



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

**“REQUERIMIENTOS MÍNIMOS DE NITRÓGENO EN LA DIETA DE
UNA ESPECIE DE AVE FRUGÍVORA *Habia fuscicauda* DE LA
SELVA TROPICAL DE LOS TUXTLAS, VERACRUZ.”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS
(BIOLOGIA AMBIENTAL)

P R E S E N T A
JULIO CÉSAR REYNA ESCANAMÉ

DIRECTOR DE TESIS: DR. LUIS GERARDO HERRERA MONTALVO

MÉXICO, D. F.

FEBRERO 2008.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

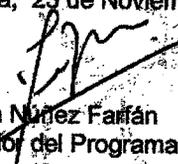
Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 5 de Noviembre de 2007, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRIA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA AMBIENTAL)** del alumno **REYNA ESCANAME JULIO CÉSAR** con número de cuenta **88136826** con la tesis titulada **"Requerimientos mínimos de nitrógeno de la dieta de una especie de ave frugívora *habia fuscicauda* de la selva tropical de los Tuxtles, Veracruz"**, realizada bajo la dirección del **DR. LUIS GERARDO HERRERA MONTALVO**.

Presidente: **DR. RENÉ DE JESUS CÁRDENAS VÁZQUEZ**
Vocal: **M. EN. C. JOSÉ JUAN FLORES MARTÍNEZ**
Secretario: **DR. LUIS GERARDO HERRERA MONTALVO**
Suplente: **DRA. BERTHA PATRICIA ESCALANTE PLIEGO**
Suplente: **DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a, 23 de Noviembre de 2007.


Dr. Juan Núñez Farián
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado.

Este trabajo esta dedicado a mi familia (Mamá, Hermano Juan Carlos, su esposa Marlen e hijos Emmanuel e Hirám, a Mari Carmen y Raymundo, sus hijos Gustavo, Osvaldo y Axel) por su paciencia, dedicación, atención y apoyo incondicional en todos los momentos buenos y no tan buenos por lo que he pasado y salido a delante.
Gracias a Dios y a todos ellos.

A los que tomamos la decisión de emigrar a tierras lejanas en busca de nuevas y mejores oportunidades profesionales, donde se aprende a compartir mucho más allá de enseñar y sentirse útil.

AGRADECIMIENTOS

Al Posgrado en Ciencias Biológicas y al Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México

A SEP-CONACYT. Ref: 31849 N. Por el Financiamiento del Proyecto.

Al Dr. Luis Gerardo Herrera Montalvo director de Tesis, por recibirme en su Laboratorio, por todas las facilidades y paciencia otorgada para realizar este trabajo.

A la Dra Maria del Coro Arizmendi Arriaga y Dr. Rene de Jesús Cárdenas Vázquez como miembros del Comité Tutoral, por sus comentarios y sugerencias en el trabajo de investigación, así como su disponibilidad para atenderme en todo momento.

A la Dra Patricia Escalante Pliego por su colaboración y apoyo para la integración del Jurado, por sus comentarios para mejorar este escrito.

Al Mtro. en Ciencias José Juan Flores por todo el apoyo en el traslado y liberación de las Tángaras de la Estación de Biología Tropical "Los Tuxtlas" Veracruz, por su colaboración y comentarios como miembro del Jurado.

Al Dr. Fernando Álvarez por el otorgamiento y facilidades por el espacio para mantener a las tángaras en cautiverio.

A mis amigas Paty y Mali por su colaboración en la captura y cuidado de las tángaras.

A Olga García Vera por su gran amistad, colaboración y a quien también le toco cuidar a las tángaras.

A Nycte por su amistad, cariño y comprensión en la responsabilidad compartida de estar al pendiente de las tángaras.

A Margarita Garza por su asesoría y apoyo desde que la conocí en el trabajo de tierras michoacanas.....

Por supuesto que a mi gran amiga Adriana por todo su apoyo incondicional desde nuestra experiencia de trabajo en Tierras Michoacanas....

A Norma Oropeza, quien con su amistad, sabios consejos y compañía hizo más llevadera mi estancia en el Instituto y de quien se conservan bonitos momentos.

A Wendy, por que llegó en un momento de gran apoyo, motivación y me ayudo mucho en esta última etapa.

A Daniela, quien consideró mi hermana México-americana que también dejó todo y se atrevió a luchar por lo que cree y que siempre me motivó a no dejar morir este trabajo.

A la Gente de Chihuahua (Abril, Laura, Manuel, Makawi), de la Sierra Tarahumara y del Consejo Ecoregional Sierra Tarahumara A.C. (CESTAC) quien financia parte de mi estancia en la Cd. de México y que creyeron, facilitaron y me apoyaron dando ánimos en toda esta última y más difícil etapa....

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
INTRODUCCION.....	3
ANTECEDENTES.....	4
HIPÓTESIS.....	8
OBJETIVOS.....	8
MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
DISEÑO EXPERIMENTAL.....	10
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	24
CONCLUSIONES.....	31
LITERATURA CITADA.....	32
APÉNDICES.....	42

RESUMEN

Los frutos de los que se alimentan las aves son pobres en proteína (2.1 a 8.9%), por lo que algunas especies incluyen insectos en su alimentación para compensar estas deficiencias. El objetivo de este estudio fue determinar los requerimientos mínimos de nitrógeno de la Tángara hormiguera selvática *Habia fuscicauda*, la cual incluye frutos e insectos en su alimentación. Para ello se ofrecieron dietas con distinto contenido de proteína de soya (1.5, 3.0 y 4.5% de proteína) a 9 individuos adultos de esta especie. Los requerimientos mínimos de nitrógeno para mantenimiento de las tångaras fueron de **14.2 mg N d⁻¹** o **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**, mientras que las pérdidas de nitrógeno endógeno fueron de **14.7 mg N d⁻¹** o **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**. Estos valores son similares a los encontrados en especies de aves primordialmente frugívoras y nectarívoras que incluyen insectos en su alimentación. Los requerimientos de N estimados para esta especie de tångara probablemente explican el que no se alimente exclusivamente de frutos.

ABSTRACT

Some species of birds base their diet on to fruits, which have low protein content (2.1 to 8.9%) but they also ingest insects diets to compensate their deficiencies. The objective of this study was to determine the minimum nitrogen requirements in the frugivorous bird *Habia fuscicauda* and I predicted that its requirements would be smaller similar to those of other birds that feed on fruits and insects. Nine adult birds kept in captivity and were fed experimental diets with varying amounts of soy protein were applied (1.5, 3.0 and 4.5% protein). Minimum maintenance requirements were **14.2 mg N d⁻¹ or 0.17 ± g N kg^{-0.75} d⁻¹**. Total endogenous nitrogen loss was **14.7 mg N d⁻¹ or 0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹** and was equivalent to the minimum amount of excreted nitrogen and that must be replaced by the diet contribution for stable maintenance of the reserves of corporal protein. Tanagers had similar N requirements than fruit and insect eating species of birds, and explain why this species is unable to feed solely on fruits.

INTRODUCCIÓN

La alimentación de las aves es un parámetro importante que contribuye de forma directa e indirecta a entender sus interacciones ecológicas (Levins 1968, Smith y Rotenberry 1990, Morse 1990) y los procesos de adaptación fisiológica, morfológica y de comportamiento (Hill 1980, Moermond y Denslow 1985, Bosque y Pacheco 2000). Algunas especies de aves se alimentan de frutos que contienen principalmente carbohidratos y agua con poca cantidad de proteínas y lípidos (Berthold 1976, Moermond y Denslow 1985, Levey 1987, Recher 1990, Klasing 1998). La mayoría de frutos en estado silvestre tienen bajos contenidos en peso seco de proteína (2.1 a 8.9%) y porcentajes menores a 80% de azúcares (Denslow *et al.* 1987, Klasing 1998, Levey *et al.* 2000, Bosque y Pacheco 2000, Bosque y Calchi 2003, Pryor 2003).

Los reducidos niveles de proteína en los frutos llevan a algunas especies de aves a incluir otras fuentes de alimento, como los insectos, para compensar sus deficiencias nutritivas (Ricklefs 1976, Foster 1978, Thomas 1984, Griminger y Scanes 1986). Por ejemplo, Morton (1973), Berthold (1976) y Stapanian (1982) señalaron que algunas aves experimentan transiciones alimentarias entre insectivoría y frugivoría para complementar sus requerimientos de proteína. Además, las especies de aves que se alimentan de frutos podrían tener requerimientos de nitrógeno relativamente bajos que les permitan subsistir en una dieta predominantemente frugívora (Witmer 1998).

Los requerimientos de proteína para mantener y reemplazar los tejidos y estructuras del organismo en edad adulta, se obtienen por la ingestión de aminoácidos y/o nitrógeno menos sus pérdidas que incluyen nitrógeno urinario endógeno (NUE) y nitrógeno fecal metabólico (NFM) (Robbins 1993, Klasing 1998). El suministro constante de aminoácidos es necesario para sintetizar proteínas y otros compuestos nitrogenados. Cuando no se utilizan en esta vía, se degradan hasta CO₂ y azúcar previa desaminación, que sirven en otros procesos como aporte de compuestos no nitrogenados, o bien representan depósitos

metabólicos (glucógeno) disponibles para liberar energía (Hill 1980, Robbins 1993). Los nutrientes se transforman por procesos metabólicos constantes de síntesis endógena (anabolismo), o degradación exógena (catabolismo), ésta continúa entrada y transformación de moléculas determina cambios internos que dependen de cada compuesto, del tejido o estado fisiológico y nutritivo del organismo (Hill 1980, Bondi 1988, Wright 1995).

El presente estudio determinó los requerimientos mínimos de nitrógeno de la Tángara hormiguera (*Habia fuscicauda*). Ésta especie de ave neotropical incluye frutos e insectos en su alimentación (Willis 1960, Andrlé 1967, Coates-Estrada y Estrada 1988, 1989, Winker y Puebla 2004).

ANTECEDENTES

Los aspectos generales y taxonomía de la especie de acuerdo a Hellmayr (1936) y American Ornithologists Union (1983) son:

Clase: Aves

Subclase: Neornithes (Carinidas)

Superorden: Neognathae

Orden: Passeriformes

Suborden: Passeres (Oscines)

Familia: Thraupidae

Genero: ***Habia*** Blyth.

Habia fuscicauda Peters (1931). Llamada comúnmente Tángara hormiguera selvática o rojisucia, tiene un tamaño entre 185-215 mm y 32 g de peso corporal promedio. Presentan colores brillantes, las hembras e inmaduros son café rojizo oscuro u olivo con partes inferiores más pálidas, la garganta y barbilla amarillo ocre claro, pico grueso y patas color café claro. El macho maduro es rojo oscuro opaco con una corona rojiza sin bordes negros y algunas veces oculta, la garganta es más roja que las partes inferiores (AOU 1983, Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995).

Su distribución es neotropical, en la vertiente del Golfo de México desde el sur de Tamaulipas, hasta la Península de Yucatán y en el Pacífico en la vertiente del estado de Chiapas (Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995). Se localiza de manera común en hábitats de vegetación secundaria y parches primarios muy densos, bosques pantanosos, zonas abiertas y extensivas de bosque tropical perennifolio desde el nivel del mar hasta 1200 metros de altitud (Andrle 1967, Coates-Estrada y Estrada 1988, Puebla 1997, Winker y Puebla 2004).

