

**PISTAS DULCES-ÁCIDAS EN LA DIETA DEL MONO
AULLADOR (*ALOUATTA PALLIATA AEQUATORIALIS*) DEL
PARQUE NACIONAL SOBERANÍA, PANAMÁ**

**SWEET-ACID TRACKS IN THE DIET OF THE HOWLER MONKEY
(*ALOUATTA PALLIATA AEQUATORIALIS*) OF SOBERANIA
NATIONAL PARK, PANAMA**

Jeami Newbold

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP). Panamá
jeaminewbold@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0006-7866-6939>

Adyani Arias

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP) Panamá
Autor de correspondencia: ady.arias14@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0009-5692-9998>

Pedro G. Méndez-Carvajal

Universidad de Panamá
Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP), Panamá
mendez55.pm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-1306-5869>

Karol M. Gutiérrez-Pineda

Grupo de Investigación de Primatología (GIP-UP) Panamá
Autor de correspondencia: gutierrezpinedakm@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-9129-7716>

Recepción
26/02/2024

Aprobación
31/05/2024

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v34n2.a5332>

Resumen.

Algunas especies de primates utilizan las cualidades dulce-acidas para determinar la presencia de carbohidratos y evitar compuestos que impidan la ingesta adecuada de nutrientes. Nuestro objetivo fue evaluar los efectos de la sacarosa y pH en la aceptación de las partes vegetales (PV) por *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. Localizamos a los individuos por medio de búsqueda directa e indirecta por rastro. Realizamos 76 animales focales (AF) para evaluar la frecuencia de aceptación de las PV (hojas, frutos, peciolas y estípulas), las cuales fueron colectadas posteriormente para ser identificadas. También colectamos las PV evaluadas (aceptadas/rechazadas) para medir la sacarosa mediante un refractómetro y el pH con tiras reactivas. Obtuvimos que los AF se alimentaron principalmente de frutos (36.4%), hojas (33.9%) y peciolas (29.7%) de 10 especies vegetales. Las PV consumidas presentaron un porcentaje de sacarosa (Brix%) entre 4.3 a 14.3 (\bar{x} 9.1 \pm SD3.2), con diferencia entre ellas (F:10.1668, gl:2, p:0.0003). El pH presentó un rango de 4 a 7 (\bar{x} :5.5 \pm SD:0.9), con diferencias entre las PV (Chi²:10.77, gl:2, p:0.0046). No hubo dependencia en la frecuencia de aceptación de las PV con respecto a la sacarosa (p:0.07191) y el pH (p:0.3621). Esto apoya a que los monos aulladores pueden utilizar estas cualidades como un indicativo, pero sin un efecto en la aceptación. Para completar esta investigación, proponemos que se evalúen las cualidades astringentes y amargas para determinar su efecto en la aceptación.

Palabras Clave: Conducta alimentaria, partes vegetales, pH, recompensa energética, sacarosa.

Abstract

Some primate species use sweet-sour qualities to determine the presence of carbohydrates and avoid compounds that prevent adequate nutrient intake. Our objective was to evaluate the effects of sucrose and pH on the acceptance of plant parts (PV) by *Alouatta palliata aequatorialis* in Soberanía National Park. We located individuals through direct and indirect trail search. We conducted 76 focal animals (AF) to evaluate the frequency of acceptance of the PVs (leaves, fruits, petioles and stipules), which were subsequently collected to be identified. We also collected the evaluated PVs (accepted/rejected) to measure sucrose using a refractometer and pH with test strips. We obtained that AF fed mainly on fruits (36.4%), leaves (33.9%) and petioles (29.7%) of 10 plant species. The consumed PV presented a percentage of sucrose (Brix%) between 4.3 to 14.3 (\bar{x} 9.1 \pm SD3.2), with a difference between them (F:10.1668, df:2, p:0.0003). The pH presented a range of 4 to 7 (\bar{x} :5.5 \pm SD:0.9), with differences between the PVs (Chi²:10.77, gl:2, p:0.0046). There was no dependence in the frequency of acceptance of PV with respect to sucrose (p:0.07191) and pH (p:0.3621). This supports that howler monkeys may use these qualities as an indication, but without any effect on acceptance. To complete this research, we propose that astringent and bitter qualities be evaluated to determine their effect on acceptance.

Keywords: Feeding behavior, plant parts, pH, energy reward, sucrose.

Introducción

Los monos aulladores (*Alouatta* sp.) son folívoros-frugívoros y diariamente buscan mantener el balance energético (tasa metabólica de campo promedio de $355 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) consumiendo diferentes proporciones de diferentes partes de especies vegetales (frutas, hojas, peciolo y estípulas) (Nagy y Milton, 1979; Milton, 1999; Felton et al., 2009). Cuando este balance energético no es adecuado, el metabolismo de los individuos utiliza la grasa almacenada y los aminoácidos para compensar (Milton, 1990). Esto causa una deficiencia en las concentraciones de aminoácidos necesarios para sintetizar las proteínas, disminuyendo su presencia en el hígado y afectando la resistencia del organismo a efectos de compuestos tóxicos (Milton, 1990).

