

Artículo de investigación

## Influencia de la sacarosa y pH en la aceptación de frutos por *Ateles fusciceps rufiventris*

### Influence of sucrose and pH on fruit acceptance by *Ateles fusciceps rufiventris*

Karol M. Gutiérrez-Pineda<sup>1,2</sup> , Yensy Peralta<sup>2</sup> , Gilberto Becerra<sup>2</sup> , Pedro G. Méndez-Carvajal<sup>1,2\*</sup> 

<sup>1</sup> Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP), Ciudad de Panamá, Panamá, gutierrezpinedakm@gmail.com, yensyperalta21@gmail.com, gilbece082@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad de Panamá, Bella Vista, Manuel E. Batista y Ave. José De Fábrega, Ciudad de Panamá, Panamá, mendez55.pm@gmail.com

\* For correspondence: mendez55.pm@gmail.com

**Recibido:** 28 de junio de 2024. **Revisado:** 11 de septiembre de 2024. **Aceptado:** 13 de marzo de 2025

**Editor Asociado:** Diego Lizcano

**Citation/ citar este artículo como:** Gutiérrez-Pineda, K. M., Peralta, Y., Becerra, G. y Méndez-Carvajal, P. G. (2025). Influencia de la sacarosa y pH en la aceptación de frutos por *Ateles fusciceps rufiventris*. *Acta Biol. Colomb.*, 30(2), 37-44. <https://doi.org/10.15446/abc.v30n2.113193>

#### RESUMEN

La dieta de los monos araña (*Ateles* spp.) está compuesta en un 90 % por frutos maduros. Los monos araña podrían utilizar el sentido del gusto para evaluar las cualidades dulce-ácidas de los frutos que forman parte de su dieta. Nuestro objetivo fue evaluar el efecto de la concentración de sacarosa y niveles de pH en la aceptación de frutos maduros e inmaduros por el mono araña negro del Darién (*A. fusciceps rufiventris*). Realizamos búsquedas de individuos de mono araña de manera directa en el dosel de los árboles y de manera indirecta por vocalizaciones (poste de escucha), en un transecto lineal establecido sobre el sendero principal de la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí. Utilizamos el método Animal Focal (AF) por diez minutos en machos adultos y hembras adultas, para evaluar el uso del sentido del gusto y la aceptación de los frutos. Medimos las concentraciones de sacarosa y los niveles de pH de los frutos inmaduros y maduros evaluados por *A. f. rufiventris*. Los individuos focales evaluaron 1,299 frutos de nueve especies de plantas, utilizaron con mayor frecuencia el gusto en frutos maduros, los cuales aceptaron en mayor proporción. Las concentraciones de sacarosa y niveles de pH en las especies de frutos mostraron un efecto sobre el índice de aceptación por *A. f. rufiventris*. Sugerimos que este primate utiliza las cualidades dulce-ácidas para evaluar la palatabilidad de los frutos y posteriormente aceptarlos/rechazarlos. Este estudio aporta información sobre las relaciones entre las especies vegetales y la especialización dietética de este primate.

**Palabras clave:** Conducta alimenticia, dieta, preferencias gustativas, sentidos, señales.

#### ABSTRACT

The diet of spider monkeys (*Ateles* spp.) consists of 90 % ripe fruits. Spider monkeys could use the sweet-sour qualities of fruit species to evaluate and accept them using their sense of taste. Our objective was to assess the effect of sucrose concentration and pH levels on the acceptance of ripe and unripe fruits by the Darien black spider monkey (*A. fusciceps rufiventris*). We searched for spider monkeys directly in the tree canopy and indirectly through vocalizations (listening post); in a linear transect established on the main trail of the Cerro Chucantí Private Natural Reserve. We used the Focal Animal (FA) method for ten minutes on adult males and females; to evaluate their use of the sense of taste and acceptance of fruits. We measured the sucrose concentration and pH levels of the unripe and ripe fruits evaluated by *A. f. rufiventris*. The FAs evaluated 1,299 fruits from nine plant species. They most frequently used their sense of taste in ripe fruits, which they accepted in a higher proportion. The sucrose and pH levels in the fruit species affected the acceptance rate by *A. f. rufiventris*. We suggest that this primate uses sweet-sour qualities to evaluate the palatability of fruits and subsequently accept or reject them. This study provides information on the relationships between plant species and the dietary specialization of this primate.