Algunos estudios de hábitos alimenticios en tángaras, reportan dietas con 10% de plantas néctar, frutos, partes de flores, brotes, semillas y bayas; un 90% de insectos coleópteros, ortópteros, orugas, hormigas, pequeñas serpientes y otros vertebrados (Willis 1960, 1972, Coates-Estrada y Estrada 1988); otros reportan una proporción de 65.9% en peso seco de varias especies de plantas con frutos y 24.1% de restos de insectos (Puebla 1997, Winker y Puebla 2004). En “Los Tuxtlas” consumen frutos de árboles como chancarro (*Cecropia obtusifolia*; Estrada *et al.* 1984), amates (*Ficus glabrata*, *Ficus sp.*), capulín (*Trema micrantha*), palo de ratón (*Allophylus campostachis*) y frutos de solanáceas (Isler e Isler 1987), anona (*Cymbopetalum bailloni*, Coates-Estrada y Estrada 1988) y camero (*Chameadora tepejilote*, Escalona 1989). Estudios con análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno en sangre de la Tángara hormiguera en “Los Tuxtlas”, muestran que su dieta es principalmente de origen vegetal (Herrera *et al.* 2005).

Los requerimientos de nitrógeno representan un aspecto básico en ecofisiología animal que permite entender la forma en que algunas aves basan su dieta en los frutos y contribuye a comprender el modo en que la frugivoría ha evolucionado como una importante estrategia en la interacción planta-animal (Mattson 1980, Bosque y Pacheco 2000, Aizen *et al.* 2002, Sabat *et al.* 2004).

Estudios específicos sobre requerimientos de nitrógeno en 27 especies de aves silvestres con diversas estrategias alimenticias y diferentes diseños experimentales en los que variaron el recurso de proteína en la dieta (Tabla 1), tuvieron valores entre 0.01 y 1.47 gramos de nitrógeno por kilogramo de peso metabólico del organismo por día ($\text{gN kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$).

El análisis de estos estudios correspondió a datos evaluados en condiciones de cautiverio con una sola fuente de proteína (Tabla 1). En su mayoría los requerimientos de nitrógeno se estimaron a partir del uso de proteína de origen vegetal como semillas (Weglarczyk 1981, Drepper *et al.* 1988, Pryor 1999, Allen y Hume 2001, Pryor 2003), frutos (Walsberg 1977, Izhaki 1992, Prior 1999 y 2003, Prior *et al.* 2001), polen (Van Test y Nicolson 2000) y soya (Martín 1968, Brice y Grau 1991, Witmer 1998).

Pocos trabajos se enfocaron a utilizar insectos como proteína de origen animal en la dieta (Paton 1982, Roxburgh y Pinshow 2000). Otros recursos más fueron el uso de caseína como principal recurso de proteína (Murphy 1993a), los cristales de aminoácidos: lisina y metionina (Parish y Martín 1977, Merritt 1986, Murphy 1993b) y proteínas sintéticas como la avidina (Frankel y Avren 2001).

HIPÓTESIS

Los requerimientos de nitrógeno en la Tángara hormiguera serán similares a los de otras aves que se alimentan de frutos e insectos.

OBJETIVO GENERAL

* Determinar los requerimientos mínimos de nitrógeno en la Tángara hormiguera (*H. fuscicauda*) en condiciones de cautiverio.

OBJETIVOS PARTICULARES

* Determinar la cantidad de nitrógeno ingerido y excretado por las tángaras a través de pruebas experimentales variando el contenido de proteína en la dieta.

* Determinar los requerimientos mínimos de nitrógeno y las pérdidas endógenas de nitrógeno en la Tángara hormiguera.

MATERIAL Y METODO

I. Sitio de colecta

Las tångaras se colectaron en la Estaci3n de Biología Tropical “Los Tuxtlas”, Veracruz (18°34' y 18°36' latitud Norte y 95°04' y 95°09' de longitud Oeste). La zona tiene elevaciones de 150 a 530 msnm, predominan rocas (diorita) con extrusiones basálticas y andesitas cubiertas por dep3sitos piroclásticos (Martín del Pozo, 1997).

El clima es tipo AF (m) (cálido-húmedo) con lluvias todo el ańo y temperatura media anual de 22° C basada en la clasificaci3n de Köeppen, modificado por García (1988). La precipitaci3n media anual es 4725 mm (Soto y Gama, 1997). La regi3n tiene un periodo seco de marzo a mayo, con presencia de lluvias en forma subdividida de junio a agosto y septiembre a noviembre, seguida por un periodo de “nortes” hasta febrero (Ibarra y Sinanca 1987, González *et al.* 1997).

La vegetaci3n dominante es selva alta perennifolia, con algunas variantes en composici3n y estructura segú los cambios topográficos y las diferentes comunidades secundarias, motivadas por perturbaciones en la vegetaci3n primaria y sus alrededores (Ibarra Manríquez *et al.* 1997).

II. Captura de ejemplares

Se capturaron seis ejemplares hembras y tres machos adultos de Tångara hormiguera en sitios aledańos e instalaciones de la Estaci3n Biol3gica de septiembre 2001 a enero 2002. En las capturas se utilizaron redes de niebla, colocadas entre la vegetaci3n densa, a nivel bajo del suelo y cerca de cuerpos de agua como arroyos y manantiales (Ralph *et al.* 1996). Se registraron los datos merísticos de cada individuo, peso corporal y fecha de captura asignando un númer-clave para su control y manejo en cautiverio.

III. Traslado y acondicionamiento

Las tångaras se trasladaron del lugar de colecta al Bioterio del Instituto de Biología de la UNAM en la Ciudad de México, en jaulas de acero de 52 x 38 x 29 cm, donde permanecieron en forma individual en condiciones de 26 ± 1.2 °C de temperatura, humedad relativa promedio de 46% mantenida con una cubeta con agua y un ciclo natural de fotoperíodo.

DISEÑO EXPERIEMANTAL

I. Mantenimiento en cautiverio

Se registró el peso corporal de las tångaras cada tercer día desde su captura durante 241 días. En las primeras dos semanas se alimentaron con fruta picada (papaya y plátano), después de observar pérdidas de peso corporal en los animales, se agregó una porción de croquetas humedecidas (Cachorro Puppy Pedigree^{MR}); además de un preparado de alimento denominado dieta de gelatina a base de germen de trigo, proteína de soya y otros componentes (Tabla 2), que representan un aporte de 425.7 kilocalorías/100 g de peso seco (Denslow *et al.* 1987, Robbins 1993, Delorme y Thomas 1996, Witmer 1998).

La combinación de alimento anterior se suministró en forma permanente y se denominó dieta de mantenimiento que proporcionó 36.35% de proteína, la cual consistió en 15 g de fruta picada (1.35% de proteína en peso húmedo), 60 g de la dieta de gelatina (8% de proteína en peso húmedo) y 15 g de croquetas (27% de proteína en peso seco), además de suministrar agua todos los días. Las pruebas experimentales se iniciaron dos meses después de capturar a las tångaras, tomando en cuenta su respuesta al manejo en cautiverio, estabilización del peso corporal y adaptación a los cambios de dieta sin afectar más del 50% su peso inicial (Denslow *et al.* 1987, Izhaki y Safriel 1989 y Witmer 1998).

Tabla 2. Composición de las dietas suministradas a las tóngaras. Cada dieta se preparó de acuerdo a modificaciones descritas y adecuadas según Milton y Dintzis (1981), Denslow *et al.* (1987), Delorme y Thomas (1996), Witmer (1998). Los componentes de la dieta de gelatina fueron disueltos en 1000 ml de agua y los de dietas experimentales en 550 ml de agua.

	Dieta de mantenimiento	Dieta de gelatina	Dietas experimentales		
Componentes	Cantidad (g)	Cantidad (g)	Proteína (%)		
			1.5	3.0	4.5
			Cantidad (g)		
Fruta picada (papaya y plátano)	20				
Croquetas para Cachorro	15				
Dieta de gelatina	60				
Colorante alimenticio (rojo fresa)		5	2	2	2
Cloruro de sodio		1.5	0.4125	0.4125	0.4125
Fosfato de calcio		1.6	0.44	0.44	0.44
Complemento multivitamínico y suplemento mineral		1.5	0.4125	0.4125	0.4125
Grenetina		11	5	5	5
Proteína aislada de soya		25	9.735	19.525	29.26
Glucosa			46.31	46.31	46.31
Germen de trigo		37			
Puré de plátano		680			
Aceite vegetal		7			
Total de alimento	95	769.60	64.31	64.31	64.31

II. Dieta experimental

La dieta experimental se preparó con una base de grenetina, glucosa como fuente de energía y proteína de soya, adicionada con colorante, complemento multivitamínico y suplemento mineral (mayores detalles de la composición se encuentra en Apéndice 1). El contenido de proteína de ésta dieta se manipuló variando la cantidad de soya en peso seco dentro del rango reportado para los frutos consumidos por aves frugívoras en estado silvestre (Milton y Dintzis 1981, Robbins 1993 y Bairlein 1996).

III. Suministro de dietas experimentales

Las tres dietas experimentales con distintas concentraciones de proteína (1.5, 3.0 y 4.5%), se asignaron al azar y se suministraron a las 08:00 horas de los primeros cinco días de marzo, abril y mayo de 2002. De manera previa a cada organismo se le proporcionó por dos días de pre-prueba una bandeja con 60 g de la dieta de gelatina, seguido por tres días con una de las tres dietas experimentales (Tabla 2). Se colocó una bandeja con alimento y agua fuera de la jaula, cuantificando su peso a intervalos de tres horas (09:00, 12:00, 15:00 y 18:00 horas) para estimar las pérdidas de humedad por evaporación.

Se registró el peso corporal inicial y final de cada organismo a las 08:00 y 18:00 horas en cada día de experimentación para obtener la diferencia ganada o perdida. Después de los experimentos, las aves fueron alimentadas con la dieta de mantenimiento. Se colectaron las excretas de cada organismo en intervalos de tres horas en hojas plásticas colocadas sobre la charola del piso interior de la jaula, se depositaron en bolsas de plástico de 10 x 15 cm y se congelaron. Previo al inicio de cada prueba se colectaron muestras de alimento de las dietas experimentales y se congelaron para su análisis posterior.

IV. Preparación de muestras y análisis de nitrógeno.

Se colocaron 35 ± 2 mg de muestra de la dieta de gelatina y de cada dieta experimental por duplicado, en un contenedor de estaño con material absorbente de humedad para análisis de nitrógeno. El mismo procedimiento se aplicó a muestras de excretas homogenizadas de cada día de prueba en cada dieta y para cada organismo. El contenido total de nitrógeno y proteína se determinó en un Analizador Elemental (Ce Instruments Flash EA1112) con el software Eager 300 (Windows 95/98/NT) programado para Nitrógeno/Proteína, calibrado con una curva blanco (0.0% de nitrógeno) y tres muestras estándar de ácido aspártico (10.52% de nitrógeno).

Mayores detalles del funcionamiento del analizador elemental están en el Apéndice 2.

Los valores de requerimientos mínimos de nitrógeno y pérdidas totales de nitrógeno endógeno se expresaron en miligramos de nitrógeno ingerido por día (mg N día^{-1}) y gramos de nitrógeno ingerido por kilogramo de peso metabólico de los organismos por día ($\text{g N kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$). Este último se utilizó como una corrección a su talla corporal (Robbins 1993).

Los datos experimentales de nitrógeno total ingerido y excretado en cada día de prueba de cada dieta y cada individuo, se relacionaron y multiplicaron por el peso diario de las tångaras expresado en miligramos por día o gramos por kilogramo de peso metabólico. Por medio del modelo de regresión lineal simple del balance de nitrógeno (nitrógeno ingerido menos nitrógeno excretado) contra nitrógeno ingerido, se obtuvo el valor de requerimiento de nitrógeno cuando su balance fue igual a cero. En ésta misma regresión se estimó la pérdida total de nitrógeno endógeno (PNE) considerando un valor del balance de nitrógeno cuando la ingestión fue igual a cero (Robbins 1993). Esta pérdida de nitrógeno combina el nitrógeno urinario endógeno proveniente del organismo (ácido úrico, aminoácidos, secreciones de mucosidad intestinal y desprendimientos del epitelio), con el nitrógeno fecal metabólico que proviene del alimento sin digerir e incluye proteínas, minerales y vitaminas.