Los carbohidratos son macronutrientes esenciales en la dieta de las especies del género *Alouatta* para obtener un balance energético adecuado (Fernández, 2014). Dentro de ellos, están los carbohidratos no estructurales (CNE) que se dividen en monosacáridos (glucosa y fructosa) y disacáridos (sacarosa) (Milton, 1999; Hladik, 1967; García y Pérez-Urria, 2009). Estos CNE se absorben y digieren rápidamente, ofreciendo 4 kcal/g al metabolismo de los individuos (Fernández, 2014). Esto ha promovido el desarrollo de estrategias eficientes para la búsqueda, detección y evaluación de las características organolépticas de las diferentes partes vegetales que conforman su dieta (Dominy, 2004). Considerando la evaluación gustativa como clave en la decisión de último minuto, aceptación de las partes vegetales (Dominy, 2004).

Se ha encontrado que diversas especies de primates no humanos utilizan la percepción gustativa para evaluar el contenido nutricional o la toxicidad potencial de un alimento (Hladik et al., 2002; Hladik et al., 2004) Pueden determinar la madurez y palatabilidad a través de las sensaciones dulces/ácidas de las diferentes partes

vegetales (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004). Estos estudios muestran que los umbrales gustativos y de aceptación a azúcares por parte de los primates han coevolucionado con las plantas que producen frutas con pulpa dulce, asegurando la dispersión de sus semillas (Hladik, 1993; Dominy, 2004).

Un estudio realizado con monos araña frugívoros (*Ateles geoffroyi*) y babuinos omnívoros (*Papio hamadryas anubis*) tuvo como objetivo conocer los umbrales de diferencia de sabor para sacarosa, por medio de diferencias apenas perceptibles (JND) (Laska et.al.,1999). Encontrando que los JND eran similares entre ambas especies e igual de bajos como en los humanos, concluyendo que tanto el mono araña como los babuinos pueden usar la dulzura como criterio para la selección de alimentos, con una correlación entre la capacidad de discriminar diferentes concentraciones de sacarosa y los hábitos dietéticos de estas especies (Laska et.al.,1999).

Otro estudio realizado con monos aulladores (*Alouatta palliata*) estimaron las concentraciones de sacarosa en los frutos que consumieron, donde encontraron que el contenido de sacarosa fue más alto en las frutas maduras seleccionadas por los monos aulladores que en las frutas inmaduras (Sánchez-Solano et.al., 2022).

En Panamá, Nagy y Milton (1979) realizaron estudios con el mono aullador (*A. p. aequatorialis*) en Isla Barro Colorado, con el objetivo de estimar el metabolismo energético y consumo de alimentos. Los investigadores, estimaron que los monos aulladores obtienen la mayor parte de sus calorías de los carbohidratos (65%) y las grasas (18 %). En Monkey River al sur de Belice, Behie et.al (2010) investigaron la variación de los niveles de cortisol en el mono aullador negro (*Alouatta pigra*), encontrando que cuando la disponibilidad de fruta era baja, el cortisol aumentaba, probablemente porque la disponibilidad de fruta ofrece una fuente segura de carbohidratos. Por lo tanto, para entender la ecología alimentaria

de los monos aulladores, no solo se debe conocer la variabilidad de las especies y las partes vegetales consumidas, también se debe conocer los valores de sacarosa y pH (ácido/básico) de las partes vegetales, ya que es la forma en que los monos aulladores pueden evaluar rápidamente el contenido nutricional o la potencial toxicidad de su alimento, por las sensaciones dulce-acidas que perciben (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004).

En esta investigación se propone al mono aullador (*A. palliata aequatorialis*) como nuestro sujeto de estudio, donde el objetivo fue evaluar los efectos de la sacarosa y pH en la aceptación de las partes vegetales (PV) por *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. Hipotetizamos que, la frecuencia de aceptación de las partes vegetales va a depender de la concentración de sacarosa y el pH. Por lo que, la concentración de sacarosa y el pH va a diferir por parte vegetal. Este trabajo nos ayudará a entender más sobre la ecología alimentaria del mono aullador en Panamá.

Materiales y Métodos

Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá (9°7'12.52"N, 79°42'22.70"W) (Figura 1). Esta área presenta una gran biodiversidad, posee un bosque mixto heterogéneo, con especies de árboles que llegan a alcanzar 40 o más metros de altura y con diámetros alrededor de 2 metros a la altura del pecho (ANAM, 1999; Félix, 2000). Posee una extensión territorial de 24.92 km². De acuerdo con el sistema de clasificación Holdridge, es un Bosque Húmedo Tropical (Carrión et al., 2013). La precipitación media anual es de 1,917.3 mm y una humedad relativa promedio anual de 75.7 %.

en las observaciones de cicatrices faciales y manchas en las patas, manos, cola y testículos de algunos individuos del grupo con binoculares (Bushnell Engage X 10x42).

