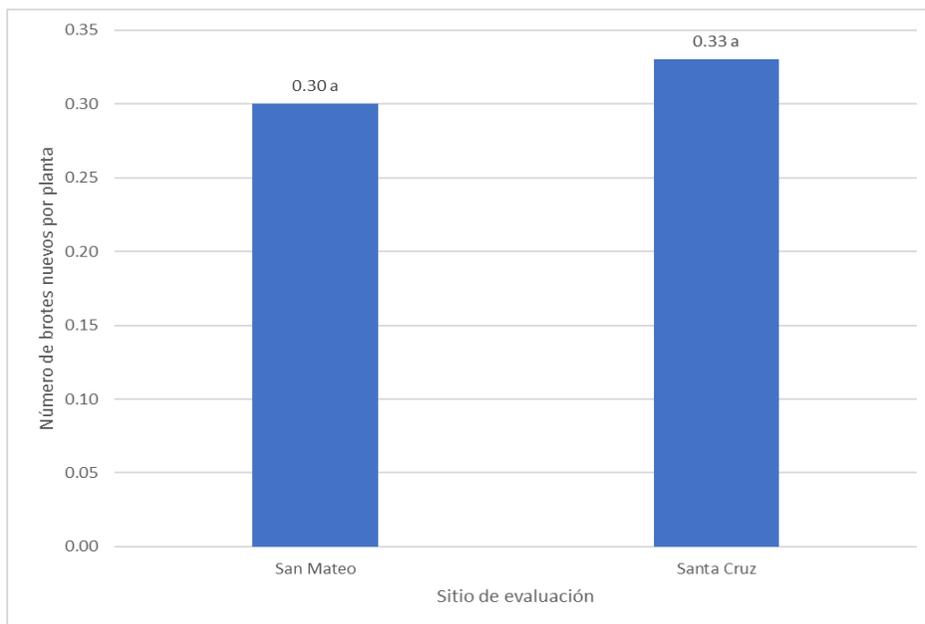


Figura 2. Número promedio de brotes vegetativos nuevos por quincena (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019) para ambas localidades. Nota: Promedio de 10 plantas por cada sitio de evaluación. Los valores que comparten la misma letra no son estadísticamente diferentes, según prueba de t de Student ($p \leq 0,05$). Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