**Keywords:** Cues, diet, feeding behavior, senses, taste preferences.

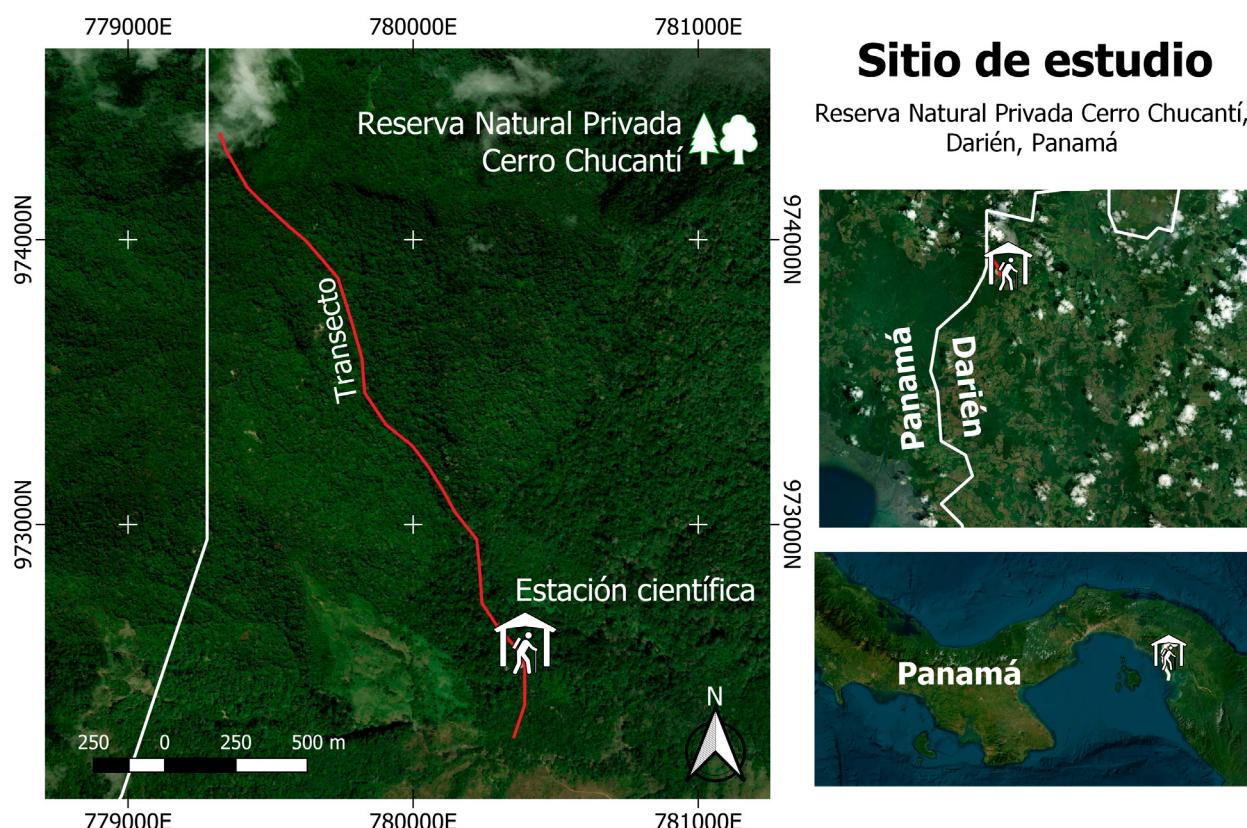


## INTRODUCCIÓN

Los monos araña (*Ateles* spp.) son principalmente frugívoros, y los frutos maduros pueden componer hasta el 90 % de su dieta diaria (Carpenter, 1935; Di Fiore *et al.*, 2008; González-Zamora *et al.*, 2009). Se ha propuesto que la duración de las distancias que viajan diariamente los monos araña está influenciado por la distribución y abundancia del recurso fruto (Wallace, 2005). Ya que este recurso le ofrece recompensa energética a través de los carbohidratos simples (glucosa, fructosa y sacarosa) (Riba-Hernández *et al.*, 2003). Donde, el sentido del gusto desempeña un papel clave porque les permite obtener estas recompensas nutricionales y energéticas (Dominy *et al.*, 2001; Veilleux *et al.*, 2022). Además, se ha asociado a la toma de decisiones en una última evaluación de los alimentos, favoreciendo el proceso de aprendizaje en la conducta alimenticia (Hernández-Salazar *et al.*, 2015; Melin *et al.*, 2022). Por ejemplo, los monos araña *Ateles geoffroyii* (Atelidae: Kuhl, 1820) en Yucatán, México, incrementan el uso del sentido del gusto cuando los frutos están maduros (Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015).

*et al.*, 2015), a diferencia de los monos aulladores *Alouatta palliata* (Atelidae: Gray, 1849) que no varían el uso del sentido del gusto según el estado de madurez de los frutos (Sánchez-Solano *et al.*, 2022). Al comparar a los monos araña (*Ateles geoffroyii*) con los monos aulladores (*A. palliata*) y los monos cariblancos *Cebus imitator* (Cebidae: Thomas, 1903), se encontró que *A. geoffroyii* usa en menor proporción el sentido del gusto (Melin *et al.*, 2022). Sin embargo, en las tres especies de primates se evidenció que el uso del sentido del gusto fue importante para la evaluación y aceptación de los frutos (Melin *et al.*, 2022).

En ecología sensorial, se ha demostrado que el sentido del gusto de los primates ha desarrollado una relación coevolutiva con las plantas (Laska *et al.*, 1996; Veilleux *et al.*, 2022). Por ejemplo, Los frutos varían sus cualidades dulce-ácidas a medida que maduran, normalmente el pH aumenta debido a la conversión de ácidos en azúcares, lo que ofrece una señal honesta de recompensa para los primates (Nevo *et al.*, 2022). Tal como mostró Pablo-Rodríguez *et al* (2015), la sacarosa tuvo un efecto sobre el índice de aceptación de los frutos por parte de los monos araña, quienes aceptaban



**Figura 1.** Área de estudio. Estación científica de Adopta Bosque Panamá en la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí, Darién.

principalmente frutos maduros con mayor contenido de sacarosa. Por otro lado, un estudio realizado con cinco especies de primates (*Hylobates lar*, *Macaca fascicularis*, *Pongo pygmaeus* y *Presbytis thomasi*) demostró que utilizan la cualidad ácida como criterio para aceptar los frutos. En este estudio *H. lar* invirtió más tiempo en el consumo de frutos con valores de pH bajos, mientras que *P. thomasi* visitó con menor frecuencia las zonas con dichos frutos, al igual que *M. fascicularis* (Ungar, 1995).