Observación de la conducta de alimentación

Las observaciones fueron realizadas durante cuatro días por mes, de mayo a junio del 2022. Para evaluar la frecuencia de aceptación de las partes vegetales se realizaron 76 animales focales (AF), con un tiempo total de 293.7 minutos, promedio de $4.02 \pm SD 2.18$ (rango 1 a 8) min/ind. Se consideró aceptación cuando el AF consumió más del 75% de la parte vegetal. Estos AF fueron escogidos de manera aleatoria o por ser el más próximo al observador (Altman, 1974). Para evitar sesgos en la selección de alimentos asociados a la experiencia del individuo, sólo se tomó datos de machos adultos, hembras adultas y subadultos de la subespecie *A. p. aequatorialis*. Los machos adultos a comparación de las hembras son de mayor tamaño, presentan barba más larga, mentón más prominente y el escroto completamente colgante y blanco, en cambio las hembras desarrollan sus glándulas mamarias y la vulva es visible de color rosado (Glander, 1992; Glander, 1980). En el caso de los subadultos que no presentan los órganos sexuales visibles, se tomó en cuenta que estén totalmente independientes de la madre (Balcells y Baro, 2009). El proyecto de investigación se apega a los criterios de ética y bioseguridad establecidos por el Ministerio de Ambiente de Panamá. Está bajo el permiso de colecta de datos emitido por el Departamento de Biodiversidad y Vida Silvestre, Áreas Protegidas y Vida Silvestre del Ministerio de Ambiente de Panamá número ARB-0028-2021.

Colecta, medición de pH y sacarosa

Las plantas consumidas por los AF fueron colectadas y etiquetadas, luego fueron fotografiadas y enviadas a especialistas botánicos para su identificación (Hostettmann et.al., 2008). Luego se colectaron las partes vegetales que fueron aceptadas por los AF, de igual manera se colectaron su contraparte no consumida

y a ambas se le realizaron las mediciones de sacarosa (%Brix) y pH. Para esto se obtuvieron extractos por medio de maceración con un molinillo eléctrico (Bodum modelo 11160-294US-3) y luego se utilizó un exprimidor de ajo para extraer el líquido de las partes vegetales. Para la medición de la sacarosa se utilizó un refractómetro de 0-53% Brix (modelo PAL Digital Hand-held "Pocket" marca ATAGO) (Pablo-Rodríguez et.al., 2005; Sánchez-Solano et.al., 2022). Se colocó una gota del extracto de la parte vegetal en el prisma del refractómetro, cuando las muestras eran aceitosas o presentaban sólidos en suspensión se agitaba en el prisma mientras se realizaba la medición. Estas mediciones se realizaron por triplicado. Para las mediciones del pH se utilizaron tiras reactivas de prueba universal (marca OF), con escala de 0-14. Las tiras de pH estuvieron en contacto por 10 segundos con el líquido extraído de las diferentes partes vegetales y de igual manera se realizaron tres réplicas (Vindell-Blandón y Ochoa-Aguirre, 2015).

Análisis de Datos

Se utilizó el programa Excel para ordenar la base de datos y el Software JMP® Pro-versión 14.0.0 para realizar los análisis estadísticos no inferenciales e inferenciales de los datos. Se estimó el porcentaje de la frecuencia de aceptación de las partes vegetales y de las especies vegetales. Se realizaron las medidas de tendencia central y dispersión (promedio, media, desviación estándar y rangos) de los %Brix (sacarosa) y pH de las partes vegetales que consumían los AF.

Se realizó una comparación en la frecuencia de consumo de las diferentes partes vegetales por animal focal, por lo que, se procedió a verificar la normalidad de los datos con la prueba W de Shapiro-Wilk, ($W: 0.7070$, $p: <.0001$) y la homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene ($F:19.7570$, $gl: 2$, $p:0001$). Al no cumplir con estos supuestos se realizó la prueba Kruskal Wallis y la prueba de Wilcoxon para todas las comparaciones individuales posibles. De igual manera, se compararon los %Brix (sacarosa) y pH de las partes vegetales (fruto, hoja y peciolo) de las diferentes especies vegetales. Los valores de %Brix presentaron una distribución normal ($W: 0.9496$, $p: 0.0797$) e igualdad de las varianzas ($F: 2.9208$,

gl: 2, p: 0.0668), se realizó ANOVA de un factor y luego la prueba de t-Student para todas las comparaciones posibles. El pH no presentó normalidad de los datos (W: 0.8883, p:0.0010) y varianzas iguales (F: 2.2605, gl:2, p: 0.1189), se realizó la prueba de Kruskal Wallis y la prueba de Wilcoxon para todas las comparaciones individuales posibles.

Se compararon los valores obtenidos de %Brix y pH de las partes vegetales consumidas por los AF con su contraparte no consumida. Se procedió a comprobar los supuestos de los datos: distribución normal (W de Shapiro-Wilk) (Tabla 1).

Para evaluar la dependencia entre la aceptación y las mediciones de sacarosa y pH se realizaron dos modelos de regresión lineales simples, los cuales no cumplieron con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, por lo que se procedió a realizar un ajuste logarítmico de los datos y se volvió a realizar los modelos de regresión lineal.

Tabla 1.

Verificación del supuesto de normalidad para la comparación de los valores de %Brix y pH de las partes vegetales consumidas por los AF con su contraparte no consumida.