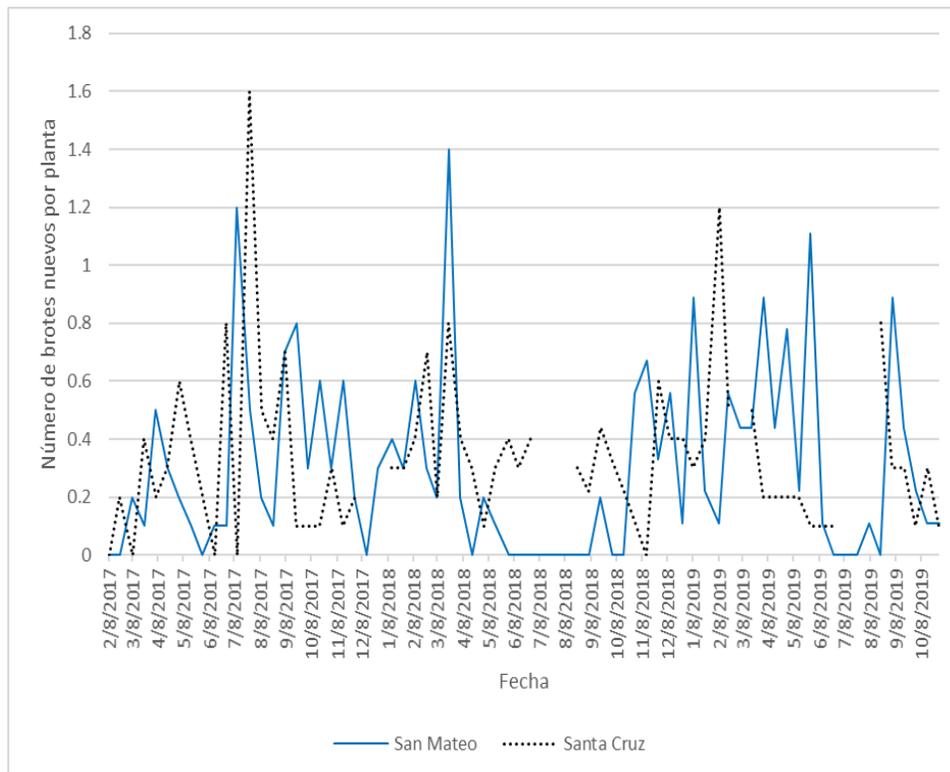


Figura 3. Evolución de la producción quincenal promedio de brotes vegetativos (NBV) nuevos por planta en pitahaya cv. Orejona, en Santa Cruz y San Mateo (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019). Nota: Promedio de 10 plantas por cada sitio de evaluación. Monge-Pérez y Loria-Coto, 2022.

En la figura 5 se compara la producción de brotes reproductivos en ambas localidades. En Santa Cruz, solamente se produjeron brotes reproductivos en mayo-junio de 2019. Por otra parte, en San Mateo los brotes reproductivos emergieron principalmente en abril, junio y julio de 2018; y abril, mayo, julio y setiembre de 2019. Además, en San Mateo se dio un aumento paulatino en el NBR conforme aumentó la edad de la planta, a lo largo del período evaluado.

En ambos sitios, los brotes reproductivos se produjeron únicamente durante la temporada lluviosa. Otros investigadores también habían informado que el inicio de la floración ocurre después del inicio de la estación lluviosa (Kishore, 2016; Ángel et al., 2012; Le Bellec et al., 2006; Silva et al., 2015; Osuna-Enciso et al., 2016; Marques et al., 2010).

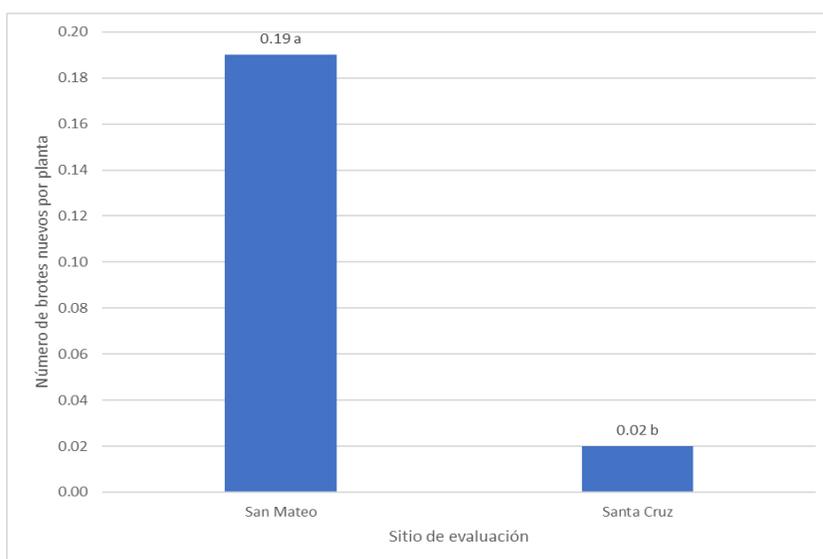


Figura 4. Número promedio de brotes reproductivos nuevos por quincena (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019) para ambas localidades. Nota: Promedio de 10 plantas por cada sitio de evaluación. Los valores que comparten la misma letra no son estadísticamente diferentes, según prueba de t de Student ($p \leq 0,05$). Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

En la tabla 3 se resumen los datos de las variables climáticas, durante el período de ejecución del proyecto en cada sitio; y en la figura 6 se presenta la comparación entre la evolución de cada una de las variables climáticas evaluadas en ambos sitios.