Es por esto que, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la sacarosa y el pH en la aceptación de frutos maduros e inmaduros por el mono araña negro del Darién *Ateles fusciceps rufiventris* (Atelidae: Sclater, 1872). Establecimos tres hipótesis: la primera es que los monos araña (*A. f. rufiventris*) varían el uso del gusto de acuerdo con el estado de madurez de los frutos. La segunda es que los individuos de *A. f. rufiventris* varían la aceptación de los frutos de acuerdo con el estado de madurez de los frutos. La tercera es que los valores de sacarosa y pH tendrán un efecto sobre los índices de aceptación de los frutos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí (RNPCC) ( $8^{\circ}47' N$ , y  $78^{\circ}27' W$ ). La RNPCC se encuentra ubicada en el corregimiento de Agua Fría, distrito de Chepigana, provincia de Darién, República de Panamá (Fig. 1). La reserva posee el punto más alto de la Serranía del Majé, con una altura máxima de 1.430 m.s.n.m. (Méndez-Carvajal, 2012; Batista *et al.*, 2020; Mijango-Ramos *et al.*, 2020).

La RNPCC presenta un bosque secundario regenerado, bosque húmedo tropical por debajo de 600 m.s.n.m., bosque húmedo premontano (600 a 1.200 m.s.n.m.) y bosque nuboso por encima de 1.200 m.s.n.m. (Batista *et al.*, 2020). La precipitación anual promedio es de 2.255 mm, según la estación meteorológica Barriales del distrito de Chepigana (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2014). La temperatura promedio anual es de  $26,8^{\circ}C$  (rango de  $22^{\circ}C$  a  $31^{\circ}C$ ), según la estación meteorológica de Chimán (Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC], 2015). La RNPCC presenta estación seca desde finales de diciembre hasta mayo, y estación lluviosa desde principios de julio a mediados de diciembre (Méndez-Carvajal, 2012).

## Localización y observación de los individuos

Este estudio se llevó a cabo desde octubre de 2021 a julio de 2022, con observaciones realizadas 10 días por mes, en dos horarios: de 6:30 a 11:30 h y de 13:30 a 18:30 h. Para la localización de los grupos se estableció un transecto lineal sobre el sendero principal de la RNPCC, el cual se caminó a una velocidad promedio de 1 km/h, observando a ambos lados del dosel de los árboles con binoculares (Bushnell ENGAGE X 10X42), en búsqueda de movimientos

de individuos de *A. f. rufiventris* (Govea-Casas *et al.*, 2024). También se realizó detección indirecta de los individuos, utilizando poste de escucha, el cual consiste en escuchar a los individuos vocalizar, luego implementar un Azimuth para establecer la dirección angular y distancia aproximada de los subgrupos más cercanos y posteriormente buscarlos (Méndez-Carvajal, 2012).

Utilizamos el método Animal Focal (AF) para evaluar la frecuencia del uso del sentido gusto y la aceptación de los frutos inmaduros y maduros (Altmann, 1974). Se realizaron 46 observaciones focales de entre cinco a 15 min por AF, con un total de tiempo de observación de 315 min. Sólo se observaron machos adultos y hembras adultas de *A. f. rufiventris* para evitar sesgos en la selección de alimentos asociados a la experiencia de los individuos. Los machos adultos se diferencian de las hembras porque estas presentan un clítoris alargado de color rosado (Campbell y Gibson, 2008).

Se consideró el uso del sentido del gusto cuando el individuo dio pequeños bocados, dio lenguetazos o insertó todo el fruto a la boca. Se consideró aceptación de un fruto cuando el individuo consumió al menos el 75 % del fruto y con esto calculamos el índice de aceptación (número de frutos aceptados entre el total de frutos evaluados por AF) (Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015). Las características de los frutos se identificaron de manera similar a Sánchez-Solano *et al* (2020), tomando en consideración los cambios de tamaño y cambios de color a medida que van madurando.

## Recolecta y análisis de las especies de frutos

Luego de realizar las observaciones conductuales se colectaron entre 10 y 50 g de frutos inmaduros y maduros de los árboles donde los monos araña se alimentaron, con la finalidad de obtener una estimación de los parámetros químicos del alimento que estaban seleccionando. Los frutos inmaduros y maduros fueron colocados por separado en bolsas Ziploc, se les colocó una etiqueta con un código de identificación y fueron llevados a la estación científica de Adopta Bosque Panamá. La colecta de los frutos se realizó, en algunos casos, ascendiendo a los árboles, solo si estos no eran muy altos o de las ramas que los monos araña dejaban caer y que contenían muestras de lo que consumían. Las especies vegetales que conformaron la dieta de *A. f. rufiventris* fueron identificadas por especialistas botánicos del herbario de la Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá.