Especie vegetal	Variable	Prueba de normalidad	Estadístico aplicado
<i>Castilla elastica</i> (fruto semimaduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8483, p: 0.1526	t-Student
	pH	W: 0.8662, p: 0.2117	t-Student
<i>Ficus insipida</i> (fruto maduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8279, p: 0.0423	U de Mann-Whitney
	pH	W: 0.8379, p: 0.0548	t-Student
<i>Ficus insipida</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.8080, p: 0.0693	t-Student
	pH	W: 0.4961, p: 0.0001	U de Mann-Whitney
<i>Henriettea fascicularis</i> (fruto maduro vs fruto verde)	%Brix	W: 0.8295, p: 0.1065	t-Student
	pH	W: 0.6399, p: 0.0014	U de Mann-Whitney
<i>Poulsenia armata</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.7294, p: 0.0124	U de Mann-Whitney
	pH	W: 0.6399, p: 0.0014	U de Mann-Whitney
<i>Samanea saman</i> (hoja nueva vs hoja madura)	%Brix	W: 0.8980, p: 0.3625	t-Student
	pH	W: 0.6827, p: 0.0040	U de Mann-Whitney

Resultados

Los monos aulladores (*A. palliata aequatorialis*) del Camino del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía se alimentaron principalmente de fruto (36.4%), hojas (33.9%) y peciolo (29.7%) de 10 especies vegetales pertenecientes a siete familias (Tabla 2, Figura 2). Las especies con mayor frecuencia de consumo por parte vegetal fueron *Ficus insipida* (35%), *Poulsenia armata* (11%), *Samanea saman* (11%), *Clarisia biflora* (10%) y las demás especies contemplan el 33%.

Tabla 2.

Partes vegetales por especie y familia vegetal que consumió A. palliata aequatorialis en el Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá.

Familia	Especie vegetal	PV
Arecaceae	<i>Astrocaryum standleyanum</i>	FM
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	P
Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	HN
Tiliaceae	<i>Apeiba tibourbou</i>	HN
Melastomataceae	<i>Henriettea fascicularis</i>	FM
Moraceae	<i>Castilla elastica</i>	FSM
Moraceae	<i>Clarisia biflora</i>	HN
Moraceae	<i>Ficus insipida</i>	FM, HN, P, E
Moraceae	<i>Poulsenia armata</i>	HN
Urticaceae	<i>Cecropia obtusifolia</i>	HN

***Leyenda:** Parte vegetal (PV), fruto maduro (FM), fruto semimaduro (FSM), hoja nueva (HN). Peciolo (P) y estipula (E).

Figura 2.

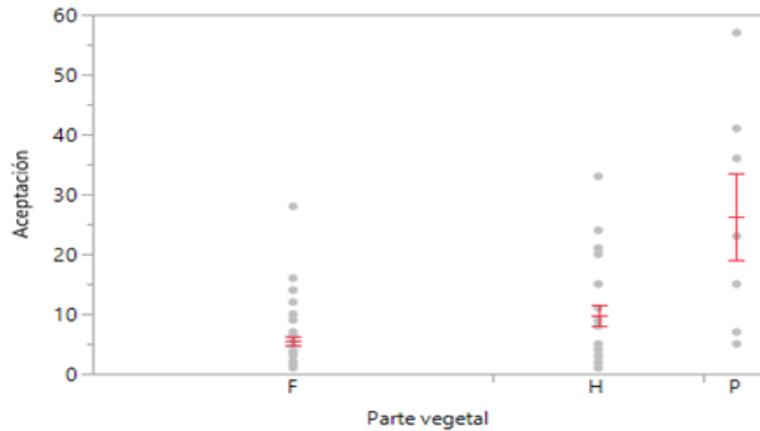
*Partes de diferentes especies vegetales que conforman la dieta de los animales focales de *Alouatta palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. **A)** Fruto maduro de *Astrocaryum standleyanum*. **B)** Estipula de *Ficus insipida*. **C)** Hoja nueva de *Cecropia obtusifolia*.*



Encontramos diferencia en el consumo en las partes vegetales por AF ($\chi^2:13.3969$, $gl:2$, $p:0.0012$). Al comparar la frecuencia de consumo de fruto con hoja por AF hubo diferencia ($Z:1.9791$, $p:0.0478$), peciolo y hoja también tuvieron diferencia ($Z:2.2732$, $p:0.0230$), al igual que peciolo y fruto tuvieron diferencias de consumo por AF ($Z:3.3127$, $p:0.0008$) (Figura 3).

Figura 3.

Gráfica de la media y error estándar de la frecuencia de consumo de las partes vegetales por Animal focal. F (fruto), H (hoja) y P (peciolo).



En este estudio se observó que el fruto maduro de *F. insipida* tuvo una frecuencia de aceptación entre 1 a 10 con un $\bar{x} : 4 \pm SD: 2.6$. Por otro lado, los animales focales consumieron diferentes partes vegetales con porcentaje de sacarosa (% Brix) entre 4.3 a 14.3 ($\bar{x} : 9.1 \pm SD 3.2$) y un pH entre 4 a 7 ($\bar{x} : 5.5 \pm SD: 0.9$). Sin embargo, solo *F. insipida* y *H. fascicularis* presentaron diferencias en los %Brix de los frutos maduros en comparación con los frutos verdes (Tabla 3). Encontramos que existe una diferencia en las medias del %Brix (sacarosa) entre las partes vegetales que consumieron los individuos observados (F:10.1668, gl:2, p:0.0003). Las frutas en comparación con hojas nuevas (t:3.7018, p:0.0009) y peciolo (t:4.4699, p:0.0004) presentaron diferencias, donde las frutas tuvieron mayor %Brix (Figura 4). Las hojas nuevas y el peciolo no tuvieron diferencias (t:0.9312, p:0.3618) (Figura 4). Los valores de pH para las partes vegetales presentaron diferencias (Chi²: 10.77, gl:2, p:0.0046). Al igual que en sacarosa, los valores de pH de las frutas en comparación con hojas nuevas (Z: 2.2141, p:0.0268) y peciolo (Z:2.9922, p:0.0028) presentaron diferencias, mientras que las hojas nuevas y el peciolo no presentaron diferencias (Z:1.601, p:0.1045).