No se hallaron diferencias significativas entre los promedios de las variables P y $T_{\text{máx}}$, entre los sitios de evaluación. Sin embargo, para las variables HR, T_p y $T_{\text{mín}}$ sí se encontraron diferencias significativas, y en todos estos casos dicha diferencia fue altamente significativa ($p \leq 0,001$). En San Mateo, la HR fue mayor; mientras que la T_p y $T_{\text{mín}}$ fue menor, en comparación con los promedios de dichas variables hallados en Santa Cruz.

La etapa reproductiva de la pitahaya ocurrió después de la época del año en que se registraron los valores máximos de temperatura, resultados similares fueron presentados por Martínez-Ruiz et al., (2017) en México. Además, la floración coincidió con la prevalencia de precipitación, alta humedad (mayor a 80 %) y un rango de temperatura moderada (28 °C) (Kishore, 2016). Aunque la pitahaya puede sobrevivir en climas muy calientes y secos, con temperaturas de más de 38-40 °C (Abirami et al., 2021; Le Bellec y Vaillant, 2011), las temperaturas promedio superiores a 37-38 °C causan daños en los

tejidos del tallo y la muerte de la planta, y la mejor adaptación se da con temperaturas promedio de 21 a 29 °C (Ortiz-Hernández y Carrillo-Salazar, 2012).

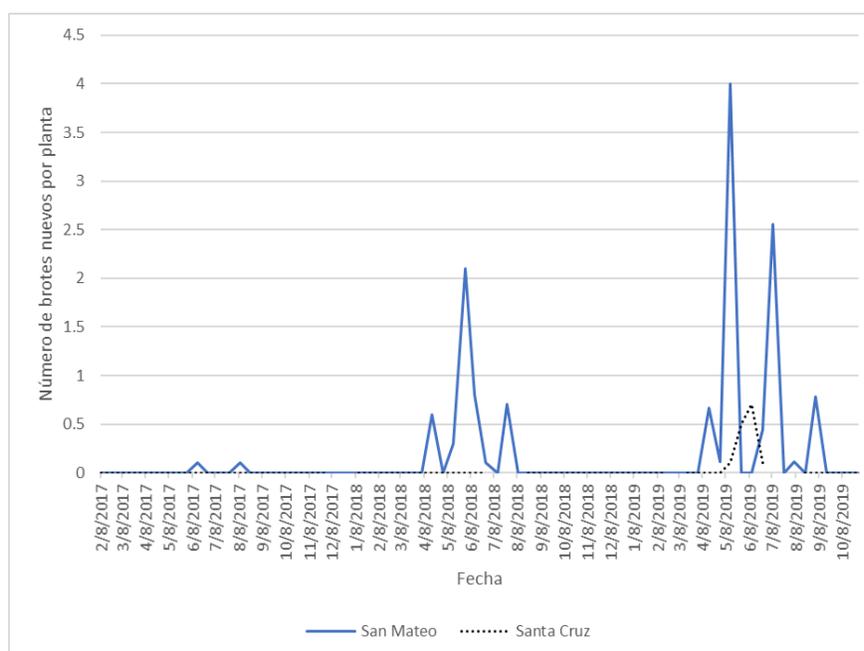


Figura 5. Evolución de la producción quincenal promedio de brotes reproductivos (NBR) nuevos por planta en pitahaya cv. Orejona, en San Mateo y Santa Cruz (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019). Nota: Promedio de 10 plantas por cada sitio de evaluación. Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

Tabla 3. Valores de las variables climáticas en ambos sitios de evaluación

Variable	Sitio de evaluación							
	Promedio	San Mateo			Promedio	Santa Cruz		
		Valor mínimo	Valor máximo	Mediana		Valor mínimo	Valor máximo	Mediana
P (mm)	6,37 a	0	168	0,10	5,40 a	0	236,7	0
HR (%)	82,13 b	37	100	89	75,57 a	47	100	80
T _{máx} (°C)	33,28 a	24,0	39,4	32,9	33,38 a	24,8	40,5	33,5
T _p (°C)	25,63 a	21,8	30,0	25,3	27,43 b	23,2	31,5	27,3
T _{mín} (°C)	20,42 a	15,2	26,4	20,7	23,45 b	18,5	27,5	23,3

Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

Nota: Los datos se calcularon a partir de los valores diarios de las variables climáticas en cada sitio de evaluación (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019). Los promedios que comparten la misma letra no son estadísticamente diferentes, según prueba de t de Student ($p \leq 0,05$).