V. Análisis estadísticos

Los resultados se evaluaron usando programas estadísticos para Windows como Sigma Stat ver.3.5 2006 y MINITAB Statistical Software ver.14, 2003. Los datos experimentales se presentaron como media \pm desviación estándar y se utilizaron para analizar las variaciones de peso corporal (g) ganado o perdido expresando sus diferencias en porcentaje comparados por Análisis de Varianza de dos vías, como respuesta al consumo de las dietas. Lo mismo se realizó con el registró de los cambios diarios en el consumo de alimento (g), consumo de agua (ml) y producción de excretas (g). Cuando el análisis de varianza indico diferencias significativas, se realizaron pruebas a posteriori (Tukey).

RESULTADOS

Peso corporal de las Tángaras

El peso corporal inicial de captura de las tángaras fue de 38.9 ± 4.4 g, es decir, 21.47% mayor que su peso promedio (32 g) reportado en estado silvestre (Hellmayr 1936, AUO 1983, Peterson y Chalif 1989, Howell y Webb 1995). El peso corporal con el que se mantuvieron durante 241 días con la dieta de mantenimiento fue de 39 ± 4.7 g, ó 0.35% en relación al peso de captura (Tabla 3).

El peso corporal de los individuos con dieta de gelatina en días de pre-prueba fue de 38.5 ± 4.4 g (1.28% menor con respecto al peso alcanzado con dieta de mantenimiento, Fig. 1); en dieta con proteína de 1.5% el peso corporal fue de 36 ± 4.1 g (7.77% menor con respecto al peso inicial y dieta de mantenimiento, Fig. 1). El peso corporal con dieta de gelatina en días de pre-prueba a dieta experimental fue de 38.3 ± 4.2 g, con pérdidas de 1.79% y disminuyó a 36 ± 4.2 g con pérdidas de 7.79% consumiendo la dieta con 3.0% de proteína.

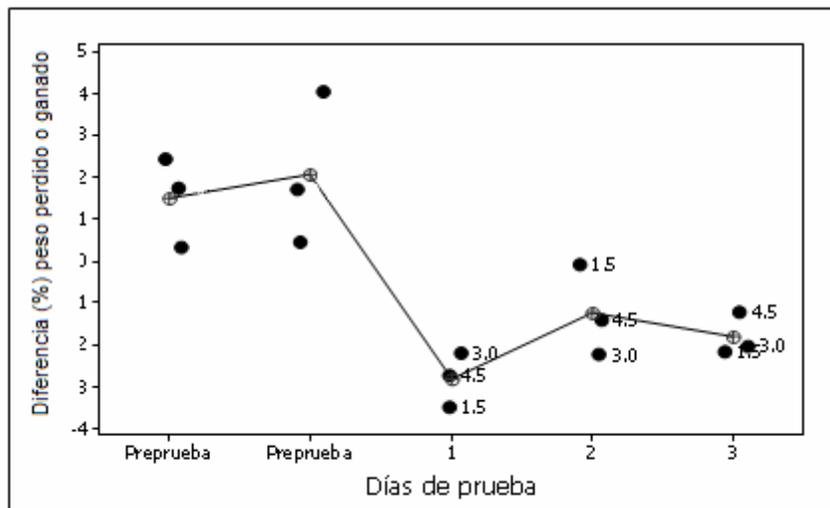


Figura 1. Diferencia del peso corporal promedio ganado o perdido por las tángaras con dieta de gelatina en dos días de pre-prueba con 8% de proteína y dietas experimentales con 1.5, 3.0 y 4.5% de proteína en días de prueba.

El peso corporal fue de 38.2 ± 4.4 g con pérdidas de 2.05% con la dieta de gelatina y disminuyó a 36.1 ± 4.2 g con pérdidas de 7.54% al consumir la dieta experimental de 4.5%. El peso final de las tångaras al terminar las pruebas alimenticias fue de 37 ± 4.5 g con pérdidas de 5.21% con respecto al peso y dieta de mantenimiento.

Tabla 3. Peso corporal de las tångaras con su diferencia ganada o pérdida (%) respecto al peso inicial de captura y con diferentes dietas.

Categorías de peso corporal según el tipo de dieta	Peso promedio (g)	Diferencia ganada o pérdida (%)
Peso inicial de captura	38.9 ± 4.4	21.47
Peso con dieta de mantenimiento durante 241 días	39.0 ± 4.7	0.35
Peso de pre-prueba con dieta de gelatina (8% de proteína y previo a dieta de 1.5%)	38.5 ± 4.4	-1.28
Peso con dieta experimental (1.5% de proteína)	36.0 ± 4.1	-7.77
Peso de pre-prueba con dieta de gelatina (8% de proteína y previo a dieta de 3.0%)	38.3 ± 4.2	-1.79
Peso con dieta experimental (3.0% de proteína)	36.0 ± 4.2	-7.79
Peso de pre-prueba con dieta de gelatina (8% de proteína y previo a dieta de 4.5%)	38.2 ± 4.4	-2.05
Peso con dieta experimental (4.5% de proteína)	36.1 ± 4.2	-7.54
Peso final al terminar las pruebas alimenticias	37.0 ± 4.5	-5.21

No hubieron diferencias significativas entre el peso corporal ganado o perdido y las tres dietas experimentales ($F_{2,8} = 0.08$ $P = 0.92$). Hubo diferencias entre los días de pre-prueba con los días uno y tres de prueba experimental ($F_{4,10} = 10.7$ $P = 0.001$). La interacción dieta-día fue significativa ($F_{4,8} = 8.79$, $P = 0.005$) con diferencias entre la dieta de 1.5% y 4.5% en los días de pre-prueba y entre los días uno y tres de prueba experimental.

Consumo diario de alimento

El consumo de alimento no presentó diferencias significativas entre las dietas con diferente contenido de proteína (Fig. 2; $F_{2,6} = 0.039$, $P = 0.962$). Hubo diferencias significativas en consumo de alimento entre los días de pre-prueba y los días dos y tres de prueba experimental ($F_{3,6} = 22.86$, $P = 0.001$). La interacción dieta-día no fue significativa ($F_{4,8} = 3.82$ con $P = 0.051$).

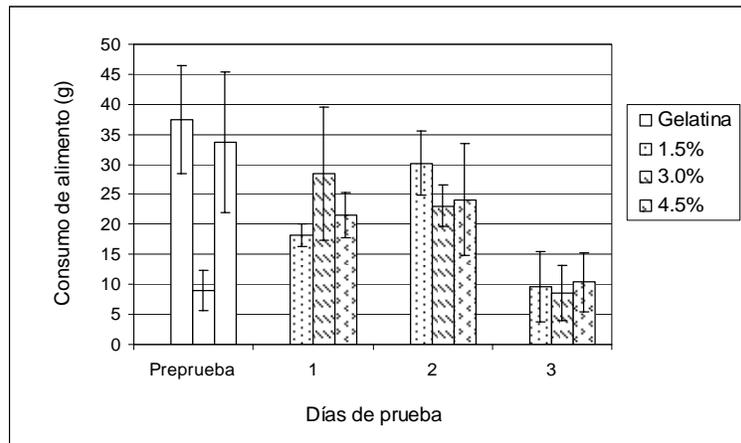


Figura 2. Consumo diario de alimento de la dieta pre-prueba (gelatina) y las tres dietas experimentales con distinto contenido de proteína.

Consumo de Agua

No hubo diferencias significativas en el consumo de agua entre las diferentes dietas ($F_{3,6} = 1.96$, $P = 0.221$), ni tampoco hubo diferencias en el consumo de agua durante los días de pre-prueba y pruebas experimentales (Fig. 3, $F_{2,6} = 0.56$, $P = 0.66$). La interacción dieta-día no fue significativa ($F_{3,6} = 4.11$, $P = 0.0505$).

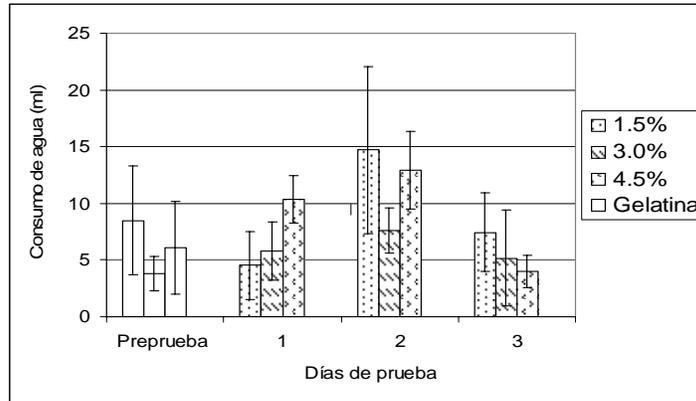


Figura 3. Consumo de agua durante los días de aplicación de pruebas con dieta de gelatina y tres dietas experimentales.

Producción de excretas

Hubo diferencias significativas en la producción de excretas entre el día de pre-prueba y el día tres de prueba experimental ($F_{3,6} = 6.611$, $P = 0.025$). No hubo diferencias en la producción de excretas entre las tres dietas experimentales (Fig. 4. $F_{2,6} = 3.47$, $P = 0.100$). El efecto de la interacción dieta-día en la producción de excretas no fue significativo (Fig. 4. $F_{3,6} = 1.14$, $P = 0.368$).

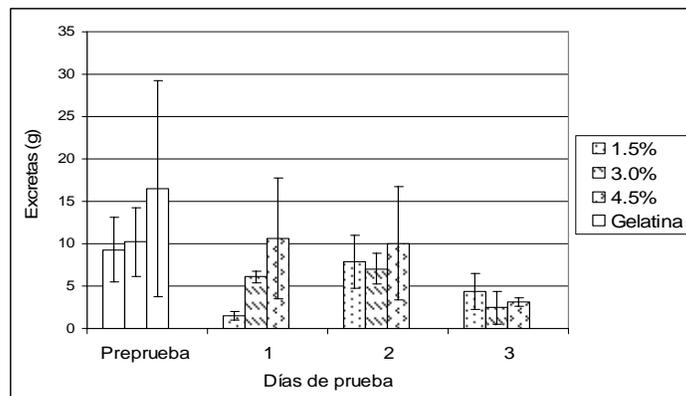


Figura 4. Producción de excretas con dieta de gelatina y tres dietas experimentales.

Ingestión de Nitrógeno

Hubieron diferencias en la ingestión de nitrógeno en miligramos entre los días dos y tres ($F_{2,4} = 14.10$, $P = 0.015$) y entre dietas de 1.5 y 4.5% de proteína ($F_{2,4} = 13.72$, $P = 0.16$). La interacción dieta-día fue significativa con diferencias en la ingestión de nitrógeno entre las dietas de 1.5 y 4.5% del día tres (Fig. 5. $F_{2,6} = 6.76$, $P = 0.029$). Cuando se comparo ingestión de nitrógeno por kilogramo de peso metabólico ($\text{g N kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$), no hubieron diferencias significativas entre dietas ($F_{2,4} = 1.34$, $P = 0.359$) ni entre días ($F_{2,4} = 3.51$, $P = 0.132$). La interacción dieta-día no fue significativa ($F_{2,6} = 5.14$, $P = 0.51$).