## Medición de sacarosa y pH de las especies de frutos

Se realizó la medición de la concentración de la sacarosa (%Brix) y de los niveles de pH a los frutos inmaduros y maduros de las diferentes especies vegetales evaluados por el mono araña. Cada una de las mediciones se realizó por triplicado. En cada medición, se procedió a colocar entre uno a cuatro gramos de muestra en un mortero para triturarla, posterior a eso se utilizó un exprimidor de ajo para

separar la pulpa del líquido y a la vez obtener una mayor cantidad de líquido. Para la medición de la concentración de la sacarosa, se colocaron dos gotas del extracto líquido en un refractómetro (Atago®, Automatic Brix 0.0-33.0 %) y se utilizaron diez gotas para medir el nivel de pH con tiras indicadoras (pH 1 al 14) (Ungar, 1995; Sánchez-Solano *et al.*, 2020).

### Análisis de los datos

Utilizamos el Software JMP Pro 14 para realizar todos los análisis estadísticos. Utilizamos la prueba de Wilcoxon para comparar la frecuencia del uso del sentido del gusto entre frutos inmaduros y frutos maduros de las especies donde los AF utilizaron más de una vez este sentido para evaluar los frutos inmaduros y maduros. También utilizamos la prueba de Wilcoxon para comparar los índices de aceptación entre los frutos inmaduros y maduros.

Calculamos el promedio y el error estándar (EE) para los valores de sacarosa y pH de frutos inmaduros y maduros evaluados por los AF. Estos mismos cálculos se realizaron por especie de fruto. Con la prueba de t-Student comparamos los valores de sacarosa entre frutos inmaduros y maduros, de manera independiente a la especie vegetal. Con la prueba de Wilcoxon comparamos los valores de pH entre frutos inmaduros y maduros, independiente de la especie.

Se corrieron dos análisis de correlación de Pearson, uno para Sacarosa e índice de aceptación y el otro, para pH e índice de aceptación. También realizamos dos Modelos Lineales Generalizados (MLG) con distribución normal para ver el efecto de la sacarosa y el pH sobre el índice de aceptación. Los datos fueron ingresados a nivel de AF para cada especie vegetal cuyo fruto inmaduro o fruto maduro

haya sido aceptado. Utilizamos los valores de sacarosa (MLG 1) y pH (MLG 2) de los frutos inmaduros y maduros como variable independiente y la variable dependiente fue el índice de aceptación.

## RESULTADOS

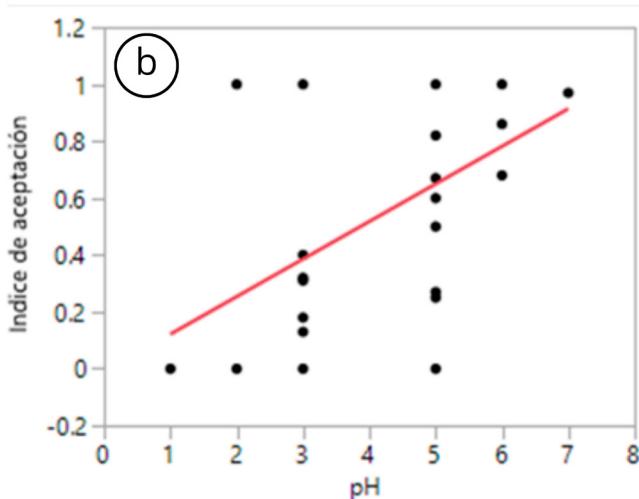
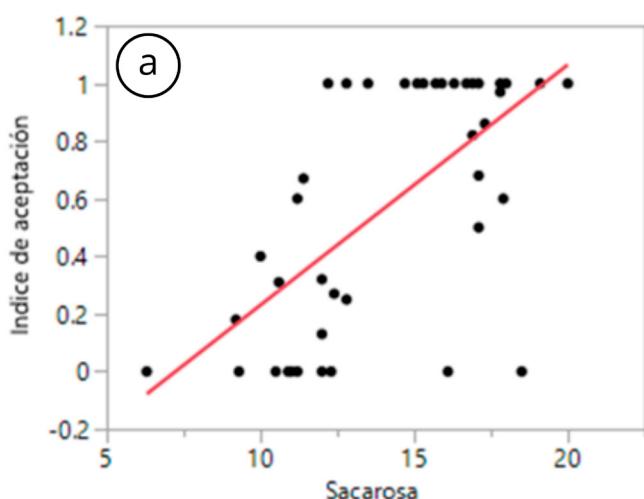
Los individuos focales de mono araña negro del Darién evaluaron un total de 1 299 frutos de nueve especies de plantas. En total, 979 eran frutos maduros, (los individuos focales aceptaron 963 y rechazaron 16) y 320 frutos inmaduros (los individuos focales aceptaron 208 y rechazaron 112). Se encontraron diferencias en el índice de aceptación ( $W = 3.3719, p = 0.0007$ ), donde los monos araña aceptaron principalmente frutos maduros (Tabla 1).

### Frecuencia del uso del sentido del gusto

Observamos que los AF utilizaron más de una vez el gusto para evaluar frutos inmaduros y frutos maduros de las especies *Couepia scottmorii* (Chrysobalanaceae: Prance), *Gustavia dubia* (Lecythidaceae: (Kunth) O.Berg) y *Protium stevensonii* (Burseraceae: (Standl.) Daly) (Tabla 2).