Tabla 3.

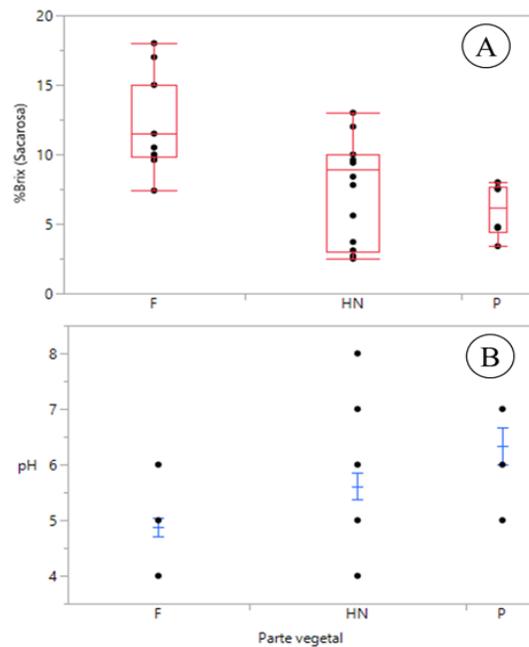
Promedio de los %Brix y pH de las partes vegetales aceptadas por *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía, Colón, Panamá.

Especies vegetales	PV	Aceptación	Media %Brix	Comparación %Brix	Media pH	Comparación pH
<i>Castilla elástica</i>	FSM	53	14.3	t: -0.5039, p: 0.3234	4.7	t: 2.1213, p: 0.9494
	FV	0	8.7		5.7	
<i>Ficus insipida</i>	FM	72	11.1	Z: -2.3351, p: 0.0195*	5.2	t: -6.3246, p: 0.0007*
	FV	0	5.0		5.5	
<i>F. insipida</i>	P	133	7.7		5.7	
<i>F. insipida</i>	HN	11	12.0	t: 11.6743, p: 0.9998	6.0	Z: -0.66667, p: 0.5050
	HM	0	1.5		6.3	
<i>Clarisia biflora</i>	HN	59	10.0		6.7	
<i>Astrocaryum standleyanum</i>	FM	55.5	9.2		5.0	
<i>Henriettea fascicularis</i>	FM	44	9.8	t: -7.5248, p: 0.0075*	4.0	Z: 1.3176, p: 0.1876
	FV	0	4.3		4.7	
<i>Poulsenia armata</i>	HN	67	7.3	Z: -1.7457, p: 0.0809	6.7	Z: 1.3176, p: 0.1876
	HM	0	8.6		6.0	
<i>Cecropia obtusifolia</i>	HN	2	2.8		4.7	
<i>Samanea saman</i>	HN	68	9.7	t: 7.06997, p: 0.9989	5.0	Z: -1.9876, p: 0.0469*
	HM	0	7.8		6.0	
<i>Cordia alliodora</i>	P	51	4.3		7.0	
<i>Apeiba tibourbou</i>	HN	3	3		4.7	

Leyenda: PV (parte vegetal), FSM (fruto semimaduro), FM (fruto maduro), FV (fruto verde), P (peciolo), HN (hoja nueva), HM (hoja madura).

Figura 4.

A) Gráfica de la mediana, primero y segundo cuartil, máximo y mínimo del %Brix (sacarosa) de las frutas (F), hojas nuevas (HN) y pecíolos (P) que consumieron los animales focales de *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía. B) Gráfica de la media y el error estándar del pH de las frutas (F), hojas nuevas (HN) y pecíolos (P) que consumieron los animales focales de *A. palliata aequatorialis* en el Parque Nacional Soberanía.



Nuestros datos muestran que no hubo una dependencia entre la frecuencia de aceptación de las diferentes partes vegetales con respecto a los porcentajes de sacarosa ($P:0.07191$, $R^2:0.2882$) y valores de pH ($P:0.3621$, $R^2:0.0836$).

Discusión

Nuestros datos de conducta alimenticia folívora-frugívora (Tabla 2) coinciden con la reportada para el género *Alouatta*, quienes deben combinar partes de diferentes especies vegetales para lograr obtener cantidades adecuadas de los nutrientes (Milton, 1990; Nagy y Milton, 1979).

Consideramos que las diferencias en el consumo de las partes vegetales pueden estar influenciado por la distribución del alimento o por las condiciones estacionales en el hábitat (fenología), donde se dan picos de producción de hojas, flores y frutos de diferentes especies vegetales de manera no sincrónica a lo largo del año (Figura 3).