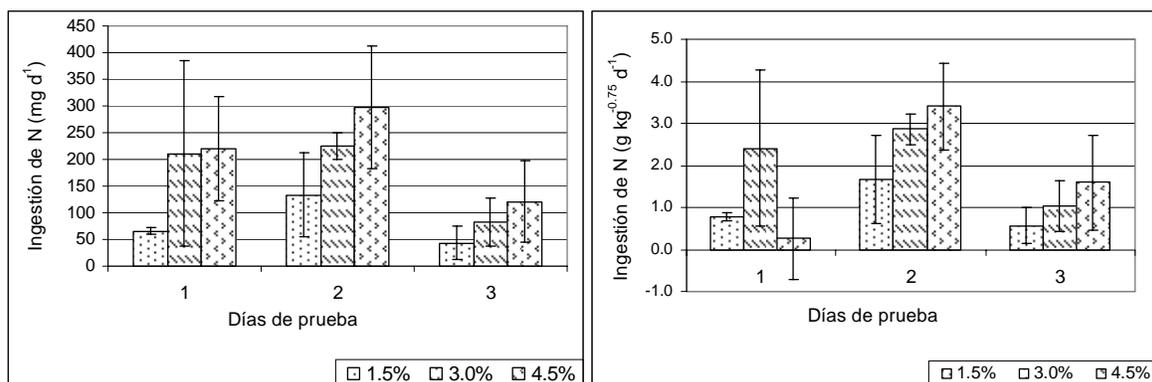


Figura 5. Nitrógeno total ingerido en miligramos por día (mg d^{-1}) de prueba y considerando el peso metabólico ($\text{kg}^{-0.75} \text{d}^{-1}$).

Excreción de Nitrógeno

No hubieron diferencias significativas en la excreción de nitrógeno en miligramos entre dietas experimentales (Fig. 6, $F_{2,4} = 5.30$, $P = 0.075$), pero si hubieron diferencias entre los días dos y uno de prueba ($F_{2,4} = 10.6$, $P = 0.025$). El efecto de la interacción dieta-día en la cantidad de nitrógeno excretado en miligramos no fue significativa ($F_{2,6} = 5.14$, $P = 0.349$).

Al considerar la excreción de nitrógeno por peso metabólico de las tångaras no hubieron diferencias entre las dietas ($F_{2,4} = 5.39$, $P = 0.073$); y la interacción dieta-día no fue

significativa (Fig. 6, $F_{2,6} = 5.14$, $P = 0.51$). Sin embargo, hubieron diferencias en la excreción de nitrógeno entre los días dos y tres ($F_{2,4} = 11.31$, $P = 0.021$).

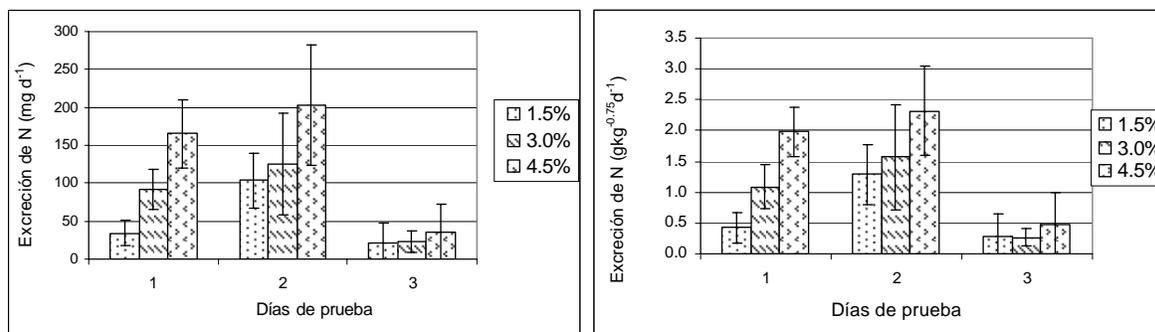


Figura 6. Nitrógeno excretado (mg d⁻¹, y g kg^{-0.75} d⁻¹) a partir del consumo de cada dieta.

Análisis de Nitrógeno: Balance y Pérdidas

No existieron diferencias significativas en el balance de nitrógeno entre dietas ($F_{2,4} = 6.48$, $P = 0.056$), ni entre días de prueba ($F_{2,4} = 0.54$, $P = 0.621$). La interacción dieta-día no fue significativa ($F_{2,6} = 5.14$, $P = 0.349$). Tampoco hubo variaciones en el balance de nitrógeno considerando el peso metabólico de las tángaras (g N kg^{-0.75} d⁻¹) entre días ($F_{2,4} = 0.42$, $P = 0.681$), pero si entre la dieta de 1.5% y 3.0% de proteína ($F_{2,4} = 11.46$, $P = 0.022$). La interacción dieta-día no fue significativa ($F_{2,6} = 4.93$, $P = 0.054$).

El nitrógeno ingerido total para la especie en cada día de prueba fue la cantidad promedio de los nueve individuos alimentados con las tres dietas experimentales, de manera similar se obtuvo el nitrógeno excretado por día de prueba en los nueve individuos (Tabla 4). Las pérdidas endógenas totales de nitrógeno (PEN) del día uno se estimaron en 59 mg N d⁻¹ (Tabla 5); disminuyeron a 5.7 mg N d⁻¹ el día dos y aumentó a 14.7 mg N d⁻¹ el día tres.

Tabla 4. Nitrógeno ingerido y excretado por la tángara selvática a partir de dietas con diferente contenido de proteína y la diferencia ganada o perdida de peso corporal en relación al peso inicial de captura.

Día	Dieta	Diferencia de ganancia o perdida de peso	Nitrógeno total consumido	Nitrógeno total excretado	Balace de Nitrógeno	Nitrógeno Ingerido	Nitrógeno excretado	Balace de Nitrógeno
	% proteína	(%)	(mg N d ⁻¹)	(mg N d ⁻¹)	(N ingerido - N excretado) (mg)	g Kg ^{-0.75} d ⁻¹	g Kg ^{-0.75} d ⁻¹	(N ingerido - N excretado) (g)
Pre-prueba	8	1.9 ± 3	159.2 ± 5	151.8 ± 60.1	7.4 ± 57.9	1.84 ± 0.4	1.75 ± 0.7	0.09 ± (-0.3)
		1.9 ± 3.3	140.0 ± 3	139.1 ± 63.4	0.9 ± 60.6	1.63 ± 0.4	1.59 ± 0.6	0.04 ± (-0.2)
		1.1 ± 3	144.0 ± 5	147.6 ± 107.2	-3.2 ± 72.7	1.66 ± 0.1	1.65 ± 1.0	0.01 ± (-0.6)
1	1.5	-3.5 ± 2.2	65.2 ± 6.3	33.8 ± 16.8	31.4 ± 10.5	0.8 ± 0.1	0.42 ± 0.3	0.4 ± (-0.1)
	3.0	-2.2 ± 1.5	211 ± 173.5	91.8 ± 27.0	146.5 ± 119.2	2.41 ± 1.9	1.09 ± 0.4	1.3 ± 1.5
	4.5	-2.7 ± 1.12	220.6 ± 97.4	165.7 ± 45.1	54.9 ± 52.3	2.6 ± 1.0	2.0 ± 0.4	0.6 ± 0.6
2	1.5	-0.1 ± 3.0	133.2 ± 79	103.7 ± 36.2	29.5 ± 42.9	1.7 ± 1.0	1.3 ± 0.5	0.4 ± 0.6
	3.0	-2.2 ± 1	225.6 ± 25.1	124.9 ± 67.0	100.7 ± (-42)	2.9 ± 0.4	1.6 ± 0.9	1.3 ± (-0.5)
	4.5	-1.4 ± 1.2	297.5 ± 113.9	203.0 ± 79.6	94.5 ± 34.2	3.4 ± 1.0	2.3 ± 0.7	1.1 ± 0.3
3	1.5	-2.2 ± 0.9	43.2 ± 31.1	21.82 ± 26.3	21.4 ± 26.3	0.6 ± 0.4	0.3 ± 0.3	0.3 ± 0.1
	3.0	-2.0 ± 3	82.5 ± 45.6	23.1 ± 14.1	59.4 ± 31.5	1.0 ± 0.6	0.3 ± 0.1	0.7 ± 0.5
	4.5	-1.2 ± 1.7	121.1 ± 75.1	35.7 ± 36.7	85.4 ± 38.8	1.6 ± 1.1	0.5 ± 0.5	1.1 ± 0.6

Tabla 5. Nitrógeno ingerido, nitrógeno excretado y balace de nitrógeno en tres días de prueba experimental. Se incluyen la estimación de pérdidas endógenas totales y requerimientos mínimos de nitrógeno en miligramos por día (mg N d⁻¹).

Prueba experimental	Nitrógeno ingerido	Nitrógeno excretado	Balace (N ingerido - N excretado)	Perdidas endógenas totales de Nitrógeno	Requerimiento Minino de Nitrógeno
	mg N d ⁻¹	mg N d ⁻¹	mg N d ⁻¹	mg N d ⁻¹	mg N d ⁻¹
día 1	165.7 ± 124.8	97.1 ± 63.5	68.6 ± 111.9	59	76.30
día 2	218.8 ± 100.3	143.9 ± 71.3	74.9 ± 49.4	5.7	15.5
día 3	82.3 ± 57.6	12.0 ± 14.3	70.3 ± 61.5	14.7	14.22

Las pérdidas endógenas de nitrógeno por peso metabólico se estimaron en 0.7 g N Kg^{-0.75}d⁻¹ el día uno, disminuyeron a 0.1 g N Kg^{-0.75}d⁻¹ el día dos y a 0.17 g N Kg^{-0.75}d⁻¹ el tercer día de prueba experimental (Tabla 6).

Tabla 6. Nitrógeno ingerido, nitrógeno excretado y balance de nitrógeno por día de prueba experimental. Se incluye la estimación de pérdidas endógenas totales y requerimientos mínimos de nitrógeno por peso metabólico en las tángaras (g N Kg^{-0.75}d⁻¹)

Prueba experimental	Nitrógeno ingerido	Nitrógeno excretado	Balance (N ingerido - N excretado)	Pérdidas endógenas totales de Nitrógeno	Requerimiento mínimo de Nitrógeno
	g N Kg ^{-0.75} d ⁻¹				
día 1	1.9 ± 1.4	1.2 ± 0.7	0.8 ± 1.2	0.7	0.92
día 2	2.6 ± 1.1	1.7 ± 0.8	0.9 ± 0.6	0.1	0.24
día 3	1.1 ± 0.8	0.2 ± 0.2	0.9 ± 0.8	0.17	0.17

Requerimientos de Nitrógeno

Los requerimientos de nitrógeno se estimaron en 76.3 mg N d⁻¹ el día uno, 15.5 mg N d⁻¹ el día dos y 14.2 mg N d⁻¹ el tercer día (Tabla 5). Al considerar el peso metabólico de los organismos los requerimientos para la especie se estimaron en 0.92.g N Kg^{-0.75}d⁻¹ el día uno, hasta 0.24 y 0.17 g N Kg^{-0.75}d⁻¹ el día dos y tres respectivamente (Tabla 6).

El análisis de regresión del nitrógeno ingerido y el balance de nitrógeno fue significativo en los tres días de experimentación (Fig. 7; F_{1,8}=158.8, P = 0.00001 el día uno, F_{1,8} = 520.7, P = 0.00001 el día dos y F_{1,8}=401.8, P = 0.00001 el día tres). Al considerar el peso metabólico de las tángaras (Figura 8), el análisis de regresión del nitrógeno ingerido contra el balance de nitrógeno no fue significativa en el día uno (F_{1,8} = 1.98, P = 0.197), pero los días dos y tres sí fueron significativos (F_{1,8} = 5.76, P = 0.0431, F_{1,8} = 5.51, P = 0.047).