### Contenido de sacarosa y niveles de pH de los frutos evaluados por *Ateles fusciceps rufiventris*

Los valores de sacarosa y pH varían de acuerdo con el estado de madurez y por especie vegetal (Tabla 3). Aunque no se encontraron diferencias en los valores de sacarosa ( $t = 6.303, p = 1.000$ ), los frutos maduros presentan un promedio de  $16.08 \pm 0.59$  EE y los frutos inmaduros tienen un promedio de  $10.77 \pm 0.59$  EE. Mientras que los valores de pH sí difieren de acuerdo con el estado de madurez ( $W$



**Figura 2.** a) Correlación positiva (línea roja) entre concentración de sacarosa de frutas maduras e inmaduras y el índice de aceptación ( $r = 0.6402, p < 0.0001^*$ ), con un efecto de la sacarosa sobre el índice de aceptación de los frutos ( $t = 5.40, p < 0.0001^*, R^2 = 0.409$ ). b) Correlación positiva (línea roja) entre el pH de frutas maduras e inmaduras y el índice de aceptación ( $r = 0.411, p = 0.005^*$ ), con un efecto del pH sobre el índice de aceptación ( $t = 2.92, p = 0.005^*, R^2 = 0.169$ ).

**Tabla 1.** Índice de aceptación de los frutos de acuerdo con el estado de madurez por el mono araña negro del Darién (*Ateles fusciceps rufiventris*), en la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí, Darién, Panamá.

Especie vegetal	n	Índice de aceptación	
		Inmaduros	Maduros
<i>Anacardium excelsum</i>	1	0	1
<i>Chione venosa</i>	6	0.22 (0.06)	0.77 (0.06)
<i>Couepia scottmorii</i>	6	0.54 (0.21)	0.91 (0.08)
<i>Gustavia dubia</i>	2	0.43 (0.16)	0.98 (0.01)
<i>Protium stevensonii</i>	1	0	1
<i>Prunus annularis</i>	2	1 (0)	0 (0)
<i>Socratea exorrhiza</i>	1	0	1
Desconocido 1	1	0.3	0.59
Desconocido 2	3	0 (0)	1 (0)

\*Número de individuos focales (n), los valores entre paréntesis representan el Error Estándar de la media.

= 2.081,  $p = 0.0374$ ), los frutos maduros tienden a tener pH menos ácidos (promedio =  $4.87 \pm 0.28$  EE), que los inmaduros (promedio =  $4.00 \pm 0.28$  EE).

Se encontró una correlación positiva entre el contenido de sacarosa con el índice de aceptación de los frutos ( $r = 0.6402$ ,  $p < 0.0001^*$ ) (Fig. 2a) y se encontró que la sacarosa tiene un efecto sobre el índice de aceptación de los frutos ( $t = 5.40$ ,  $p = <0.0001^*$ ,  $R^2 = 0.4099$ ). A nivel de pH, también se encontró correlación positiva ( $r = 0.4112$ ,  $p = 0.0055^*$ ) (Fig. 2b), donde el pH tiene un efecto sobre el índice de aceptación ( $t = 2.92$ ,  $p = 0.0055^*$ ,  $R^2 = 0.1691$ ).

## DISCUSIÓN

El uso del sentido del gusto ha sido considerado importante durante las evaluaciones del alimento en primates (Hernández-Salazar *et al.*, 2015). Estudios previos han demostrado que los monos araña dependen del uso del sentido del gusto para seleccionar su alimento (Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015). Nuestros resultados sugieren que la primera hipótesis se cumple, ya que *A. f. rufiventris* varía el uso del sentido del gusto de acuerdo con el estado de madurez del fruto, ya que utilizan con mayor frecuencia el

gusto para evaluar frutos maduros de diferentes especies. Esto se ha reportado anteriormente para el mono araña (*Ateles geoffroyii*) en Costa Rica, donde se observó un mayor uso del gusto para evaluar los frutos maduros (Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015). También se ha reportado que los monos aulladores (*Alouatta palliata*) utilizan con mayor frecuencia el sentido del gusto para evaluar frutos maduros; sin embargo, no se ha encontrado una diferencia en el uso del sentido del gusto según el estado de madurez de los frutos (Sánchez-Solano *et al.*, 2022).

Los individuos focales de *A. f. rufiventris* variaron el uso del sentido del gusto según la especie de fruto. En algunos casos, evaluaron y aceptaron las especies de frutos tras una única evaluación con el sentido del gusto. Sin embargo, en otras especies (*Couepia scottmorii* y *Gustavia dubia*) utilizaron el gusto más de una vez para evaluar y aceptar los frutos, con una mayor frecuencia de uso en los frutos maduros. Consideramos que las variaciones en el tamaño de las especies de frutos pueden influir en el uso del sentido del gusto, ya que los frutos más pequeños tienden a ser evaluados una sola vez, mientras que los de mayor tamaño suelen ser evaluados varias veces, ya que se observa a los monos araña agarrar los frutos de mayor tamaño de manera directa y poder tener una mayor destreza al momento de evaluarlos.

