

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA**



Efecto del Complejo B y vitaminas A, D₃ y E, sobre el crecimiento de las plumas remeras, en loros cariamarillos (Amazona autumnalis) en cautiverio en el Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén.

Informe de Tesis

Presentado por

Aura María del Rosario Durán Mejía

Para optar al título de

Licenciada en Biología

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

Guatemala, marzo de 2003

DL
06
T(933)

JUNTA DIRECTIVA

M.Sc. Gerardo Leonel Arroyo Catalán	Decano
Licda. Jannette Magali Sandoval de Cardona	Secretaria
Licda. Gloria Elizabeth Navas Escobedo	Vocal I
Lic. Juan Francisco Pérez Sabino	Vocal II
Dr. Federico Adolfo Richter Martínez	Vocal III
Br. Jorge José García Polo	Vocal IV
Br. Liza Leonor Carranza Jui	Vocal V

AGRADECIMIENTOS

- | | |
|---|--|
| MV. Héctor Fuentes R y M.Sc. MV. Dennis Guerra C. | Por sus enseñanzas, ayuda, amistad, paciencia y asesoría de este trabajo. |
| Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre – ARCAS y el Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS, Petén | Por el apoyo brindado para realizar esta tesis. |
| MV. Miguel Fernando Martínez G | Por toda su ayuda y apoyo durante todo el tiempo en que se trabajó esta tesis. |
| Guardarrecursos y voluntarios del Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS, Petén | Por toda la ayuda dada para el cuidado y el trabajo con los loros. |
| Lic. José Fernando Díaz Coppel | Por su apoyo y ayuda en la revisión de este trabajo. |

ACTO QUE DEDICO A

Dios	Por todas sus bendiciones y permitirme llegar hasta aquí
Mis padres y hermanos	Carlos Fernando Durán Hernández, Aura Mejía Rosal de Durán, Carlos Fernando Durán Mejía y, Oscar Armando Durán Mejía; por todo lo que me han dado y por ser mis cuatro razones para vivir
Mis abuelos, tíos, primos y sobrinos	Por ser mi familia y brindarme todo su cariño, apoyo, paciencia, tiempo y comprensión
Mis amigas y amigos	Por el cariño y amistad que me han brindado en las buenas y en las malas, y por ser mi otra familia
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi alma mater

ÍNDICE

I.	Resumen	1
II.	Introducción	3
III.	Antecedentes	5
3.1	Generalidades de la familia Psittacidae	5
3.2	Descripción del loro cariamarillo <i>Amazona autumnalis</i>	5
3.2.1	Clasificación taxonómica	5
3.2.2	Generalidades sobre <i>Amazona autumnalis</i>	6
3.2.3	Historia natural	6
3.2.4	Distribución	7
3.3	Descripción del plumaje	7
3.3.1	Plumas remeras o remigias	8
3.3.2	El proceso de muda	9
3.3.3	Líneas de estrés	10
3.4	Descripción de las vitaminas A, D ₃ , E, Complejo B y su papel en procesos fisiológicos	10
3.4.1	Vitamina A	10
3.4.2	Vitamina D	11
3.4.3	Vitamina E	11
3.4.4	Complejo B	12
3.4.4.1	Vitamina B ₁	12
3.4.4.2	Vitamina B ₂	12
3.4.4.3	Niacina	13
3.4.4.4	Vitamina B ₆	14
3.4.4.5	Ácido pantoténico	14
3.4.4.6	Biotina	14
3.4.4.7	Ácido fólico	15
3.4.4.8	Vitamina B ₁₂	15
IV.	Justificación	17
V.	Objetivos	18
5.1	Objetivos generales	18
5.2	Objetivos específicos	18