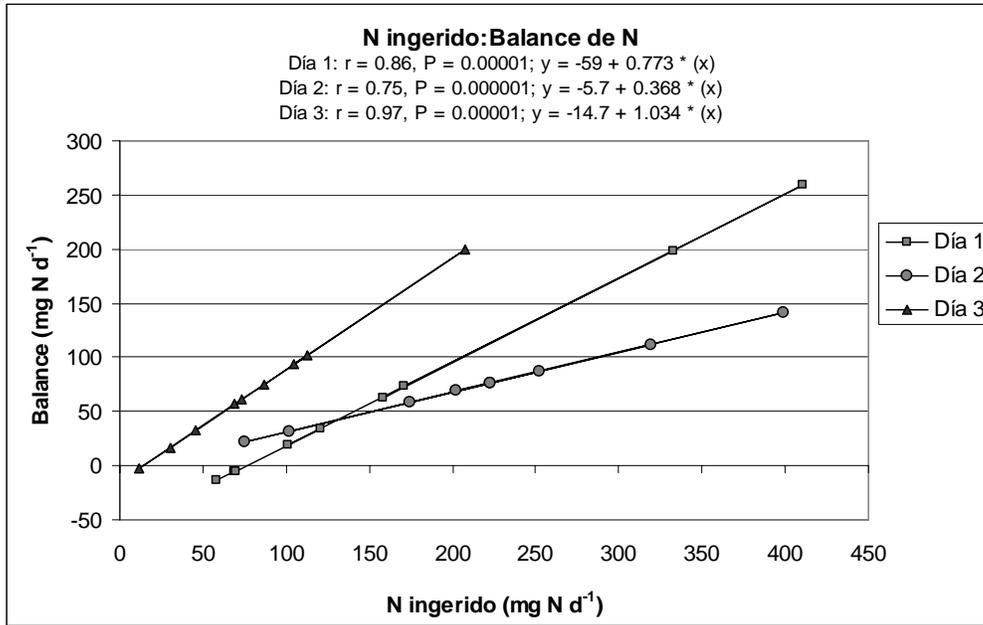


Figura 7. Relación del nitrógeno ingerido y el balance de nitrógeno en mg por día de prueba experimental.

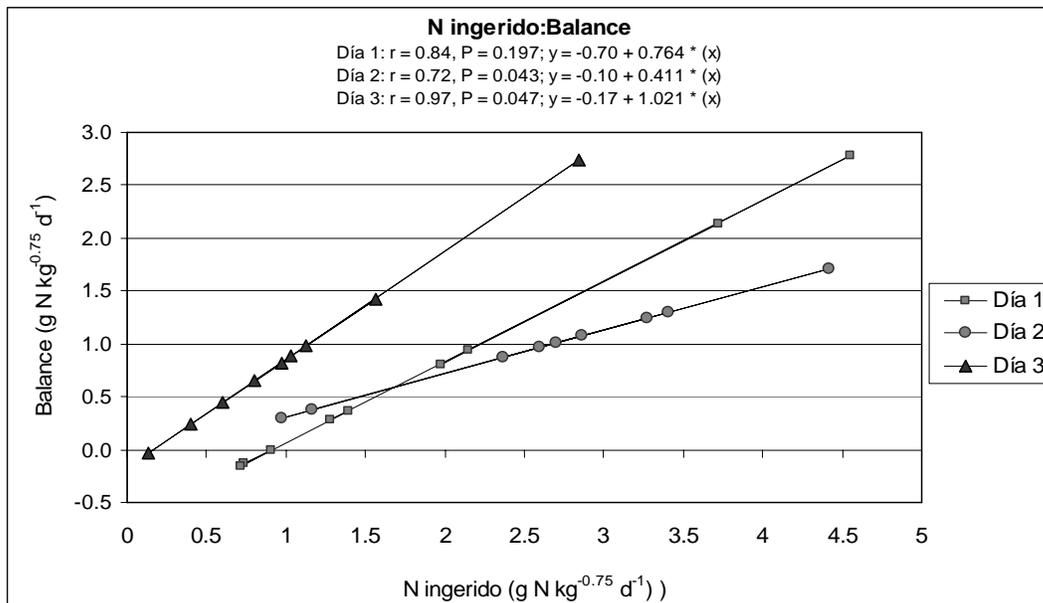


Figura 8. Relación del nitrógeno ingerido y el balance de nitrógeno por día de prueba experimental tomando en cuenta el peso metabólico (g N Kg^{-0.75}d⁻¹).

Las pérdidas endógenas totales de nitrógeno para la especie se estimaron en 59 mg N d⁻¹ el día uno, 5.7 mg N d⁻¹ el día dos y 14.7 mg N d⁻¹ el día tres. Al considerar el peso metabólico las pérdidas endógenas totales fueron de 0.7 g N kg^{-0.75}d⁻¹ el día uno, disminuyó al segundo día (0.1 g N kg^{-0.75}d⁻¹) y aumentó a 0.17 g N kg^{-0.75}d⁻¹ el tercer día.

Los requerimientos de nitrógeno en las tângaras disminuyeron 80% al pasar del periodo de pre-prueba al primer día de prueba experimental con diferente dieta; mientras que al pasar del primer al segundo día de prueba experimental las tângaras disminuyeron un 20% sus requerimientos y 18% del segundo al tercer día.

Los cálculos de requerimientos de nitrógeno y pérdidas endógenas totales de nitrógeno en la tângara hormiguera mostraron que los datos del tercer día experimental, representaron el valor mínimo de requerimientos de 14.22 mg N d⁻¹ (0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹), con los cuales los organismos de ésta especie pueden sobrevivir, teniendo pérdidas endógenas totales de nitrógeno de 14.7 mg N d⁻¹ (0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹).

DISCUSIÓN

Peso corporal de las Tángaras

El peso corporal de nueve individuos de la támara hormiguera se mantuvo durante 241 días en cautiverio con una dieta combinada de fruta, croquetas y un preparado de gelatina que aportaron los componentes necesarios (proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales) para cubrir los requerimientos nutritivos de éstas aves adaptadas a una dieta con 36.35% de proteína, siendo éste un valor alto en la dieta de aves silvestres (Robbins 1993, Klasing 1998, Koutsos *et al.* 2001). En dietas sintéticas de varios meses el peso corporal de los organismos permanece cercano o aproximado al peso de captura, por lo que un ave frugívora de 30 g puede consumir aproximadamente 60 g de alimento (Martín 1968, Foster 1978). La variación del contenido de proteína en la dieta de gelatina con relación al menor contenido en las dietas experimentales, fue necesaria para verificar su efecto en el estado fisiológico de las tángaras (Klasing 1998, Bosque y Pacheco 2000), aves consideradas en éste estudio como frugívoras (Isler e Isler 1987, Coates-Estrada y Estrada 1988, Escalona 1989, Puebla 1997, Winker y Puebla 2004, Herrera *et al.* 2005).

La pérdida y ganancia de peso corporal al ingerir dietas con diferente contenido de proteína durante los periodos de mantenimiento, pre-prueba y pruebas experimentales, representaron una variable de respuesta fisiológica negativa de las tángaras para adecuarse a esos cambios desde una dieta con alto contenido de proteína antes de las pruebas experimentales, para después consumir una dieta de gelatina con proteína de 8% y finalmente una de tres dietas diferentes aun con menor proteína (1.5, 3.0 y 4.5%). El tratar de adaptarse a éstas variaciones alimenticias implica una alta plasticidad digestiva del organismo frente al aumento o disminución de proteína como requerimiento nutritivo, regulado por la actividad enzimática del catabolismo de aminoácidos y la habilidad de las

aves para utilizar dietas de contenido muy alto o muy bajo de proteína (Martin 1968, Hill 1980, Robbins 1993, Klasing 1998, Koutsos *et al.* 2001).

Las diferencias en las pérdidas de peso corporal no fueron significativas durante el consumo de las tres dietas experimentales ($F_{2,8} = 0.08$, $P = 0.92$), comparadas con las pérdidas significativas ocurridas en la dieta de gelatina en los días de pre-prueba ($F_{4,10} = 10.7$, $P = 0.001$). En relación al consumo de las tres dietas experimentales por día se encontraron pérdidas de peso corporal, que se restablecieron con la dieta de mantenimiento. La pérdida de peso al consumir dietas de gelatina en días de pre-prueba fueron menores a la diferencia presentada en cada dieta experimental, debido a la dieta de gelatina que contenía 8% de proteína (Tabla 3). El peso corporal al final de las pruebas fue menor en 5.21% comparado con el peso inicial, indicando que la ingestión adecuada de alimento satisface las necesidades nutricionales para el mantenimiento del organismo aun cuando se encuentre en cautiverio (Bairlein 1996, Klasing 1998, Robbins 1981, 1993, Murphy 1993).

El peso corporal de las tángaras aumentó en los días de pre-prueba y disminuyó con el cambio de dieta del día uno al día tres en las pruebas experimentales (Fig. 1), por lo que hubo una relación con el aumento del consumo de agua del día dos comparado con el de los otros días de prueba (Fig. 3) y con la disminución en la ingestión de alimento en las tres dietas (1.5, 3.0 y 4.5%) del día tres (Fig. 2). Lo anterior coincide con reportes de Murphy (1993), quien registro considerables disminuciones de peso corporal en gorriones silvestres consumiendo dietas de 0.7% de proteína, además de presentar bajas pérdidas y estabilización del peso corporal con dietas experimentales de 3.6 a 7.0% de proteína, encontrando que el incremento parcial del peso corporal debe atribuirse al consumo de dietas altas de proteína y retención temporal de agua para asimilar y adaptarse al cambio de la nueva dieta. En pruebas consecutivas mayores a cuatro días con dietas de poca proteína, los organismos reducen considerablemente su ingestión de alimento y presentan pérdidas de

peso corporal (Witmer 1998, Allen y Hume 2000, Roxburgh y Pinshow 2000, Brown y Downs 2003, Prior 2003). La támara selvática ingirió menos agua en los días de pre-prueba, con aumento entre 30 y 40% en los días uno y tres de prueba e incremento su peso corporal los mismos días con disminución de la ingestión de alimento el día tres; este comportamiento puede ser resultado de los cambios en la ingestión de dietas con 8.0% de proteína a dietas experimentales con menor contenido de proteína. De acuerdo con esto, las variaciones del peso corporal y retención temporal de agua, relacionados al patrón de cambios en el balance de nitrógeno y excreción de desechos nitrogenados, sugieren que al ingerir menos proteína algunos individuos realizan ajustes fisiológicos parciales para adecuarse a la proteína disponible y probablemente al procesamiento de agua. Por tanto se considera que el mantenimiento del balance de agua es importante por que transporta y regula la presión osmótica de las biomoléculas y limita la ingestión de alimento al funcionar como solvente para los nutrientes y excretar productos de desecho (Klasing 1998, Murphy 1993, Robbins 1993, Roxburgh y Pinshow 2000).

Barlein (1987, 1996) demostró que algunas aves omnívoras se adaptan a consumir dietas muy bajas en proteína después de sufrir pérdidas de peso corporal. En el caso de las támaras, se cree que la respuesta ante ingestión de poca proteína fue por medio de dos vías: la primera por mecanismos de movilización y utilización de reservas internas en forma inmediata, y la otra donde las aves complementan de manera externa sus necesidades alimenticias con las fuentes que estén a su alcance. En situaciones como el cautiverio, los animales están sujetos al suministro de agua constante con poca variedad de alimento, que al consumirse en cantidades mayores y suficientes puede cubrir sus requerimientos, por lo que no fue de extrañar que los individuos presentaran mayor peso corporal al inicial consumiendo dietas con alto contenido de proteína, para después bajar de peso con el consumo de gelatina y de las dietas experimentales (Martín 1968, Bosque y Pacheco 2000).