En estudios previos, se ha demostrado que los monos araña tienden a llevarse directamente a la boca los frutos que son pequeños que se encuentran en racimos, ya que tienen poca destreza manual (Melin *et al.*, 2022). Esto demuestra que los monos araña, a pesar de que son especies principalmente frugívoras, tienen menor dependencia del uso del gusto en comparación con otras especies de primates, como los monos cariblanos (*Cebus*) y el mono aullador (*A. palliata*). Este estudio, al igual que otros, sugiere que la evaluación del recurso alimenticio es multimodal, en el que los primates utilizan las señales específicas de cada especie de fruto, lo cual dependerá de las capacidades y morfología sensorial de las especies de primates (Veilleux *et al.*, 2022). Los monos araña pueden estar utilizando otras características propias de la especie del fruto para detectarlo y evaluarlo de manera más efectiva. Se ha propuesto que pueden utilizar cambios en el olor de los frutos a medida que van madurando, así como de color o brillo (Riba-Hernández *et al.*, 2003; Hiramatsu *et al.*, 2009). Por ejemplo, el fruto *Chione venosa* cambia notablemente de color a medida que

**Tabla 2.** Frecuencia de uso del gusto en los frutos de acuerdo con el estado de madurez por el mono araña negro del Darién (*Ateles fusciceps rufiventris*), en la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí, Darién, Panamá.

Especie vegetal	Frecuencia de uso del gusto		
	FI	FM	Prueba de Wilcoxon
<i>Couepia scottmorii</i>	1.99 (0.10)	5.51 (0.04)	$W = 15.150$ , $p < 0.0001^*$
<i>Gustavia dubia</i>	2.42 (0.23)	4.73 (0.14)	$W = -5.896$ , $p < 0.0001^*$
<i>Protium stevensonii</i>	0	3.06 (0.15)	

\*Número de individuos focales (n), los valores entre paréntesis representan el Error Estándar de la media.

**Tabla 3.** Valores de sacarosa y pH de frutos inmaduros y maduros evaluados por el mono araña negro del Darién (*Ateles fusciceps rufiventris*), en la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí, Darién, Panamá.

Especie vegetal	Sacarosa		pH	
	Inmaduro	Maduro	Inmaduro	Maduro
<i>Anacardium excelsum</i>	11.36 (0.32)	16.56 (0.35)	4 (0)	5.33 (0.33)
<i>Chione venosa</i>	11 (0.57)	17.66 (0.18)	3 (0)	5.66 (0.33)
<i>Couepia scottmorii</i>	12.76 (0.43)	15.7 (0.34)	5 (0)	5 (0)
<i>Gustavia dubia</i>	12.33 (0.63)	19.26 (0.73)	5.33 (0.33)	6.67 (0.33)
<i>Protium stevensonii</i>	6.63 (0.17)	11.8 (0.30)	5 (0)	5 (0)
<i>Prunus annularis</i>	14.66 (0.37)	17.33 (0.69)	3 (0)	3 (0)
<i>Socratea exorrhiza</i>	10.33 (0.55)	18 (0.63)	5.66 (0.33)	6 (0)
AP61	7.1 (2.05)	12.33 (2.45)	2 (0.57)	2.33 (0.33)

\*Leyenda: Los valores entre paréntesis representan el Error Estándar de la Media. No se encontraron diferencias entre los valores de sacarosa de las diferentes especies de frutos ( $t = 6.303, p = 1.000$ ). Sí se encontraron diferencias entre los valores pH de acuerdo con el estado de madurez de las diferentes especies de frutos ( $W = 2.081, p = 0.0374$ ).

va madurando, esto podría facilitar a las hembras con visión tricromática poder seleccionar los frutos maduros, evaluarlos directamente con el gusto y luego aceptarlos o rechazarlos. Es por esto que recomendamos estudiar el uso de otros sentidos al momento de evaluar y aceptar o rechazar el recurso fruto, así como evaluar las frecuencias del uso de estos sentidos.

Nuestra segunda hipótesis también se cumplió, ya que *A. f. rufiventris* varió la aceptación de los frutos de acuerdo con su estado de madurez, donde aceptaron principalmente frutos maduros. Estos datos concuerdan con lo dicho para las especies del género *Ateles*, los cuales aceptan en mayor proporción frutos maduros (Carpenter, 1935; Di Fiore *et al.*, 2008; González-Zamora *et al.*, 2009). Por otro lado, las cualidades dulce-ácidas dadas por los carbohidratos y los iones  $[H^+]$  han sido consideradas como señales honestas para los monos araña y otras especies de primates (Ungar, 1995; Dominy *et al.*, 2001; Veilleux *et al.*, 2022). Los resultados obtenidos en este estudio muestran que la sacarosa y el pH tienen un efecto en los índices de aceptación, con una correlación positiva, donde los primates aumentan la aceptación a medida que aumenta la concentración de sacarosa y el pH se vuelve menos ácido. Estos datos muestran que nuestra tercera hipótesis se cumple. Este patrón coincide con lo reportado anteriormente, por ejemplo, los chimpancés (*Pan troglodytes*) (Hominidae: Blumenbach, 1799), prefieren frutos con mayor contenido de sacarosa (Reynolds *et al.*, 1998). También se reportó para monos araña (*A. geoffroyi*) que la sacarosa tiene un efecto en los índices de aceptación, los monos tienden a aumentar los índices de aceptación en los frutos maduros con respecto a los inmaduros, ya que tienen mayor contenido de sacarosa (Pablo-Rodríguez *et al.*, 2015). En cuanto al pH, se ha reportado que *Presbytis thomasi* (Cercopithecidae: Collett, 1892) y *Macaca fascicularis* (Cercopithecidae: Raffles, 1821) consumen más frecuentemente frutos con pH menos ácidos (Ungar, 1995).