VI.	Hipótesis	19
VII.	Materiales y métodos	20
7.1	Universo	20
7.2	Materiales	20
7.2.1	Recursos humanos	20
7.2.2	Recursos institucionales	20
7.2.3	Equipo	20
7.3	Procedimiento	21
7.3.1	Área de estudio	21
7.3.2	Establecimiento de los grupos experimentales	22
6.3.2.1	Dietas ofrecidas	22
7.3.3	Remoción de las plumas	22
7.3.4	Tratamientos	23
7.3.5	Toma de datos	24
7.3.6	Medición del crecimiento de las plumas	24
7.3.7	Análisis estadístico	25
VIII.	Resultados	26
8.1	Comportamiento de crecimiento medio a lo largo del período de muestreo	26
8.2	Efecto de los tratamientos	30
8.2.1	Comparación entre tratamientos	30
8.3	Comparación de crecimiento entre ala izquierda y ala derecha	31
IX.	Discusión de resultados	33
9.1	Comportamiento del crecimiento medio de las plumas remeras emergentes a lo largo del período de muestreo	33
9.2	Efecto y comparación de los tratamientos sobre las plumas remeras emergentes	38
9.3	Comparación del crecimiento de las plumas remeras emergentes entre ala izquierda y ala derecha	39
X.	Conclusiones	41
XI.	Recomendaciones	42
XII.	Referencias	43
XIII.	Documentos citados de internet	45

XIV. Anexos	46
Anexo 1. Diagrama de una pluma	46
Anexo 2. Diagrama de disposición de barbas y bárbulas	46
Anexo 3. Disposición y numeración del plumaje	47
Anexo 4. Diagrama del crecimiento de una pluma	48
Anexo 5. Distribución de loros <i>Amazona autumnalis</i> utilizados	49
Anexo 6. Boleta de datos para la medición de plumas remeras emergentes	50
Anexo 7. Crecimiento uniforme de plumas remeras emergentes	51
Anexo 8. Crecimiento desigual de plumas remeras emergentes	51
Anexo 9. Líneas de estrés en plumas remeras emergentes	52

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1. Gráfica 1. Comportamiento del crecimiento medio del ala izquierda con los tres tratamientos y el control.	29
2. Gráfica 2. Comportamiento del crecimiento medio del ala derecha con los tres tratamientos y el control	29
3. Gráfica 3. Comportamiento del crecimiento medio de ambas alas con los tres tratamientos y el control	29

ÍNDICE DE TABLAS

1. Tabla 1. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con complejo vitamínico AD ₃ E	26
2. Tabla 2. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con vitaminas del complejo B	27
3. Tabla 3. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con la combinación de complejo vitamínico AD ₃ E y complejo B	27
4. Tabla 4. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras del grupo control (Agua destilada)	28
5. Tabla 5. Razón o tasa de crecimiento medio a partir de la aparición de cartuchos pequeños en ambas alas	28
6. Tabla 6. Comparación entre tratamientos y control para el ala izquierda	30
7. Tabla 7. Comparación entre tratamientos y control para el ala derecha	31
8. Tabla 8. Comparación entre tratamientos y control para ambas alas	31

I. Resumen

El tráfico ilegal de mascotas en Guatemala es severo. Uno de los grupos más afectados son los psitácidos, ya que existe comercio con individuos muy jóvenes que no han terminado su emplume y con adultos a los cuales se les cortan las plumas remeras de vuelo para evitar que escapen. El tiempo de regeneración del plumaje de vuelo es muy largo, lo cual dificulta la incorporación de estos individuos de nuevo a su hábitat; además no existen estudios formales que aborden este problema.

Con el objeto de generar información sobre el efecto de las vitaminas A, D₃, E y del complejo B sobre el proceso de regeneración de las plumas remeras en loros cariamarillos (*Amazona autumnalis*), se realizó un experimento utilizando tres tratamientos vía intramuscular: solamente complejo vitamínico AD₃E, solamente complejo B, y una combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B; además de un grupo control que recibió agua destilada, también vía intramuscular. Las dosis aplicadas fueron tomadas a partir del "Exotic Animal Formulary" (Carpenter *et al* 1996).