En estado silvestre la mayoría de especies frugívoras se alimentan de frutos con poca proteína como recurso principal de nitrógeno (Berthold 1976, Snow 1981, Denslow *et al.* 1987, Izhaki 1989, Izhaki y Safriel 1989, Levey y karasov 1989, Klasing 1998, Levey *et al.* 2000, Bosque y Calchi 2003, Pryor 2003), por lo que se ha examinado que no solo la deficiencia de proteínas causa pérdidas en el peso corporal, sino que también interfieren en el metabolismo del nitrógeno los compuestos secundarios de los frutos maduros (Mattson 1980, Levey y Grajal 1991, Foster1987, Bairlein 1996, Gartrell 2000).

Consumo de alimento

El alimento ingerido, absorbido y metabolizado cubre requerimientos celulares fijos del organismo. En las tángaras, la cantidad de alimento ingerida debió ser proporcional a su pérdida en forma de calor y en las heces durante la digestión. Las necesidades de proteína como un porcentaje de la dieta disminuyeron al incrementar el peso corporal y mantener los procesos internos que reemplazan tejidos y acumulan reservas; en caso contrario, cuando hubo escasez de proteína, es posible que se haya iniciado un proceso de reajuste interno para tratar de compensar el desequilibrio nutricional al que se expuso a los organismos, reflejado en las pérdidas del peso corporal. Un desequilibrio ocurre cuando los niveles de un nutriente específico son menores o excesivos a los requeridos por las células y generalmente están relacionados a los requerimientos de otros nutrientes que en conjunto contribuyen a restablecer la homeostasis. Es por ello que las aves son muy sensibles a deficiencias agudas de algunos nutrientes como los aminoácidos y minerales en pocos días, disminuyendo su absorción con aumento de su catabolismo y por tanto de su material de excreción (Borman 1980, Robbins 1981, 1993, Klasing 1998, Gartrell 2000).

En días de pre-prueba el consumo de gelatina fue mayor comparado con el de dietas experimentales en los días de prueba, siendo de 11 g el menor consumo de alimento hacia el último día de prueba, indicando que bajo condiciones de estrés alimenticio las tångaras tienden a reducir su ingestión de alimento con poca proteína, siendo evidente que un suministro de estas dietas mayor a cinco días de prueba, no permite la sobrevivencia de los organismos. Las diferencias significativas observadas entre ingestión diaria de alimento en dietas con 4.5% de proteína fue menor en relación a la dieta de 1.5%, sin diferencias en la dieta de 3.0% y sin dejar de comer por completo en las tres dietas con baja proteína tratando de alguna forma de compensar sus necesidades de nutrientes a través del consumo obligado de mayor cantidad de agua para retener y reducir su producción de excretas.

La producción de excretas fue significativa entre los días de pre-prueba y día de prueba experimental tres ($F_{3,6} = 6.61$, $P = 0.025$), sin diferencias entre las tres dietas experimentales ($F_{2,6} = 3.47$, $P = 0.100$). La interacción entre dietas experimentales por días de prueba no tuvo un efecto significativo en la producción de excretas ($F_{3,6} = 1.14$, $P = 0.368$), Sin embargo, la producción de excretas fue menor en los días de prueba, con poco aumento en el consumo de agua, cambios en el peso corporal y menor consumo de alimento (Figura 5). Esta reducción en la cantidad de material excretado fue debida al poco consumo de alimento con poca proteína pero similar a la cantidad de alimento que fue absorbida en el tracto digestivo de las aves, en las cuales existe la dificultad de separar la orina de las excretas, a los problemas de adaptación a dietas experimentales con bajos contenidos de proteína, así como requerir de una validez del balance y análisis de regresión que estime los requerimientos de proteína y/o nitrógeno de mantenimiento en estas especies (Blem 1968, Murphy 1993, Robbins 1993, McDonal *et al* 1995, Klasing 1998, Allen y Hume 2001, Frankel y Avram 2001).

Aun que los frugívoros pueden ser menos eficientes en la asimilación de calorías que los granívoros, la eficiencia de utilización de cada nutriente puede entenderse por su dependencia en la interacción de la composición alimentaría ingerida, así como por la capacidad digestiva y metabólica del animal, y por sus fuentes endógenas que contribuyen entre 35 y 60% al flujo total de nitrógeno excretado en forma de amoníaco como producto final toxico del catabolismo de los aminoácidos y otros productos menores de nitrógeno que incluyen oxido de trimetilamina, guanina, cretina y creatinina. Sin embargo, ante toda ésta pérdida de nitrógeno, el metabolismo actúa en contra de su eliminación final, haciendo que se incorpore a compuestos menos tóxicos como el ácido úrico en las aves para evitar su concentración en los tejidos del cuerpo y dirigirlo a otras vías anabólicas (Walsberg 1975, Robbins 1993, Wright 1995, Murphy 1996).

Relación de la ingestión y excreción: Balance y pérdidas de nitrógeno

El análisis del balance de nitrógeno en pruebas experimentales solo fue significativo entre dietas experimentales ($F_{2,4} = 11.46$, $P = 0.022$). Los animales con balance negativo en una dieta de poca proteína tienen altas tasas de excreción de nitrógeno como resultado de las pérdidas de nitrógeno endógeno resultantes del catabolismo de proteína corporal, donde el nitrógeno en la heces procede de enzimas y restos de células del tracto digestivo, por lo que mientras los animales sigan comiendo, se mantendrán las pérdidas de nitrógeno (Levey y Karasov 1989, Robbins 1993, Murphy 1993 y Klasing 1998). Las pérdidas de nitrógeno total endógeno fueron debidas a una combinación de pérdidas urinarias endógenas y al nitrógeno fecal metabólico, referido como la cantidad de nitrógeno excretado en las heces, así mismo representan la cantidad mínima de nitrógeno que un animal podría necesitar para remplazar el balance de nitrógeno para mantenimiento (Robbins 1993, Mc Donal *et al.* 1995, Delorme y Thomas 1996, Roxburgh y Pinshow 2000).

Los valores analizados en la regresión de nitrógeno ingerido en cada día de prueba contra el balance de nitrógeno, menos nitrógeno excretado, equivalen a su contenido en la concentración de proteína presente en la dieta consumida. Así la estimación de ingestión mínima de nitrógeno fue de **14.22 mg N d⁻¹** ó **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**, considerando que ésta última expresión es referida como una corrección del peso corporal que refleja el metabolismo de energía intra e interespecífica en la que cada especie tiene variaciones debidas a la edad y sexo, por tanto las aves que tienen tasas metabólicas de peso corporal inferiores, deben tener menores pérdidas de nitrógeno (Brody 1945, McDonal *et al.* 1995).

Las pérdidas endógenas de nitrógeno fueron de **14.7 mg N d⁻¹** o **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**. Las tángaras tuvieron poca capacidad fisiológica para mantener su peso corporal solo con dietas de frutos, por su bajo contenido de proteínas recurriendo al aumento en el consumo de alimento o bien completar su dieta con otros recursos de proteína como las croquetas en la dieta de mantenimiento. Varios autores señalan que algunas aves canoras que se alimentan de frutos en estado silvestre, son capaces de escoger alimentos con diferente cantidad de nitrógeno y limitar su ingestión (Denslow *et al.* 1987, Foster 1987, Izhaki y Safriel 1989, Izhaki 1994, Levey 1987, Levey y Grajal 1991, Levey y karasov 1989).

Los requerimientos de nitrógeno de mantenimiento para *H. fuscicauda* fueron de 0.17 g N kg^{-0.75}d⁻¹ consumiendo soya en dietas experimentales, éste valor fue similar al de otras aves frugívoro-insectívoros (0.18 y 0.16 g N kg^{-0.75}d⁻¹) como el saltarín cuelliblanco (*Manacus vitellinus*, Worthinton 1989) y nectarívoro-insectívoros como el ave dorada (*Nectarinia osea*, Roxburgh y Pinshow 2000) y el colibrí magnífico (*Eugenes fulgens*, McWhorter *et al.* 2003), pero con valores menores a los estimados en aves granívoro-insectívoras (1.47 y 1.42 g N kg^{-0.75}d⁻¹) como los juncos (*Junco hyemalis*, Parrish y Martín 1977, Merritt 1986) y los gorriones domésticos (*Passer domesticus*, Weglarczyk 1981).

CONCLUSIONES

Los requerimientos mínimos de nitrógeno para mantenimiento en el ave frugívora tångara hormiguera (*Habia fuscicauda*) fueron de **14.22 mg N d⁻¹** o **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**, y las pérdidas de nitrógeno endógeno fueron de **14.7 mg N d⁻¹** o **0.17 g N kg^{-0.75} d⁻¹**, con una dieta a base de proteína de soya.

La tångara hormiguera (*Habia fuscicauda*) podría considerarse como un organismo con poca capacidad fisiológica para mantener su peso corporal con frutos como única dieta, por lo que en condiciones de cautiverio con dietas de 8% de proteína requirió de complementar su dieta con otros recursos alimenticios de mayor proteína como las croquetas con 27% de proteína de origen animal.

LITERATURA CITADA

- Aizen, M. A., D. P. Vázquez y C. Smith-Ramírez. (2002) Historia natural de los mutualismos planta-animal del Bosque Templado de Sudamérica Austral. *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 79-97.
- Allen, R. L. y I. D. Hume. 2001. The maintenance nitrogen requirement of the zebra finch *Taeniopygia guttata*. *Physiological and Biochemical Zoology* 74(3):366-375.
- Andrle, R. F. 1967. Birds of the Sierra de Los Tuxtlas in Veracruz, Mexico. *Willson Bull.* 79:163–187.
- American Ornithologists Union (AOU). 1983. Check-list of north american birds. 6th edition, American Ornithologists' Union, Washington D. C.
- Bairlein, F. 1987. Nutritional requirements for maintenance of body weight and fat deposition in the long-distance migratory garden warbler, *Sylvia borin* (Boddaert). *Comparative Biochemistry and Physiology.* 86A:337-347.
- Bairlein, F. 1996. Fruit-eating in birds and its nutritional consequences. *Comparative Biochemistry and Physiology.* 113A(3):215-224.
- Bell, G. 1990. Birds and mammals on an insect diet: a primer on diet composition analysis in relation to ecological energetics. In: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). *Avian foraging: Theory, methodology, and applications. Studies in Avian Biology.* No. 13.
- Berthold, P. 1976. The control and significance of animal and vegetable nutrition in omnivorous songbirds. *Ardea* 64:140-154.
- Blem, C. 1968. Determination of caloric and nitrogen content of excreta voided by birds. *Poultry Sciences* 47:1205-1208.
- Bondi, A. A. 1980. *Nutrición animal*, edit. Acriba, España, .546 pp.