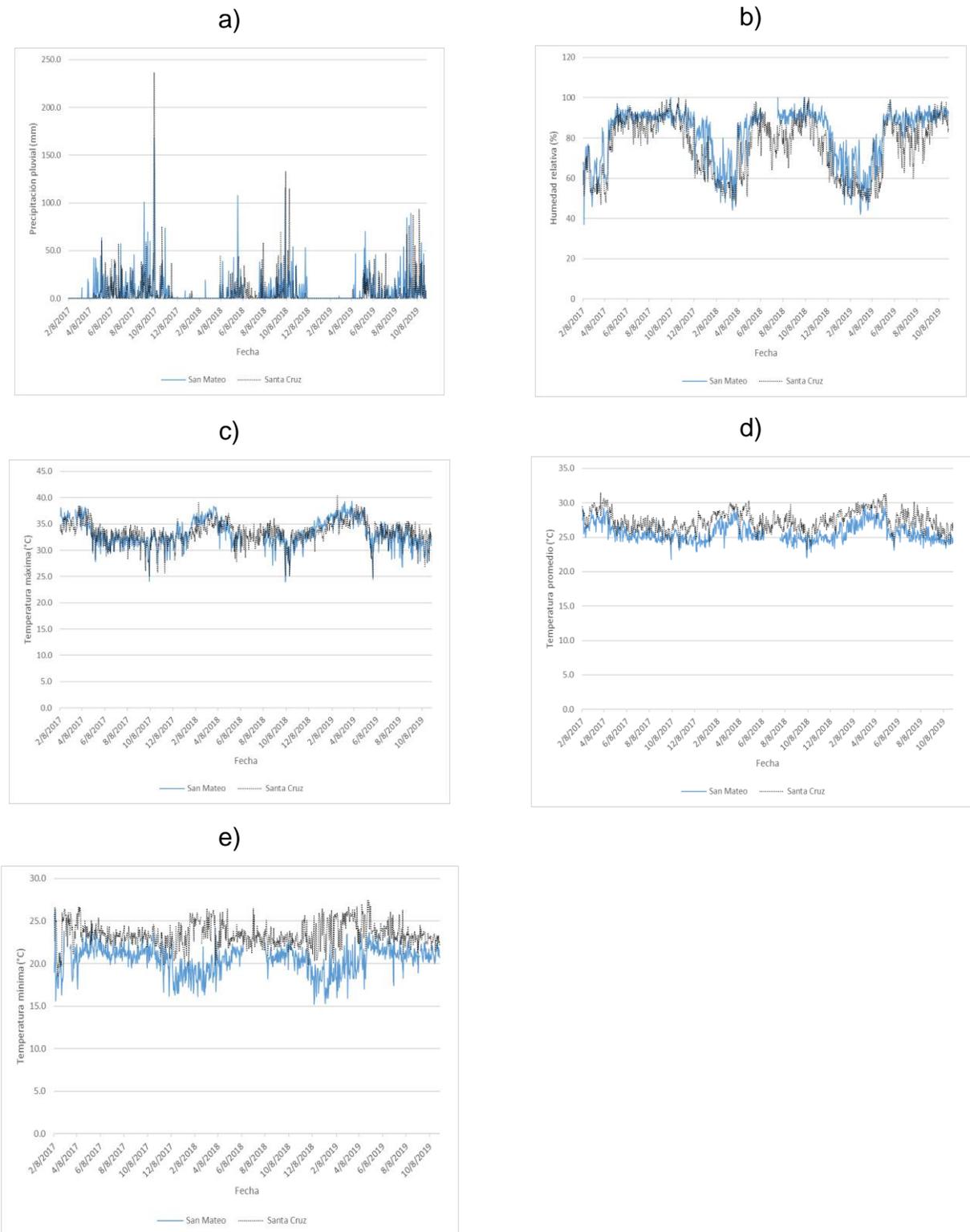


Figura 6. Comparación de las variables climáticas en ambos sitios de evaluación (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019): a) precipitación pluvial (mm); b) humedad relativa (%); c) temperatura máxima (°C); d) temperatura promedio (°C); e) temperatura mínima (°C). Monge-Pérez y Loría-Coto, 2022.

En la figura 7 se compara la T_p de ambos sitios de evaluación, por rangos de temperatura. En San Mateo el 66 % de los días tuvieron una T_p menor o igual a 25,9 °C, mientras que en Santa Cruz solamente el 14,93 % de los días se ubicaron en ese rango de temperatura. Por otra parte, en San Mateo, en el 