Esto concuerda con un estudio realizado con grupos de *A. p. mexicana* en Los Tuxtlas, México, donde concluyen que las características del hábitat interactúan con la estacionalidad (distribución y disponibilidad) de las plantas para determinar la dieta de los grupos (Hostettmann et.al., 2008). Otro estudio realizado con *A. p. mexicana* en isla Agaltepec en México, encontraron que la dieta de este primate dependió de la disponibilidad del recurso, donde la fenología de las especies arbóreas muestra que los grupos cuentan con un mayor número de especies en floración o fructificación en meses específicos. En contraste, ocurre una oferta constante de follaje a lo largo del año (Quintana-Morales, 2015). Concordamos con esto estudios, ya que los individuos mostraron una mayor frecuencia de aceptación de frutos de la especie *F. insipida*, *A. standleyanum* y *C. elástica*, las cuales se encontraron en pico de fructificación durante el estudio. Por otro lado, la especie *F. insipida* ha sido reportada con frecuencia en la dieta del género *Alouatta* (Serio-Silva et.al., 2002). Siendo considerada como una especie clave que proporciona cuatro partes vegetales al consumo de los monos aulladores (hoja nueva, fruto maduro, peciolo y estípula) (Dias y Rangel-Negrín, 2015; Milton, 1980; Milton, 1979).

Un registro realizado con monos aulladores (*A. p. aequatorialis*) durante 44 años (1974-2018) en la isla Barro Colorado en Panamá muestra que la disminución de densidad de dos especies de árboles, *Ficus yoponensis* y *F. insipida*, afecta la población de los monos aulladores en la isla, ya que juntos proveen alrededor del 36% de la dieta anual de estos primates (Milton et.al., 2019). Es importante mencionar que los requerimientos nutricionales varían de acuerdo con las especies de primates no humanos (Sánchez-Solano et.al., 2022), por lo que nuestros

resultados coinciden con lo reportado anteriormente para los monos aulladores donde se ha visto que las frutas en comparación con las hojas presentan mayor cantidad de carbohidratos no estructurales, ofreciendo una recompensa energética más directa que las hojas (Milton,1979; Fernández, 2014). Un estudio reciente realizado con monos aulladores *A. p. mexicana*, encontró que el contenido de sacarosa fue más alto en las frutas maduras consumidas con respecto a las frutas inmaduras (Sánchez-Solano et.al., 2022). Esto coinciden con lo que encontramos, ya que el porcentaje de sacarosa era mayor en los frutos maduros de *F. insipida* y *H. fascicularis* (Tabla 3). Sin embargo, se ha reportado que los monos aulladores no basan su selección de las partes vegetales en la obtención de energía directa, ya que consumen altas cantidades de hojas, por lo general más hojas nuevas en comparación a hojas maduras, que a su vez presentan mayor cantidad de fibra nutricional y menos concentraciones de carbohidratos no estructurales (Milton,1979).

Se ha estimado que los monos aulladores al ingerir hojas obtienen un 1020 kJ/kg-día, del cual solo asimilan el 35% de la energía ingerida, perdiéndose la diferencia en las heces (64%) y la orina (4%) (Nagy y Milton, 1979; Serio-Silva et.al., 2002; Fuentes, 2003). Esto se debe a que presentan un tracto digestivo pequeño y especializado, con adaptaciones, donde los lugares potenciales para fermentación por el microbiota intestinal, como el colon y ciego, generan productos terminales, ácidos grasos volátiles que pueden ser absorbidos y usados como fuente de energía (Milton,1980). Esto coincide con lo que encontramos en este estudio, ya que no hubo una dependencia entre la frecuencia de aceptación de las diferentes partes vegetales. De igual manera, coinciden con lo reportado para la subespecie *A. p. aequatorialis* en la isla Barro Colorado, donde encontraron que la elección de las partes vegetales va a depender de más de un factor nutricional, de riesgo, requerimientos fisiológicos de cada individuo o la relación costo/beneficio (Milton,1979; Fernández, 2014). En el caso de las hojas, los factores más

importantes (relacionados con el contenido de alimentos) fueron el contenido de proteína y fibra, quizás con alguna influencia de los compuestos secundarios, por lo que para monos aulladores la relación proteína-fibra puede ser un buen predictor de aceptación de las hojas (Milton, 1979).

Por otro lado, consideramos que la presencia de sacarosa al ser mucho más alta en los frutos puede ser el factor de importancia en la aceptación de esta parte vegetal, ya que a nivel del sentido gusto es un indicativo de madurez (Sánchez-Solano et.al., 2022). Además, los niveles de acidez son también considerados como un indicador del estado de madurez, como observamos en las frutas en donde aumentan de pH a medida que maduran, ya que los ácidos se convierten en azúcares (Dominy et al., 2004). Sin embargo, en plena madurez, la mayoría de las frutas que consumen los primates están en un rango de pH ácido (García y Pérez-Urria, 2009; Dominy et.al., 2004). Los pH ácidos también pueden representar la presencia de compuestos astringentes, que en altas concentraciones pueden evitar el procesamiento de otros nutrientes, pero si hay bajas concentraciones de estos compuestos y a la vez se encuentra una mayor proporción de otros nutrientes, se reducen los efectos negativos, aumentando la aceptación de las partes vegetales (García y Pérez-Urria, 2009; Felton et.al., 2009). Estos dos factores, sacarosa y acidez en los frutos son cualidades consideradas como una pista dulce-acida, permitiendo una evaluación efectiva, sinónimo de recompensa energética (Dominy et.al., 2004; Dominy, 2004). De acuerdo con, lo reportado en este estudio recomendamos que para seguir comprendiendo la ecología alimentaria de los monos aulladores, se debe seguir ampliando la información nutricional y fitoquímica de las partes vegetales que consumen los monos aulladores del PNS, a fin de establecer estrategias efectivas de conservación que respondan a los requerimientos nutricionales mínimos para los monos aulladores, ya que la composición de los bosques sustenta las poblaciones de las especies del género *Alouatta* en Panamá.