- Boorman, K.N. 1980. Dietary constraints on nitrogen retention. In: Protein deposition in animals. Edited by P.J. Buttery y D. B. Lindsay. Butterworth's Boston. pp. 147-166.
- Bosque, C. y M. A. Pacheco. 2000. Dietary nitrogen as a nutrient in frugivorous birds. *Revista Chilena de Historia Natural*. 73:441-450.
- Bosque, C. y R. Calchi. 2003. Food choice by Blue-gray Tanagers in relation to protein content. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 135(2):321-327.
- Bozinovic, F. y C. Martínez del Río. 2000. Avian physiological ecology: old questions, new systems and new approaches. *Revista Chilena de Historia Natural* 73(3)
- Brice, A. T. y C. R. Grau. 1991. Protein requirements of Costa's hummingbirds *Calypte costae*. *Physiological Zoology*. 64:611-626.
- Brody, S. 1945. Bioenergetics and growth. Hafner, New York. Pp.352-403
- Brown, K. J. y C. T. Downs. 2003. Digestive efficiency of a generalist avian feeder, the Cape white-eye (*Zosterops pallidus*). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 134(4):739-748.
- Cavalieri, A. C., J. M. Barbanti D., D. Mendez y L. Domínguez de O. 2006. Food selection and digestibility in yellow-headed conure (*Aratinga jandaya*) and golden-cape conure (*Aratinga auricapilla*) in captivity. *Journal of Nutrition* 136:2014S-2016S.
- Coates-Estrada, R. y A. Estrada. 1988. Frugivory and seed dispersal in *Cymbopetalum baillonii* (Annonaceae) at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology* 4:157-171.
- Crissey, S. D., B. Todd y B. S. (1998). Nutrition chapter of the Micronesian kingfisher species survival. Plan husbandry manual. Published by Zoological, Society of Philadelphia.
- Delorme, M. y D. W. Thomas. 1996. Nitrogen and energy requirements of the short-tailed fruit bat (*Carollia perspicillata*): fruit bats are not nitrogen constrained. *J. Com. Physiol. Biol.* 116:427-434.

- Denslow, J., L. Timothy C. M. y B. C. Nentworth. 1987. A synthetic diet for fruit-eating birds. The Wilson Bulletin, Vol. 99. 1:131-135.
- Drepper, K., K. Menke, G. Schulze y U. Wachter-Vormann. 1988. Untersuchungen zum Protein- und Energiebedarf adulter wellensittiche (*Melopsittacus undulatus*) in Kafighaltung. Kleintierpraxis 33:57-62.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y C. Vásquez-Yañes. 1984. Observations on fruiting and disperses of *Cecropia obtusifolia* at Los Tuxtlas, Mexico. Biotropica 16:315-318.
- Foster, M. S. 1978. Total frugivory in tropical passerines: A reappraisal. Tropical Ecology Vol. 19(2):131-151.
- Foster, M. S. 1987. Feeding methods and efficiencies of selected frugivorous birds. Condor 89:566-580.
- Frankel, T. L. y D. Avram. (2001). Protein requirements of rainbow lorikeets, *Trichoglossus haematodus*. Australian Journal of Zoology. 49:435-443.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Copen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 4ª Ed. Offset-Larios. México. 221 pp.
- Gartrell, B.D. 2000. The nutritional, morphologic, and physiologic bases of nectarivory in Australian birds. Journal of Avian Medicine and Surgery 14(2):85-94.
- González, S. E., R. Dirzo y R. C. Vogt (Editores). 1997. Historia Natural de Los Tuxtlas. UNAM-CONANBIO. México. 647 pp.
- Griminger, P. y C. G. Scanes. 1986. Protein metabolism. In Avian Physiology (Ed. P.D. Sturkie pp.326-344.
- Hellmayr, C. E. 1936. Catalogue of birds of the americas and adjacent, Part 9. Field Museum Natural History Zoological serie, 13(9):1-458.

- Herrera, M. L. G., Hobson, K. A., Hernández, P y Rodríguez, M. 2005. Quantifying differential responses to fruit abundant by two rainforest birds using long-term isotopic monitoring. *Auk*. 122:783-792.
- Herrera, M. L. G. y J. C. Reyna E. 2007. Stable carbon and nitrogen isotopic discriminations in whole blood of re-throated and tanagers *Habia fuscicauda*. *Journal Ornithology* 148:235-240.
- Hill, R. W. 1980. Fisiología animal comparada, un enfoque ambiental. Ed. Reverte, España, pp.901.
- Howell, N. G. S. y S. Webb. 1995. The birds of Mexico and Northern Central America. Oxford University Press. pp. 851.
- Ibarra Manríquez, G., M. Martínez Ramos., R. Dirzo y J. Núñez Farfán 1997. La vegetación. Historia Natural de Los Tuxtlas. Editores. González Soriano, E.R. Dirzo y R.C. Vogt. Pp 61-85.
- Isler, M. L. y P. R. Isler. 1987. The tanagers, natural history, distribution and identification. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- Izhaki I y U. N. Safriel 1989. Why are there so few exclusively frugivorous birds? Experiments on fruit digestibility. *Oikos* 54:23-32.
- Izhaki, I. 1994. A comparative analysis of the nutritional quality of mixed and exclusive fruit diets for yellow-vented bulbuls. *Condor* 94:912-923.
- Karasov, W. H. 1990. Digestion in birds: Chemical and physiological determinants and ecological implications. *Studies in Avian Biology*. No. 13: 391-415.
- Karasov, W. y D. J. Levey 1990. Digestive system trade-off and adaptations of frugivorous passerine birds. *Physiological Zoology* 63(6): 1248-1270.
- Klasing, K.C.1998. Comparative avian nutrition. Ed. Cab International New York 350 pp

- Koutsos, E. A., J. Smith, L. W. Woods y K. C. Klasing. 2001. Adult Cockatiels (*Nymphicus hollandicus*) metabolically adapt to high protein. *Journal of Nutrition* 131:2014-2020.
- Levey, D. L. 1987. Seed size and fruit-handling techniques of avian frugivores. *The American Naturalist* 129 (4): 471-484.
- Levey, D. L. y A. Grajal. 1991. Evolutionary implications of fruit-processing limitation in cedar waxwings. *The American Naturalist* 138:171-189.
- Levey, D. J., H. A. Bissell, y S. F. O'keefe. 2000. Conversion of nitrogen to protein and amino acids in wild fruits. *Journal of Chemical Ecology*. 26 7:1749-1763.
- Levins, R. 1968. Evolution in changing environments. Some theoretical explorations. Princeton University Press. 120 p.
- Loiselle, B. A. y J. G. Blake. 1990. Diets of understory fruiting-eating birds in Costa Rica. pp. 91-103. en: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). *Avian foraging: Theory, methodology, and applications*. Studies in Avian Biology. No. 13.
- López-Calleja, M.V., M.J. Fernández y F. Bozinovic. 2003. The integration of energy and nitrogen balance in the hummingbird *Sephanoides sephanoides*. *The Journal of Experimental Biology* 206:3349-3359.
- Martín del Pozo, A. L. 1997. Geología. Historia Natural de los Tuxtlas. Ed. González Soriano, E. R. Dirzo y R. C. Vogt. pp. .
- Martín, E. W. 1968. The effects of dietary protein on the energy and nitrogen balance of the tree sparrow (*Spizella arborea arborea*). *Physiological Zoology* 41:313-331.
- Martinez del Rio, C. 1994. Nutritional ecology of fruti-eating and flower-visiting birds and bats In: D. Chivers and P. Langer (eds) *Food and form and function of the mammalian digestive tract*: 103-127. Cambridge, Cambridge University Press.

- Martinez del Río, C., J. E. Schondube., T. J. McWhorter y L. G. Herrera M. 2001. Intake Responses in Nectar Feeding Birds: Digestive and metabolic causes, osmoregulatory consequences, and coevolutionary effects. *Amer. Zool.* 41:902-915.
- Mattson, W.J. 1980. Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annual Review of Ecology and Systematics.* 11:119-161.
- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh y C. A. Morgan. 1995. *Nutrición Animal*, 5a edic. Acriba. Zaragoza, España. pp. 576.
- McWhorter, T. J., D. R. Powers y C. Martínez del Río. 2003. Are hummingbirds facultatively ammonotelic? Nitrogen excretion and requirements as a function of body size. *Physiological and Biochemical Zoology* 76(5):731-743.
- Merritt, J. J. 1986. The dietary requirement for methionine and its distribution as influenced by diet in the dark-eyed junco (*Junco hyhemalis*). Ph.D. dissertation, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio.
- Milton K. y F. R. Dintzis. 1981. Nitrogen-to-protein conversion factors for tropical plant samples. *Biotropica* 13(3):1771-181.
- Moermond T.C. y J. S. Denslow. 1985. Neotropical avian frugivores: patterns of behavior, morphology and nutrition, with consequences for fruit selection. In. P.A. Buckley, M.S. Foster, E.S. Morton, R.S. Ridgley y F.G. Buckley (eds) *Neotropical Ornithology*: 865-897. *Ornithological Monograph No. 36*. American Ornithologists' Union, Washintong D.C.
- Morse, D. H. 1990. Food exploitation by birds: Some current problems and future goals. pp134-143. en: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). *Avian foraging: Theory, methodology, and applications*. *Studies in Avian Biology*. No. 13.
- Morton, E. S. 1973. On the evolutionary advantages and disadvantages of fruit eating in tropical birds. *American Natiralist* 107:8-22.

- Murphy, M. E. 1993a. The protein requirement for maintenance in the white-crowned sparrow, *Zonotrichia leucophrys gambelii*. Canadian Journal of Zoology 71:2111-2120.
- Murphy, M. E. 1993b. The essential amino acid requirements for maintenance in the white-crowned sparrow, *Zonotrichia leucophrys gambelii*. Canadian Journal of Zoology 71:2121-2130.
- Murphy, M. E. 1996. Nutrition and metabolism. pp. 31-60. en: C. Carey (Ed.) Avian energetics and nutrition ecology. Edit. Chapman and Hall, New York
- Nagy, K. A. 1987 Field metabolic rate and food requirement scaling in mammals and birds. Ecological Monographs, 57 (2):111-128.
- Parrish Jr., J. W. y E. W. Martin. 1977. The effect of dietary lysine level on the energy and nitrogen balance of the dark-eye junco. Condor 79:24-30.
- Paton, D. C. 1982. The diet of the new holland honeyeater, *Phylidonyris novaehollandiae*. Australian Journal of Ecology 7:279-298.
- Peterson, T. R. y E. D. Chalif. 1989. Aves de México (Guía de campo) Ed. Diana México 473p.
- Pryor, G. S. 1999. Comparative protein requirements and digestive strategies of three species of parrots with distinct dietary specializations. M.S. thesis, University of Florida, Gainesville.
- Pryor, G. S. 2003. Proteins requirements of three species of parrots with distinct dietary specializations. Zoo Biology 22:163-177.
- Pryor, G. S.; D. J. Levey y E. Dierenfeld. 2001. Protein requirements of a specialized frugivore, pesquet's parrot (*Psittichas fulgidus*). Auk 118:1080-1088.
- Puebla, O. F. 1997. Algunos aspectos de la dieta de tres especies de aves en los Tuxtlas, Veracruz (*Habia fuscicauda*, *H. rubica* e *Hylocicla mustelina*). Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 69 pp.

- Ralph, C. J.; G. R. Geoffrey; P. Pyle; T. Martin E.; D. DeSante F. y B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Alabany, CA: Pacific Southewest Research Station. Forest Service, U.S. department of Agric. 44 p.
- Recher, H. F. 1990. Specialist or generalists: pp. 333-336. in: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). Avian foraging: Theory, methodology, and applications. Studies in Avian Biology. No. 13.
- Ricklefs, R. E. 1976. Growth rates of birds in the humid new world tropics. Ibis 118: 179-207.
- Robbins, C. T. 1981. Estimation of the relative protein cost of reproduction in birds. Condor 83:177-179.
- Robbins, C.T. 1993. Wildlife feeding and nutrition. Ed. Academia Press Inc. London
- Rosenberg, K. V. y R. J. Cooper. 1990. Approaches to avian diet analysis. pp. 80-90. en: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). Avian foraging: Theory, methodology, and applications. Studies in Avian Biology. No. 13.
- Roxburgh, L. y B. Pinshow. 2000. Nitrogen requirements of an old world nectarivore, the orange-tufted sunbird *Nectarina osea*. Physiological and Biochemical Zoology 73(5):638-645.
- Roxburgh, L. y B. Pinshow. 2002. Ammonotely in a passerine nectarivore: the influence of renal and post-renal modification on nitrogenous waste product excretion. The Journal of Experimental Biology 205: 1735-1745.
- Sabat, P., F. Novoa., F. Bozinovic y C. Martínez del Río. 1998. Dietary flexibility and intestinal plasticity in birds: A field and laboratory study. Physiological Zoology 71(2): 226-236.
- Sabat, P., E. Sepúlveda-Katan y K. Maldonado. 2004. Physiological and biochemical responses to dietary protein in the omnivore passerine *Zonotrichia capensis* (Emberizidae). Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 137:391-396.