Se trabajó con un grupo de 40 loros cariamarillos adultos (*Amazona autumnalis*), producto del decomiso de tráfico ilegal de fauna, que se encontraban en el Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS, Petén. Los tratamientos se aplicaron cada 15 días y se tomaron medidas de las plumas emergentes de cada individuo cada 15 días durante ocho semanas.

Se encontró variación entre el crecimiento medio de las plumas remeras emergentes con los tratamientos contra el grupo control. Entre los tratamientos el que presentó mayor efecto y diferencia estadísticamente significativa, en cuanto a crecimiento, fue el complejo vitamínico AD₃E. El complejo B presentó diferencia contra el grupo control, pero no hubo diferencia significativa con la combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B. Tampoco hubo diferencia significativa entre la combinación de

complejo vitamínico AD₃E y complejo B contra el grupo control en ninguno de los análisis.

El estudio también reflejó que no existe diferencia estadísticamente significativa entre el crecimiento medio de las plumas remeras del ala derecha y el ala izquierda, por lo que los datos combinados de ambas alas refleja adecuadamente el comportamiento del crecimiento medio de todas las plumas remeras emergentes.

En conclusión se recomienda realizar estudios adicionales sobre la acción de las vitaminas en los procesos de regeneración de plumaje en otras especies de aves que también son depredadas por el tráfico ilegal de mascotas; e implementar este tipo de procedimiento dentro de los procesos de rehabilitación de aves decomisadas y los proyectos de refuerzo de poblaciones silvestres.

II. Introducción

En Guatemala, el problema del tráfico ilegal de loros es muy grave. En la mayoría de los casos, los psitácidos adultos decomisados o incautados tienen las plumas remeras o remigias (plumas primarias y secundarias) recortadas para impedir que estos escapen.

Para la rehabilitación y liberación de psitácidos, estos deben poseer las alas con plumaje de vuelo completo. En estado silvestre las plumas dañadas se cambian o mudan una a una para que el animal siempre pueda volar. La regeneración de cada pluma tarda meses y la muda de psitácidos del género *Amazona* es de ciclo bianual (Harrison *et al* 1994).

En Guatemala actualmente funcionan tres centros de rescate: Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS (Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre) Petén, Centro de Rescate de Vida Silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala e Indigo en Izabal; en donde se rehabilitan loros. Uno de los principales problemas es que estos loros llegan con las plumas remeras recortadas y el proceso de regeneración de éstas es sumamente tardado, en la mayoría de casos ha pasado un año y los loros aún no han regenerado estas plumas (Guerra D 2001; Martínez F 2001). En la actualidad no existen estudios formales que ataquen este problema.

La lenta regeneración de las plumas remeras que han sido cortadas limita cualquier incorporación de individuos hacia el medio silvestre. Mientras más tiempo pasa un animal en cautiverio es más difícil su liberación, debido principalmente a aspectos etológicos como por ejemplo la habituación a la presencia humana, domesticación y el desarrollo de comportamientos de cautiverio. Por lo tanto, es necesario generar información sobre factores que puedan "acelerar" el tiempo de regeneración de las plumas después de un recorte o un arrancamiento.

El presente estudio pretende evaluar el efecto de tres tratamientos (vitaminas A, D₃, y E; complejo B; y la combinación de ambas) sobre el crecimiento de las plumas nuevas en loros adultos que han tenido un recorte de sus plumas remeras, con el objeto de aminorar el tiempo que estos pasan en cautiverio previo a su translocación al medio silvestre.

III. Antecedentes

3.1 Generalidades de la familia Psittacidae

Aves de formas constantes en todas las especies que constituyen el grupo, al grado de que una vez conocido su aspecto externo, es sumamente fácil ver que se trata de aves de esta familia. Sus colores son variados en otras regiones del mundo, pero en la mayoría de especies americanas el verde es el color dominante y típico (Álvarez DT 1980). El cuerpo es robusto, el cuello es corto con el pico fuerte y ganchudo, las patas son zigodáctilas (dos dedos hacia adelante y dos hacia atrás). Esta familia se encuentra distribuida en los trópicos y subtropicos de ambos hemisferios (Howell y Webb 1995). Muchas de estas especies corren peligro en diversas áreas, porque se les atrapa sin moderación para venderlas como mascotas. Su alimento básico esta constituido principalmente de frutas, nueces, semillas y néctar (Martínez F 2001).