81,80 % de los días la T_p se ubicó entre 21,0 y 26,9 °; mientras que en Santa Cruz, el 85,07 % de los días presentó una T_p con valores entre 26,0 y 31,9 °C. En el cultivo de pitahaya, las altas temperaturas inhiben la producción de flores (Silva et al., 2015); esta pudo haber sido la razón del menor NBR que se presentó en Santa Cruz, en comparación con San Mateo, dado que la T_p fue mayor en Santa Cruz, tanto a nivel del promedio como en el valor máximo.

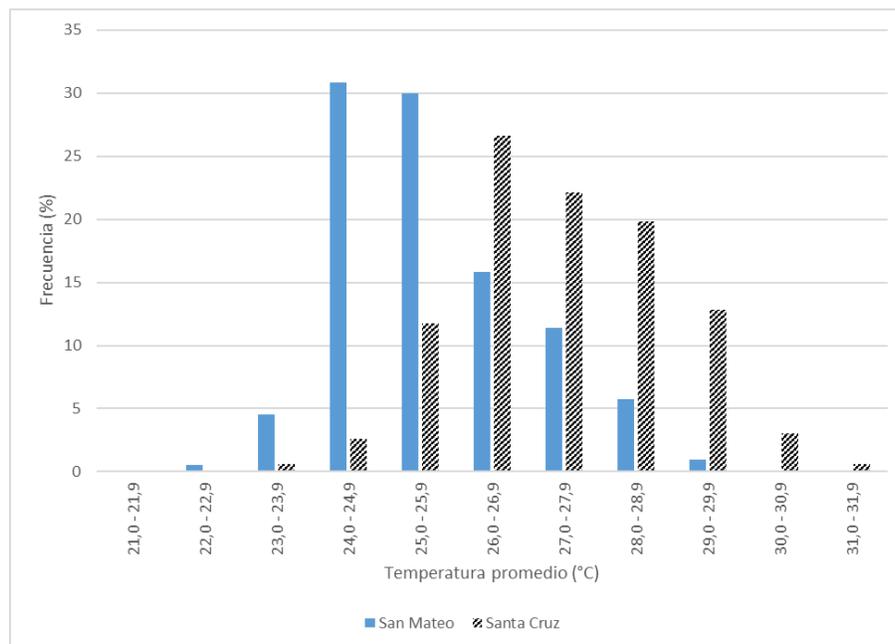


Figura 7. Comparación de rangos de temperatura promedio (°C) en ambos sitios de evaluación (8 febrero 2017 a 2 noviembre 2019). Monge-Pérez y Loria-Coto, 2022.