Conclusiones

Con este estudio reportamos que en las partes vegetales (hojas, frutos y peciolas)

de 10 especies que pertenecen a 7 familias consumidas por los *A. palliata aequatorialis* del Parque Nacional Soberanía presentan concentraciones de sacarosa(%Brix) bajos (rango 4.3 a 14.3) con niveles de pH que van de ácidos a neutros (rango 4 a 7). Estos valores de sacarosa y pH de las partes vegetales no tuvieron un efecto en la aceptación, siendo considerados solo como un factor de varios que puedan estar utilizando los monos aulladores la evaluación y aceptación de su dieta.

Agradecimientos

Agradecemos al Proyecto de Ecología Química de los Primates de Panamá de la Fundación Pro-Conservación de los Primates Panameños (FCPP) por el financiamiento del proyecto. A los botánicos Rodolfo Flores y José Polanco por la identificación de las especies de plantas.

Referencias Bibliográficas

- Altman, J. (1974). Observational study of behavior: Sampling methods. *Behaviour*, 49(3–4), 227–266.
- ANAM Autoridad Nacional del Ambiente (1999). Plan de Manejo Ambiental del Parque Nacional Soberanía. República de Panamá. 193 pp
- Balcells, C. D., & Baró, J. J. V. (2009). Developmental stages in the howler monkey, subspecies *Alouatta palliata mexicana*: a new classification using age-sex categories. *Neotropicales primates*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1896/044.016.0101>
- Behie, A. M., Pavelka, M. S. M., & Chapman, C. A. (2010). Sources of variation in fecal cortisol levels in howler monkeys in Belize. *American Journal of Primatology*, 72(7), 600–606. <https://doi.org/10.1002/ajp.20813>

- Blandón, A. M., & Ochoa Aguirre, T. P. (2015). Determinación de la concentración de pH en hojas de cultivares clonales *Spondias purpurea* L, en el arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria [Tesis doctoral] Universidad nacional Agraria, Managua, *Nicaragua*.
- Carrión, J. F., Víquez, K. E., Mendieta, J. A., Carrasquilla, L., & Vergara, C. (2013). Caracterización florística y estructural de una parcela de bosque semicaducifolio en el parque nacional Soberanía, Panamá. *Tecnociencia*, 15(2), 71-84.
- Dias, P. A., & Rangel-Negrín, A. (2015). Diets of Howler Monkeys *Howler Monkeys*, 21–56. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1960-4_2
- Dominy, N. J. (2004). Fruits, fingers, and fermentation: The sensory cues available to foraging primates. *Integrative and Comparative Biology*, 44(4), 295–303. <https://doi.org/10.1093/icb/44.4.295>
- Dominy, N. J., Lucas, P. W., Osorio, D., & Yamashita, N. (2004). The sensory of primates food perception. *Evolutionary Anthropology*, 10, 171–186.
- Dunn, J. C., Cristóbal-Azkarate, J., & Veà, J. J. (2010). Seasonal variations in the diet and feeding effort of two groups of howlers in different sized forest fragments. *International Journal of Primatology*, 31(5), 887–903. <https://doi.org/10.1007/s10764-010-9436-0>
- Empresa de Transmisión Eléctrica S.A, (2018). Clima anual de la República de Panamá. <http://www.hidromet.com.pa/documentos.php?sec=14>.
- Félix, M. G. (2000). Comparación de la capacidad de fijación de dióxido de carbono en los bosques de los parques nacionales Soberanía, Chagres y Camino de Cruces [Tesis de maestría] Universidad de Panamá, Panamá.
- Felton, A. M., Felton, A., Lindenmayer, D. B., & Foley, W. J. (2009). Nutritional goals of wild primates. *Functional Ecology*, 23(1), 70–78. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2008.01526.x>
- Fernández, V. A. (2014). Ecología nutricional del mono aullador negro y dorado (*Alouatta caraya*) en el límite sur de su distribución [Tesis doctoral]. *Universidad de Buenos Aires*.