3.2 Descripción del loro cariamarillo *Amazona autumnalis*

3.2.1 Clasificación taxonómica

(*Amazona autumnalis*) (Smith F 1986)

Reino	Animalia
Phylum	Chordata
Clase	Aves
Orden	Psittaciformes
Familia	Psittacidae
Género	<i>Amazona</i>
Especie	<i>autumnalis</i>

3.2.2 Generalidades sobre *Amazona autumnalis*

Es un loro grande de un tamaño aproximado de 300-325 mm (de la cabeza a la cola), de frente roja y un parche amarillo a los lados de la cara. Los adultos son de color generalmente verde, más intenso por arriba. La frente es roja. La corona y parte posterior del cuello azulados. Presentan una mancha amarilla bajo los ojos (Burton y Burton 1974). Las plumas primarias son verde y negro y las secundarias rojas. La cola es cuadrada, las plumas verde oscuro en su mitad basal y verde claro en la punta. El iris es amarillo. La piel alrededor de los ojos es amarillenta, el pico es blancuzco y negro en la base. Las patas son negruzcas. Los jóvenes son similares a los adultos pero carecen de la mancha amarilla en las mejillas y presentan el rojo de la frente más o menos mezclado con verde y el pico más blanco (Álvarez DT 1980).

3.2.3 Historia natural

Son aves de hábitos diurnos, viven en las copas de los árboles altos de los bosques tropicales, generalmente vuelan en parejas o en pequeñas parvadas (Howell y Webb 1995). Trepan por los árboles utilizando tanto el pico como las patas. A diferencia de la mayor parte de aves, pueden sujetar el alimento con una sola pata. Su dieta consiste en frutas y semillas silvestres, probando el alimento con su lengua antes de ingerirlo (Smith F 1986).

Generalmente anidan en los huecos de los árboles, pero algunos utilizan los hoyos del terreno o las grietas de las rocas. Los huevos son casi esféricos, blancos y algo brillantes. La nidada varía de dos a tres huevos. La incubación es realizada únicamente por la hembra, y tiene una duración de 25 a 26 días. El recién nacido es de color rosado, tiene el pico claro y las uñas débiles. La hembra cría a los polluelos por espacio de dos meses, mientras el macho los alimenta por regurgitación (Howell y Webb 1995).

3.2.4 Distribución

Desde el este de México hasta Brasil (Howell y Webb 1995).

3.3 Descripción del plumaje

Las plumas son estructuras especializadas que poseen en forma exclusiva la clase Aves. Embriológicamente la pluma se inicia como una papila dérmica con una capa suprayacente de epidermis, de la cual procede la formación córnea final (Orr R 1978). Los folículos plumosos están formados por invaginaciones de la piel. La pared folicular tiene abundantes fibras nerviosas sensoras, y la papila, pulpa y músculos de la pluma también poseen mucha inervación (Harrison *et al* 1994).

Las tres principales funciones de las plumas son vuelo, aislamiento térmico y proporcionar una cobertura a prueba de agua. El plumaje puede tener funciones en el cortejo, defensa y comportamientos territoriales agresivos. En la mayoría de aves, el cuerpo se divide en áreas que contienen folículos plumosos (pterilio) y áreas en que no las poseen (apterilios) (Harrison *et al* 1994)