La fijación neta de CO₂ en pitahaya es óptima cuando la temperatura diurna y nocturna es de 30 y 20 °C, respectivamente, en comparación a temperaturas mayores o menores (Mizrahi, 2014; Nobel y De la Barrera, 2002); las condiciones de T_p que se presentaron durante este ensayo en San Mateo se ubicaron en ese rango, pero en Santa Cruz la T_p mostró valores por encima del mismo. Con respecto a la relación entre temperatura y floración en pitahaya, unos investigadores encontraron que un rango de

temperatura entre 34-38 °C redujo en forma importante la floración, en comparación con temperaturas más bajas ($T_{\text{máx}}$ de 32-34 °C) (Nerd et al., 2002); en el presente ensayo, durante los meses secos la $T_{\text{máx}}$ alcanzó valores superiores a 35 °C en ambos sitios, aunque la T_p nunca superó los 31,5 °C. Según esos autores, cuando $T_{\text{máx}}$ fue de 32-34 °C, se obtuvieron 3-4 ciclos de floración por año, mientras que con $T_{\text{máx}}$ de 38 °C solo se obtuvo un ciclo de floración por año (Nerd et al., 2002).

Por lo tanto, una posibilidad es que los mayores valores de T_p en Santa Cruz pueden haber provocado un menor NBR en ese sitio, en comparación con San Mateo. Sin embargo, otra posible explicación sería que las diferentes características del suelo en ambos sitios fueran las responsables de esa menor producción de brotes reproductivos en Santa Cruz. El suelo de San Mateo corresponde a un Ultisol, mientras que el de Santa Cruz es un Vertisol. En comparación con San Mateo, el suelo de Santa Cruz presentó una mayor concentración de Ca (+91,6 %) y de Mg (+276,6 %), una mayor CICE (+113,4 %), y una menor concentración de P (-50 %) y de MO (-51,1 %), así como una menor diversidad de hongos dominantes.

En un ensayo se informó que el tipo de suelo afecta de forma considerable el número de flores producidas en pitahaya, y dicha cantidad fue muy baja cuando el suelo fue arena blanca, probablemente con un alto contenido de calcio (Lewis, 2015); por lo tanto, el mayor contenido de Ca podría haber causado alguna afectación a la floración de la pitahaya en Santa Cruz. Asimismo, el mucho menor contenido de P y MO en el suelo de Santa Cruz, pudo haber influido en el menor NBR, en comparación con San Mateo.

Conclusiones

La variedad Orejona de pitahaya se comportó en forma similar en ambos sitios, en cuanto a AP y NBV. Sin embargo, el NBR fue significativamente mayor en San Mateo con respecto a Santa Cruz, lo que evidencia una mejor adaptación de esta variedad a las condiciones de San Mateo.

Entre las posibles explicaciones a la menor adaptación de la variedad Orejona a Santa Cruz están la mayor T_p , la menor HR, así como el menor contenido de P y MO, y el mayor contenido de Ca y Mg del suelo, en comparación con San Mateo.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Carlos Blanco, Patricia Oreamuno, Wendy Lázaro, Jocelyne Rodríguez y Ana Julia Sánchez en el trabajo de campo; y de Mario Monge en la revisión de la traducción del resumen al idioma inglés. Asimismo, agradecen la cesión de los datos meteorológicos por parte del Instituto Meteorológico Nacional, y el financiamiento recibido por parte de la Universidad de Costa Rica.