- Fuentes, E., Estrada, A., Franco, B., Magaña, M., Decena, Y., Muñoz, D., & García, Y. (2003). Reporte preliminar sobre el uso de recursos alimenticios por una tropa de monos aulladores, *Alouatta palliata*, en el parque la venta, Tabasco, México". *Neotropical Primates*, 11(1), 24–28.
- García, A. Á., & Pérez-Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas". *Reduca (Biología). Serie Fisiología Vegetal*, 2(3), 119–145.
- Glander, K. E. (1980). Reproduction and population growth in free-ranging mantled howling monkeys. *American Journal of Physical Anthropology*, 53(1), 25-36.
- Glander, K. E. (1992). Dispersal patterns in Costa Rican Mantled Howling Monkeys. *Int. J. Primatol*, 13(4), 415–435.
- Hladik, C. M (1993) Fruits of the rain forest and taste perception as a result of evolutionary interactions. *Tropical Forests, People and Food: Biocultural interactions and applications to development.*, pp.73-82 UNESCO-Parthenon Paris.
- Hladik, C. M. (1967). Surface relative du tractus digestif de quelques primates, morphologie des villosites intestinales et correlations avec le regime alimentaire. *Mammalia*, 31(1). <https://doi.org/10.1515/mamm.1967.31.1.120>
- Hladik, C. M., Pasquet, P., & Simmen, B. (2002). New perspectives on taste and primate evolution: the dichotomy in gustatory coding for perception of beneficent versus noxious substances as supported by correlations among human thresholds". *American Journal of Physical Anthropology*, 117(4), 342–348.
- Hladik, C. M., Pasquet, P., & Simmen, B. (2004). Cultural o biológico: ¿qué significado tienen umbrales gustativos en términos evolutivos? En A. Millán-Fuertes, L. Cantarero, X. Medina, & M. M. J. Montejano (Eds.), *Arbitrario cultural. Racionalidad e irracionalidad del comportamiento comensal. Homenaje a Igor de Garine* (pp. 475–488).
- Hostettmann, K., Gupta, M. P., Marston, A., & Ferreira, E. (2008). Manual de estrategias para el aislamiento de productos naturales bioactivos. *Programa iberoamericano de Ciencia y Tecnología. CYTED*.
- Laska, M., Scheuber, H.-P., Sanchez, E. C., & Rodriguez Luna, E. (1999). Taste difference thresholds for sucrose in two species of nonhuman primates. *American Journal of Primatology*, 48(2), pp.153–160. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1098-2345\(1999\)48:2<153::aid-ajp6>3.0.co;2-7](https://doi.org/10.1002/(sici)1098-2345(1999)48:2<153::aid-ajp6>3.0.co;2-7)

- Mendez-Carvajal, P. (2012). Population study of Coiba howler monkeys (*Alouatta coibensis coibensis*) and Coiba Capuchin monkeys (*Cebus capucinus imitator*), Coiba island National Park, republic of panama. *Journal of primatology*, vol.1. no.2, pp, 1-5. <https://doi.org/10.4172/2167-6801.1000104>
- Milton, K. (1979). Factors Influencing Leaf Choice by Howler Monkeys: A Test of Some Hypotheses of Food Selection by Generalist Herbivores". *The American Naturalist*, 114(3), 362–378. <https://doi.org/10.1086/283485>
- Milton, K. (1980). The foraging strategy of howler monkeys. A study in primate economics. *Columbia University Press.*, New York, 1980, pp. 165.
- Milton, K. (1990). Calidad dietética y regulación demográfica de una población de monos aulladores *Alouatta palliata* En E. G. Leigh, A. S. Rand, & D. M. Winsor (Eds.), *Smithsonian* (pp. 357–373).
- Milton, K. (1999). Nutritional characteristics of wild primate foods: Do the diets of our closest living relatives have lessons for us? *Nutrition*, 15(6), 488-498.
- Milton, Katharine, Armitage, D. W., & Sousa, W. P. (2019). Successional loss of two key food tree species best explains decline in group size of Panamanian howler monkeys (*Alouatta palliata*). *Biotropica*, 51(4), 600–614. <https://doi.org/10.1111/btp.12679>
- Nagy, K. A., & Milton, K. (1979). Energy metabolism and food consumption by wild howler monkeys (*Alouatta palliata*)". *Ecology*, 60(3), 475–480.
- Pablo-Rodríguez, M., Hernández-Salazar, L. T., Aureli, F., & 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(03), 213–219. <https://doi.org/10.1017/s0266467415000085>
- Pozo-Montuy, G., & Serio-Silva, J. C. (2006). Comportamiento alimentario de monos aulladores negros (*Alouatta pigra* Lawrence, Cebidae) en hábitat fragmentado en Balacán, Tabasco, México". *Acta zoológica mexicana*, 22(3), 53–66.
- Quintana-Morales, P. C. (2015). Influencia de la disponibilidad y distribución del alimento en la dinámica intergrupala del mono aullador de manto (*Alouatta palliata*); *Instituto de Neuroetología*.

Sánchez-Solano, K. G., Reynoso-Cruz, J. E., Guevara, R., Morales-Mávil, J. E., Laska, M., & Hernández-Salazar, L. T. (2022). Non-visual senses in fruit selection by the mantled howler monkey (*Alouatta palliata*). *Primates; Journal of Primatology*, 63(3), 293–303. <https://doi.org/10.1007/s10329-022-00984-4>

Serio-Silva, J., Rico-Gray, V., Hernandez-Salazar, L., & Espinosa-Gómez, R. (2002). The role of *Ficus* (Moraceae) in the diet and nutrition of a troop of Mexican howler monkeys, *Alouatta palliata mexicana*, released on an island in southern Veracruz, Mexico". *Journal of Tropical Ecology*, 18(06), 913–928. <https://doi.org/10.1017/s0266467402002596>