El eje principal de la pluma recibe el nombre de cañón o tubo, cuya porción proximal llamada cálamo, es hueca y carece de membranas. El resto del cañón, conocido como ráquis, está lleno de médula y posee una membrana o vexilo a cada lado (ver anexo 1). Esta membrana está compuesta de barbas, las cuales se extienden lateralmente hacia afuera a partir del ráquis, y de bárbulas que a su vez se dirigen hacia afuera desde las barbas; así, las hileras vecinas de bárbulas se superponen entre sí. La punta y la parte inferior de cada bárbula posee pequeños filamentos llamados barbicelos o ganchos que ayudan a conservar superpuestas y unidas las bárbulas (ver anexo 2). En algunas aves se observa una segunda pluma completa en todos los aspectos que arranca de la parte posterior del cañón en la unión del ráquis y el cálamo. Esta pluma accesoria se llama hiporáquis (Orr R 1978). La

superposición de las barbas y barbículas sirven para mejorar la capacidad aislante y crean una superficie aerodinámica que facilita el vuelo (Harrison *et al* 1994).

Las plumas se pueden caracterizar por la estructura del ráquis, barbas y bárbulas; y se dividen en diez tipos (Harrison *et al* 1994):

- 1) Plumas de contorno
- 2) Plumas cobertoras
- 3) Plumas remeras o remigias
- 4) Plumas rectrices
- 5) Plumón – neópilos en juveniles y teleóptilos en adultos
- 6) Plumón polvoriento
- 7) Semiplumas
- 8) Cerdas
- 9) Filoplumas
- 10) Rictales

3.3.1 Plumas remeras o remigias

Las plumas remeras son las plumas largas y firmes que se encuentran en el ala y son las principales responsables del vuelo. Estas plumas son asimétricas y tienen un ráquis enteramente pinnado. Las remeras que provienen del periosteo del metacarpo se llaman primarias, y aquellas que provienen del periosteo de la ulna se llaman secundarias. Las primarias se numeran de forma proximal a distal (dígito), mientras que las secundarias se numeran de forma distal (carpo) a proximal (codo) (ver anexo 3). El número de plumas primarias y secundarias varía según las especies (Harrison *et al* 1994).

3.3.2 El proceso de muda

La muda es el proceso en el cual el crecimiento de una pluma nueva causa la pérdida de una pluma vieja (Orr R 1978). Una pluma nueva que aún se encuentra dentro del cartucho se llama pluma naciente. Las características físicas y apariencia de las plumas están controladas por factores que afectan el desarrollo de la pluma en el borde del collar epidérmico. Cualquier agente infeccioso o anomalía sistémica que altere la disponibilidad de nutrientes o el flujo sanguíneo durante el desarrollo, alterarán la apariencia de la pluma. Además, cualquier daño al collar epidérmico se manifestará con el crecimiento de una pluma anormal (Harrison *et al* 1994).

Las plumas crecen a partir de la base y maduran conforme crecen hacia arriba y hacia fuera (ver anexo 4). La pluma en crecimiento se compone de la epidermis externa y la pulpa interna. Las orillas de las barbas, ráquis e hiporáquis se forman por la epidermis conforme su crecimiento longitudinal. El crecimiento lateral a partir de la capa basal forma el cartucho queratinizado (Harrison *et al* 1994).

Una vez ha sido estimulado el crecimiento de una nueva pluma dentro del folículo, el proceso de muda es puramente mecánico, y depende estrictamente del desarrollo de la pluma nueva (Harrison *et al* 1994).

El proceso de la muda en aves adultas ocurre de manera cíclica. El ciclo de muda se define como el período desde que aparece una pluma nueva, hasta que aparece su repuesto. La duración del ciclo para la mayoría de las aves es de un año. Los psitaciformes grandes pueden tener un ciclo de dos años, en el caso de psitácidos del género *Amazona* se ha documentado un ciclo bianual (Harrison *et al* 1994).

La desnutrición puede afectar la velocidad de la muda y el estado de las plumas en desarrollo. El período de muda incrementa el metabolismo del ave, así como la demanda de proteína (Harrison *et al* 1994).