Referencias

- Abirami, K., Swain, S., Baskaran, V., Venkatesan, K., Sakthivel, K., & Bommayasamy, N. (2021). Distinguishing three Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) species grown in Andaman and Nicobar Islands of India using morphological, biochemical and molecular traits. *Scientific Reports*, 11, 2894.
- Ángel, A. L., Estrada, C. A., Rebolledo, A., & Zetina, R. (2012). *Pitahayas: patrimonio biocultural para diversificar la agricultura y la alimentación*. Veracruz, México: Campo Experimental Cotaxtla, Centro de Investigación Regional Golfo Centro, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Chagas, K. P., Carvalho, B. L., Guerra, C. A., Silva, R. A., & Vieira, F. A. (2019). Fenología do dendzeiro e correlações com variáveis climáticas. *Ciência Florestal*, 29(4), 1701-1711.
- García, M. E., & Quirós, O. (2010). Análisis del comportamiento de mercado de la pitahaya (*Hylocereus undatus*) en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 23(2), 14-24.
- García-Rubio, L. A., Vargas-Ponce, O., Ramírez-Mireles, F. J., Munguía-Lino, G., Corona-Oceguera, C. A., & Cruz-Hernández, T. (2015). Distribución geográfica de *Hylocereus* (Cactaceae) en México. *Botanical Sciences*, 93(4), 1-19.
- Huachi, L., Yugsi, E., Paredes, M. F., Coronel, D., Verdugo, K., & Coba, P. (2015). Desarrollo de la pitahaya (*Cereus* sp.) en Ecuador. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*, 22(2), 50-58.
- INTA. (2002). *Cultivo de la pitahaya* (Vol. Guía tecnológica 6). Managua, Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria.
- Kishore, K. (2016). Phenological growth stages of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) according to the extended BBCH-scale. *Scientia Horticulturae*, 213, 294-302.
- Le Bellec, F., & Vaillant, F. (2011). Pitahaya (pitaya) (*Hylocereus* spp.). In *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (pp. 247-273). Woodhead Publishing Limited.

Le Bellec, F., Vaillant, F., & Imbert, E. (2006). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a new fruit crop, a market with a future. *Fruits*, 61(4), 237-250.

Lewis, S. (2015). Cultivation of pitahaya (*Hylocereus undatus*) in three soil types of Guyana. *International Journal of Agricultural Research and Review*, 3(2), 177-183.

Marques, V. B., Ramos, J. D., Araújo, N. A., & Moreira, R. A. (2010). Correlação dos fatores ambientais e o período reprodutivo da pitaia (*Hylocereus undatus*) em Lavras-MG. *XXI Congresso Brasileiro de Fruticultura*, (pp. 1-5). Natal, RN, Brasil.

Martínez-Ruiz, E. R., Tijerina-Chávez, L., Becerril-Román, A. E., Rebolledo-Martínez, A., Velasco-Cruz, C., & Ángel-Pérez, A. L. (2017). Fenología y constante térmica de la pitahaya (*Hylocereus undatus* Haw. Britt. & Rose). *Agro Productividad*, 10(9), 3-8.

Mizrahi, Y. (2014). Vine-cacti pitayas - the new crops of the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 124-138.

Nerd, A., Sitrit, Y., Kaushik, R. A., & Mizrahi, Y. (2002). High summer temperatures inhibit flowering in vine pitaya crops (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*, 96(1-4), 343-350.

Nobel, P. S., & De la Barrera, E. (2002). High temperatures and net CO₂ uptake, growth, and stem damage for the hemiepiphytic cactus *Hylocereus undatus*. *Biotropica*, 34(2), 225-231.

Ortiz, T. A., & Takahashi, L. S. (2020). Pitaya fruit quality (*Hylocereus undatus* [Haworth] Britton & Rose) according to physiological maturity. A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 14(1), 63-75.

Ortiz-Hernández, Y. D., & Carrillo-Salazar, J. A. (2012). Pitahaya (*Hylocereus* spp.): a short review. *Comunicata Scientiae*, 3(4), 220-237.

Osuna-Enciso, T., Valdez-Torres, J. B., Sañudo-Barajas, J. A., Muy-Rangel, M. D., Hernández-Verdugo, S., Villarreal-Romero, M., & Osuna-Rodríguez, J. M. (2016). Fenología reproductiva, rendimiento y calidad del fruto de pitahaya (*Hylocereus undatus* (How.) Britton and Rose) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Agrociencia*, 50(1), 61-78.

Silva, A. C., Cavallari, L. L., Sabião, R. R., & Martins, A. B. (2015). Fenologia reproductiva de pitaya vermelha em Jaboticabal, SP. *Ciência Rural*, 45(4), 585-590.

Trivellini, A., Lucchesini, M., Ferrante, A., Massa, D., Orlando, M., Incrocci, L., & Mensuali-Sodi, A. (2020). Pitaya, an attractive alternative crop for Mediterranean region. *Agronomy*, 10, 1065.