Sin embargo, es importante mencionar que las variaciones en las concentraciones de sacarosa y niveles de pH dependen propiamente de las especies vegetales, de ahí las diferencias en la selección de la dieta (Dominy *et al.*, 2001). Por esta razón, desde una perspectiva de ecología sensorial, se ha propuesto que la conducta del uso de los sentidos podría variar, de acuerdo con las señales propias de los alimentos, la morfología, genética sensorial de los primates, tipo de hábitat y dieta (Veilleux *et al.*, 2022). Este trabajo aporta información relevante sobre el uso del sentido del gusto por parte del mono araña negro del Darién (*A. f. rufiventris*), así como el uso de las señales dulce-ácidas para aceptar los frutos. Estos resultados muestran que *A. f. rufiventris* está respondiendo de manera similar a lo reportado anteriormente para otras especies de mono araña (*A. geoffroyi*), sin embargo, recomendamos realizar pruebas para evaluar la sensibilidad gustativa de *A. f. rufiventris* y compararla con otras especies de primates, incluyendo otras especies de *Ateles spp.*

## CONCLUSIONES

Los individuos de *Ateles fusciceps rufiventris* utilizaron con mayor frecuencia el sentido del gusto en frutos maduros, los cuales aceptaron en mayor proporción. Consideramos que estas tendencias preferenciales están relacionadas con las necesidades fisiológicas de obtener mayores recompensas energéticas para realizar sus actividades diarias.

Sugerimos que la poca destreza manual de *A. f. rufiventris* hace que opten por llevarse los frutos pequeños directamente a la boca, utilizando una sola vez el gusto para evaluarlos y posteriormente aceptarlos o rechazarlos.

Encontramos que los valores de sacarosa y pH de las especies de frutos tienen un efecto sobre los índices de aceptación, los cuales aumentan a medida que aumentan los niveles de sacarosa y disminuyen la acidez de los frutos. Proponemos que *A. f. rufiventris* utiliza las señales dulce-

ácidas para evaluar y aceptar las especies de frutos que conforman su dieta.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

K.M.G.P.: Conceptualización, Metodología, Investigación (trabajo en campo), Redacción - borrador original, Investigación, Validación, Redacción - revisión y edición; Y.P.: Investigación (trabajo en campo) y redacción; G.B.: Validación, Redacción - revisión y edición; P.G.M.C.: Conceptualización, Metodología, Investigación (trabajo en campo), Redacción, Investigación, Validación, Redacción - revisión y edición

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP) por el financiamiento de la logística y equipos para llevar a cabo el proyecto. También agradecemos a la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado de la Universidad de Panamá por la beca otorgada (CUFI-2021-EG-CNET-004) mediante la convocatoria de Fondos de Investigación (CUFI 2021). Queremos agradecer el apoyo en logística a Asociación ADOPTA Bosque Panamá y por facilitar el acceso a la Reserva Natural Privada Cerro Chucantí. Agradecemos al sr. Arcelio Castillo por todo el apoyo durante las giras de campo. Finalmente agradecer a todo el personal del Herbario de la Universidad de Panamá por el apoyo en la identificación de las especies de frutos.