3.3.3 Líneas de estrés

Las líneas de estrés son líneas translúcidas que recorren el vexilo. Éstas anomalías ocurren por una displasia segmental que ocurre en las barbas y bárbulas en desarrollo que representa un breve período de disfunción en el collar epidérmico. Estas líneas pueden ser inducidas por la administración de corticoesteroides exógenos, sugiriendo que realmente son marcas de estrés. Estas lesiones también pueden ser provocadas por la restricción física, enfermedad, un breve período de carencia alimenticia, y exposición a factores ambientales extremos (Harrison *et al* 1994).

3.4 Descripción de vitaminas A, D₃, E, Complejo B y su papel en procesos fisiológicos

3.4.1 Vitamina A

La vitamina A (retinol, axeroftol) en sentido estricto es un alcohol, aunque en la naturaleza se presenta principalmente como éster de ácido graso. Como formas comerciales se emplean principalmente el acetato de vitamina A y el palmitato de vitamina A. (Laboratorios Roche 1972).

Todos los animales requieren de una fuente dietética de vitamina A. La vitamina A no se encuentra directamente en productos vegetales, sino que se encuentra como su precursor, caroteno; el cual es transformado en vitamina A activa dentro del cuerpo. Algunas fuentes naturales de vitamina A son: aceites de pescado, leche, yema

de huevo, hígado, partes verdes de las plantas, zanahoria, camote y calabaza (Maynard LA, Loosli JK 1962).

La vitamina A desempeña un papel importante en el proceso de la visión, interviene además en la formación y función de las células epiteliales de la piel. Por ello, la carencia de vitamina A produce una degeneración y queratinización de los tejidos epiteliales (Harrison *et al* 1994).

La función mas estudiada de la vitamina A es su rol en la visión, pero la acción de mayor impacto de la vitamina A en la medicina aviar es su efecto en el crecimiento y diferenciación de tejidos epiteliales (Laboratorios Roche 1972).

3.4.2 Vitamina D

Existen dos formas predominantes de vitamina D: ergocalciferol (vitamina D₂), derivada de plantas; y cholecalciferol (vitamina D₃), producida exclusivamente en el cuerpo del ave (Laboratorios Roche 1972). En todas las aves estudiadas, se considera que la vitamina D₃ es una fuente 30 a 40 veces más potente que la vitamina D₂, en cuanto a la actividad de la vitamina D. Algunas fuentes de vitamina D son aceites de hígado de pescado, yema de huevo e hígado (Harrison *et al* 1994).

El rol fisiológico más importante de la vitamina D es la homeostasis de los niveles de calcio y fósforo. También hay evidencia de su participación en diferenciación celular y regulación del sistema inmunológico (Harrison *et al* 1994)

3.4.3 Vitamina E

La vitamina E, en esencia es un antioxidante biológico que funciona a nivel inter e intracelular, evitando la oxidación de

compuestos lípidos saturados en la célula, manteniendo así la integridad de la membrana. Algunas fuentes naturales de vitamina E son: aceites vegetales, aceite de girasol, semillas de girasol, soya, germen de alfalfa, germen de trigo, diversos cereales y productos derivados de peces (Harrison *et al* 1994).

3.4.4 Complejo B

3.4.4.1 Vitamina B₁

Llamada también tiamina, porque su estructura básica contiene un anillo diazol y otro de pirimidina; el sinónimo de aneurina se refiere a sus características antineuríticas. Se encuentra en el pericardio, en el germen de trigo, la levadura, verduras, frutas y patatas, así como en órganos animales, principalmente hígado y riñón, yema de huevo y la leche (Laboratorios Roche 1972).

La vitamina B₁ interviene como éster pirofosfórico en el proceso normal del metabolismo de los carbohidratos a lípidos. Además interviene como coenzima, vinculada a la obtención de energía y manufactura de nucleótidos y ácidos nucleicos (Laboratorios Roche 1972).