- Singer, M. A. 2003. Do mammals, birds, reptiles and fish have similar nitrogen conserving systems? *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 134: 543–558.
- Smith, K. G. y J. T. Rotenberry. 1990. Quantifying food resources in avian studies. Present problems and future needs, pp. 3-5. en: Morrison, M. L., C. L. Ralph, J. Verner y R. Jehl Jr. (Eds). *Avian Foraging: Theory, methodology, and applications*. *Studies in Avian Biology*. No. 13.
- Schmidt-Nielsen, K. 1990. *Animal physiology: adaptation and environment*. Cambridge University Press, New York. 602 Pp.
- Snow, D. W. 1981. Tropical frugivorous birds and their food plants: A world survey. *Biotropica* 13:1-14.
- Soto, M. y L. Gama. 1997. Climas. *Historia Natural de Los Tuxtlas*. Ed. González Soriano, E. R. Dirzo y R. C. Vogt. Pp 7-23.
- Stapanian, M. A. 1982. A model for fruiting display: seed dispersal by birds for mulberry trees. *Ecology* 63:1432-1443.
- Tsahar, E., C. Martínez del Río, Z. Arad, J. P. Joy e I. Izhaki. 2005. Are the low protein requirements of Nectarivorous birds the consequence of their sugary and watery diet? A test with an omnivore. *Physiological and Biochemical Zoology* 78(2):239-245.
- Tsahar, E., C. Martínez del Río, I. Izhaki y Z. Arad. 2005. Can birds be ammonotelic? Nitrogen balance and excretion in two frugivores. *The journal of Experimental Biology* 208: 1025-1034.
- Tsahar, E., Z. Arad, I. Izhaki y C. Martinez del Río. 2006. Do nectar- and fruit-eating birds have coger nitrogen requirements than omnivores? An allometric test. *Auk* 123(4):1004-1012
- Thomas D.W. 1984. Fruit intake and energy budgets of frugivorous bats. *Physiological Zoology* 57:457-467.

- Townend, J. 2002. Practical statistics for environmental and biological scientists. John Wiley and Sons (edit). England. 276 p.
- Van Test, I. G. y S. W. Nicolson. 2001. Pollen and the nitrogen requirements of the lesser double-collar sunbird. *Auk* 117 (3):826-830.
- Walsberg, G. E. 1975. Digestive adaptation of *Phainopepla nitens* associated with the eating of mistletoe berries. *Condor* 77:169-174.
- Weglarczyk, G. 1981. Nitrogen balance and energy efficiency of protein deposition of the house sparrow, *Passer domesticus* (L.). *Ekologia Polska* 29:519-533.
- Willis, E. O. 1960. A study of the foraging behavior of two species of Ant-tangares. *Auk* 77:150-170.
- Willis, E. O. 1972. Taxonomy, ecology, and behavior of the sooty ant-tanager (*Habia gutturalis*) and Other Ant-tanagers (Aves). *American Museum Novitates*. 2480:1-38.
- Winker, K y F. Puebla-Olivares. 2004. Dieta y dispersión de semillas por dos especies de Tángara (*Habia*) en dos tipos de vegetación en Los Tuxtlas, Veracruz, México. *Ornitología Neotropical*.15:1-15.
- Witmer, M.C. 1998. Ecological and evolutionary implications of energy and protein requirements of avian frugivores eating sugary diets. *Physiological Zoology* 71:599-610.
- Worthington, A. H. 1989. Adaptations for avian frugivory: assimilation efficiency and gut transit time of *Manacus vitellinus* and *Pipra mentalis*. *Oecologia* 80:381-389.
- Wright, P. A. 1995. Nitrogen excretion: Three end products, many physiological roles. *Journal of Experimental Biology* 198:273-281.

APENDICE 1.

A.- COMPOSICIÓN DEL COMPLEMENTO MULTIVITAMINICO Y MINERALES EN LAS DIETAS DE GELATINA Y EXPERIMENTALES SUMINISTRADAS A *Habia fuscicauda*.

Complemento multivitamínico Marca Marvel^R frasco de 50 ml.			
Formula c/100 ml contiene:			
Componente	Nombre químico	Cantidad	Unidad
Vitamina A	Retinol	125,000	u.i.(unidades internacionales)
Vitamina B ₁₂	Cianocobalamina	500	mg
Vitamina E	<i>alfa</i> -Tocoferol	40	u.i.
Vitamina K	Menadiona	50	mg
Vitamina C	Ácido L-Ascórbico	50	mg
Nicotinamida	Ácido Piridín 3-carboxílico	200	mg
Ácido Pantoténico	Parte de Coenzima A	100	mg
Ácido Fólico	Ácido Pteroilmonoglutámico	3	mg
Fósforo	Fosfato bicálcico	90	mg
Calcio	Carbonato de calcio	80	mg

B. PERFIL DEL TIPO DE AMINOÁCIDOS QUE COMPONEN LA PROTEINA AISLADA DE SOYA EN DIETAS DE GELATINA Y EXPERIMENTALES SUMINISTRADAS A LAS TÁNGARAS.

Proteína Aislada de Soya Marca Protein 95™ frasco de 1.81 kg.		
Porción c/28.4g contiene:		
	Nombre químico	Cantidad (mg)
	L-Alanina	994
	L-Arginina	1817
	Ácido L-Aspártico	2840
	L-Cistina	312
	Ácido L-Glutámico	4761
	Glicina	994
	L-Histidina	596
	L-Isoleucina	1193
	L-Leucina	2016
	L-Lisina	1477
	L-Metionina	312
	L-Fenilalanina	1335
	L-Prolina	1335
	L-Serina	1250
	L-Treonina	937
	L-Triptofano	312
	L-Tirosina	937
	L-Valina	1164

APENDICE 2.

ANALISIS DE MUESTRAS.

El contenido total de nitrógeno y proteína se determinó en forma directa midiendo el total de nitrógeno y proteína de las muestras en un Analizador Elemental, Ce Instruments Flash EA1112 (Fig.1), que tiene un tablero sinóptico configurado en forma de circuito neumático controlado por un programa de software Eager 300 (1999), compatible al sistema operativo Windows 95/98/NT, para obtención, manejo e interpretación de datos, configurado al tipo de muestra que se requiere analizar y programar el aparato para análisis de N/Proteína, el cual es calibrado con curva blanco (0.0% de Nitrógeno) y tres muestras estándar a base de nitrógeno (ácido aspártico) en proporción conocida (10.52%).

De acuerdo con el manual de operación Eager 300 (1999) el analizador tiene una sección compuesta de dos hornos rodeados por una resistencia eléctrica conectados a dos filtros de adsorción de vidrio. En la columna analítica de la cámara termostática programable se encuentra un detector de conductividad térmica (TCD).

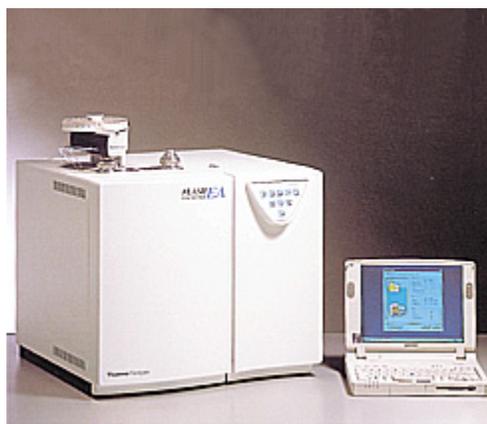
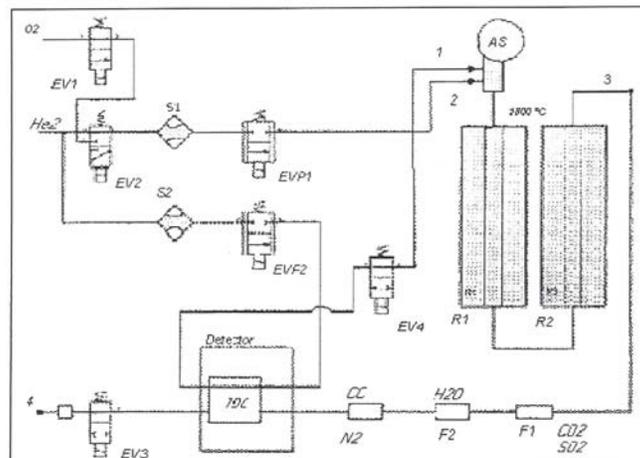


Figura 1. Analizador Elemental CE Instruments Flash EA1112

La sección de control consta de dos componentes:

- 1.- El compartimiento neumático con líneas electrónicas ajustadas a un controlador (EFC), asegura el cambio entre helio y oxígeno e interviene en sus valores de flujo.
- 2.- El compartimiento electrónico comprende un tablero controlado a través de un programa de software Eager 300, compatible al sistema operativo Windows 95/98/NT.

En el diagrama el helio fluye por dos sensores y dos válvulas interconectadas al analizador (AS), controlando el flujo de gas en todo el circuito hasta una tercera válvula (EV3) que agota el helio de la atmósfera a través de una ventila. La válvula proporcional (EVP2) conectada al canal de referencia del detector (RF), controla el flujo de helio en todo el circuito hasta una cuarta válvula (EV4), que una vez abierta permite que el helio fluya hasta alcanzar un punto del analizador y purgar la zona de muestra almacenada. La línea del oxígeno (O₂) está conectada a la válvula (EV1).



Secuencia del método:

Durante el pre-análisis, la válvula (EV1) cierra la conexión de oxígeno, mientras que la válvula (EV2) permite que el helio fluya en el circuito, en seguida la válvula (EV1) se abre, al mismo tiempo que la válvula EV2 permite el flujo de oxígeno hasta el reactor de combustión (R1), donde la pastilla de estaño con la muestra cae después de algunos segundos al reactor de combustión extremadamente oxidado que dispara una reacción exotérmica a 1800 °C

(pirolisis). Al finalizar esta etapa las válvulas EV1 y EV2 regresan a su posición original restaurando el flujo de helio.

En el interior del analizador dos columnas cromatográficas permiten y registran la separación de gases (N_2 , CO_2 , H_2O y SO_2) generada por la combustión que se transportan al reactor R1 de aleación especial para completar la oxidación. En seguida la mezcla cruza el reactor R2 donde los óxidos de nitrógeno son convertidos en nitrógeno elemental y se retiene el exceso de oxígeno. Cuando los gases pasan por los filtros de absorción (F1 y F2) conectados, en el primero se retiene carbono y dióxidos de sulfuro, mientras que el segundo filtro tiene una trampa de agua.

El nitrógeno elemental formado pasa entre la columna cromatográfica (CC) donde a su vez es trasladado a una cámara termostática y detectado por conductividad térmica (TCD) que genera una señal eléctrica procesada por el software como resultado del porcentaje nitrógeno-proteína total.