## REFERENCIAS

- Altmann, J. (1974). Observational study of behavior: sampling methods. *Behaviour*, 49(3-4), 227-266. <https://doi.org/10.1163/156853974X00534>
- Batista, A., Mebert, K., Miranda, M., Garces, O., Fuentes, R. and Ponce, M. (2020). Endemism on a threatened sky island: new and rare species of herpetofauna from Cerro Chucantí, Eastern Panama. *Amphibian & Reptile Conservation*, 14(2), 27-46. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11405718>
- Campbell, C. J. and Gibson, K. N. (2008). Spider monkey reproduction and sexual behavior. In: C. J. Campbell (Ed.), *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles*. (pp. 266-287) Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721915.010>
- Carpenter, C. R. (1935). Behavior of red spider monkeys in Panama. *Journal of Mammalogy*, 16(3), 171-180. <https://doi.org/10.2307/1374442>
- Di Fiore, A. Link, A. and Dew, J. L. (2008). Diets of wild spider monkeys. In: C.J. Campbell (Ed.), *Spider monkeys: Behavior, ecology and evolution of the genus Ateles*. (pp. 81-137) Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511721915.004>
- Dominy, N. J., Lucas, P. W., Osorio, D. and Yamashita, N. (2001). The sensory ecology of primate food perception. *Evolutionary Anthropology*, 10(5), 171-186. <https://doi.org/10.1002/evan.1031>
- González-Zamora, A., Arroyo-Rodríguez, V., Chaves, Ó. M., Sánchez-López, S., Stoner, K. E. and Riba-Hernández, P. (2009). Diet of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) in Mesoamerica: current knowledge and future directions. *American Journal of Primatology*, 71(1), 8-20. <https://doi.org/10.1002/ajp.20625>
- Govea-Casas, E. G., Gutiérrez-Pineda, K. M., Ortega-Henríquez, M. F., Ramírez-Baker, L. A., De La Cruz, A. y Méndez-Carvajal, P. G. (2024). Riqueza y prevalencia de parásitos gastrointestinales presentes en dos subespecies de mono aullador en Panamá (*Alouatta*: Lacépède, 1799) en Panamá. *Tecnociencia*, 26(1), 7-21. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v26n1.a4646>
- Hernández-Salazar, L. T. H., Dominy, N. J. and Laska, M. (2015). The Sensory Systems of *Alouatta*: Evolution with an Eye to Ecology. In: Kowalewski, M., Garber, P., Cortés-Ortíz, L., Urbani, B., Youlatos, D. (Eds.), *Howler Monkeys. Developments in Primatology: Progress and Prospects*. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4\\_12](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1957-4_12)
- Hiramatsu, C., Melin, A. D., Aureli, F., Schaffner, C. M., Vorobyev, M. and Kawamura, S. (2009). Interplay of olfaction and vision in fruit foraging of spider monkeys. *Animal Behaviour*, 77(6), 1421-1426. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.02.012>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2014). *Promedio de temperatura registrada en algunas estaciones meteorológicas de la república, por mes, según provincia, estación y temperatura*. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=1196&ID\\_CATEGORIA=17&ID\\_SUBCATEGORIA=45](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1196&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45)
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (2015). *Promedio de temperatura registrada en algunas estaciones meteorológicas de la república, por mes, según provincia, estación y temperatura*. [https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID\\_PUBLICACION=1196&ID\\_CATEGORIA=17&ID\\_SUBCATEGORIA=45](https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=1196&ID_CATEGORIA=17&ID_SUBCATEGORIA=45)
- Laska, M., Sanchez, E. C., Rivera, J. A. R. and Luna, E. R. (1996). Gustatory thresholds for food-associated sugars in the spider monkey (*Ateles geoffroyi*). *American Journal of Primatology*, 39(3), 189-193. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2345\(1996\)39:3%3C189::AID-AJP4%3E3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2345(1996)39:3%3C189::AID-AJP4%3E3.0.CO;2-V)
- Melin, A. D., Veilleux, C. C., Janiak, M. C., Hiramatsu, C., Sánchez-Solano, K. G., Lundeen, I. K., Webb, S. E., Williamson, R. E., Mah, M. A., Murillo-Chacon, E., Schaffner, C. M., Hernández-Salazar, L., Filippo Aureli, F. and Kawamura, S. (2022). Anatomy and dietary specialization influence sensory behaviour among sympatric primates. *Proceedings of the Royal Society B*, 289(1981), 20220847. <https://doi.org/10.1098/rspb.2022.0847>

- Méndez-Carvajal, P. G. (2012). Censo Preliminar de Primates en la Reserva Natural Chucantí, Provincia de Darién, República de Panamá. *Mesoamericana*, 16(3), 22-29.
- Mijango-Ramos, Z., de Staf, M. S., Vergara, C. and Mendieta, J. (2020). Diversidad de Árboles y Arbustos en la Reserva Privada Cerro Chucantí En Darién, Panamá. *Tecnociencia*, 22(1):17-36. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v22n1a2>
- Nevo, O., Valenta, K., Helman, A., Ganzhorn, J. U. and Ayasse, M. (2022). Fruit scent as an honest signal for fruit quality. *BMC Ecology and Evolution*, 22(1), 139. <https://doi.org/10.1186/s12862-022-02064-z>
- Pablo-Rodríguez, M., Hernández-Salazar, L. T., Aureli, F. and Schaffner, C. M. (2015). The role of sucrose and sensory systems in fruit selection and consumption of *Ateles geoffroyi* in Yucatan, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 31(3), 213-219. <https://doi.org/10.1017/S0266467415000085>
- Riba-Hernández, P., Stoner, K. E. and Lucas, P. W. (2003). The sugar composition of fruits in the diet of spider monkeys (*Ateles geoffroyi*) in tropical humid forest in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 19(6), 709-716. <https://doi.org/10.1017/S0266467403006102>
- Reynolds, V., Plumptre, A. J., Greenham, J. and Harborne, J. (1998). Condensed tannins and sugars in the diet of chimpanzees (*Pan troglodytes schweinfurthii*) in the Budongo Forest, Uganda. *Oecologia*, 115, 331-336. <https://doi.org/10.1007/s004420050524>
- Sánchez-Solano, K. G., Morales-Mávil, J. É., Laska, M., Melin, A. and Hernández-Salazar, L. T. (2020). Visual detection and fruit selection by the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*). *American Journal of Primatology*, 82(10), e23186. <https://doi.org/10.1002/ajp.23186>
- Sánchez-Solano, K. G., Reynoso-Cruz, J. E., Guevara, R., Morales-Mávil, J. E., Laska, M., and Hernandez-Salazar, L. T. (2022). Non-visual senses in fruit selection by the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*). *Primates*, 63(3), 293-303. <https://doi.org/10.1007/s10329-022-00984-4>
- Ungar, P. S. (1995). Fruit preferences of four sympatric primate species at Ketambe, Northern Sumatra, Indonesia. *International Journal of Primatology*, 16, 221-245. <https://doi.org/10.1007/BF02735479>
- Veilleux, C. C., Dominy, N. J. and Melin, A. D. (2022). The sensory ecology of primate food perception, revisited. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*, 31(6), 281-301. <https://doi.org/10.1002/evan.21967>
- Wallace, R. B. (2005). Seasonal variations in diet and foraging behavior of *Ateles chamek* in a southern Amazonian tropical forest. *International Journal of Primatology*, 26, 1053-1075. <https://doi.org/10.1007/s10764-005-6458-4>