Una carencia grave de tiamina puede manifestar los siguientes síntomas: trastornos cardiovasculares y trastornos nerviosos (Laboratorios Roche 1972).

3.4.4.2 Vitamina B₂

Llamada riboflavina, se compone del colorante flavínico y el azúcar ribosa. En forma libre la vitamina B₂ parece hallarse en cantidades más importantes solamente en la leche, la orina y la retina. Los alimentos con importancia para el abastecimiento de la

vitamina B₂ son hígado, riñón, corazón, carne, pescado, levadura, leche, queso, huevos y verduras (Laboratorios Roche 1972).

La vitamina B₂ juega un papel importante en la desintegración de los ácidos grasos. Hasta ahora nada preciso se sabe con respecto a la verdadera función de la vitamina B₂ en el ojo o su eventual intervención en el proceso de la visión (Laboratorios Roche 1972).

La vitamina B₂ actúa como un componente de las coenzimas mononucleótido de flavina (FMN) o dinucleótido de flavina y adenina (FAD), que son responsables de varias reacciones en la utilización de carbohidratos, lípidos y proteínas (Harrison *et al* 1994).

3.4.4.3 Niacina

El ácido nicotínico (niacina) y la nicotinamida (niaciamina) tienen el mismo efecto vitamínico. Los sinónimos menos empleados de vitamina PP y factor PP se refieren a su efecto como factores de protección de la pelagra (Laboratorios Roche 1972). Algunas fuentes de niacina son: productos de levadura, semillas de girasol, subproductos de carnes y pescado, manías, germen de trigo y alfalfa, diversos cereales (Harrison *et al* 1994).

Se encuentra presente en el dinucleótido de nicotinamida y adenina (NAD) y el nucleótido fosfato de nicotinamida y adenina (NADP), que son coenzimas importantes para el metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas y especialmente en procesos energéticos. Estas funciones son críticas para la generación de energía para el cuerpo así como mantener la integridad de los tejidos, especialmente la piel, tracto alimenticio y sistema nervioso (Harrison *et al* 1994).

3.4.4.4 Vitamina B₆

La vitamina B₆ se refiere a un grupo de tres compuestos: piridoxal, piridoxamina y piridoxal fosfato. Piridoxal es la forma que se encuentra predominantemente en plantas, los otros dos se encuentran principalmente en tejidos animales (Harrison *et al* 1994).

La forma metabólicamente activa de la B₆, piridoxal fosfato, participa en una gran cantidad de sistemas enzimáticos como coenzima. Es requerida en todas las áreas de utilización de amino ácidos, la síntesis de niacina a partir del triptófano y en la formación de anticuerpos (Harrison *et al* 1994).

3.4.4.5 Ácido pantoténico

El ácido pantoténico es un componente estructural de la Coenzima A (Harrison *et al* 1994). Se halla especialmente en hígado, riñón, músculo, cerebro y yema del huevo, así como en la levadura, cereales y algunas plantas (Laboratorios Roche 1972).

Como componente de la Coenzima A, se incorpora a la célula, y es ésta su forma biológicamente activa (Laboratorios Roche 1972). La Coenzima A es una de las coenzimas críticas en el metabolismo de tejidos y el ciclo de Krebs (Harrison *et al* 1994)

3.4.4.6 Biotina

La biotina natural existe en parte en forma libre (verduras, frutas, leche, salvado de arroz) y en parte aparece también unida a proteínas (órganos animales, semillas vegetales, levadura) (Laboratorios Roche 1972).

Está ligada a una serie de reacciones de carboxilación, las que producen sobre todo desintegración de aminoácidos. La reacción de carboxilación condicionada por la biotina de la acetil Coenzima A, representa pues, para el organismo una reacción clave en la formación de los ácidos grasos. La biotina interviene también en la síntesis de diversas proteínas (albúmina sérica) y de la enzima amilasa, que degrada el almidón (Laboratorios Roche 1972).

3.4.4.7 Ácido fólico

En la naturaleza el ácido fólico se encuentra principalmente como conjugado; en concentraciones mínimas aparece en casi todas las células vivas. Los conjugados del ácido fólico se encuentran en el hígado, riñón, músculo, leche, queso, verduras de hoja oscura, coliflor, leguminosas y germen de trigo (Laboratorios Roche 1972).

El rol metabólico principal del ácido fólico es el transporte de compuestos monocarbonados en una variedad de reacciones. Esta función es particularmente importante en el metabolismo de aminoácidos, en la bioconversión de aminoácidos y la biosíntesis de nucleótidos (Harrison *et al* 1994).

3.4.4.8 Vitamina B₁₂

Ocurre naturalmente en forma de coenzima unida a una proteína. La mayor parte de vitamina B₁₂ del organismo se encuentra en el hígado y el músculo, y en menores cantidades en la glándula pituitaria, riñón, corazón, bazo y cerebro (Laboratorios Roche 1972).

La vitamina B₁₂ es un componente crítico de varias rutas metabólicas que involucran compuestos monocarbonados y son muy importantes para la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, así como de carbohidratos y lípidos (Harrison *et al* 1994).

Una deficiencia de vitamina B₁₂ resulta en el entorpecimiento de síntesis de proteínas causando la falla o retardo de la división celular normal. Esto afecta la tasa de crecimiento e ingesta, puede resultar en desórdenes nerviosos y mala calidad del plumaje, entre otros (Harrison *et al* 1994).

IV. Justificación

El tráfico ilegal de aves, en particular psitácidos, es muy alto en Guatemala. El loro cariamarillo *Amazona autumnalis* es uno de los más depredados en la región petenera. Los datos de ingresos para el Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS Petén, muestran que en el año 2000 ingresaron 221 aves, de las cuales 106 fueron *A. autumnalis*; y que en el 2001 de 350 aves ingresadas, 145 fueron *A. autumnalis*. Según estos datos el 47.96% en el año 2000 y el 41.43% en el año 2001 de los ingresos de avifauna estuvo compuesto por esta especie. Las demás especies de psitácidos tuvieron un menor número de individuos ingresados en ambos años (Kobayashi M 2000, 2001).

Generalmente todos los loros juveniles y adultos que se decomisan y llegan al Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS Petén llegan con las plumas primarias y secundarias recortadas para impedir su vuelo; por lo que es imposible regresarlos inmediatamente a su hábitat natural. Es necesario esperar a que posean un plumaje de vuelo completo antes de intentar translocarlos a un área adecuada para su supervivencia.

Como se mencionó anteriormente, el período de regeneración de una pluma es variable, tardando a veces varios meses o años para mudar todas las plumas naturalmente y recobrar un plumaje de vuelo completo. Debido a la necesidad de la liberación rápida de los loros decomisados, para evitar su domesticación y poder translocarlos exitosamente, se hace necesario la investigación de sustancias que puedan acelerar el crecimiento de las plumas.

Se escogieron las vitaminas por su fácil aplicación, dosificación y disponibilidad en el mercado y falta de estudios sobre el efecto que puedan tener sobre el crecimiento de las plumas. Entre las vitaminas disponibles se escogieron A, D₃, E y complejo B por sus roles fisiológicos en procesos epidérmicos y diferenciación celular; ya que las plumas estructuras especializadas derivadas de la epidermis.

V. Objetivos

5.1 Objetivos generales

Generar información sobre la acción de las vitaminas A, D₃, E y del complejo B en el proceso de regeneración del plumaje en loros cariamarillos (*Amazona autumnalis*).

5.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto de tres tratamientos (vitaminas del complejo B; vitaminas A, D₃, E; y la combinación de ambas) sobre el crecimiento de las plumas remeras en loros cariamarillos.

Determinar si existe diferencia en el crecimiento de las plumas remeras, entre los tratamientos a evaluar.

Determinar si existe diferencia en el crecimiento de las plumas remeras del ala derecha y del ala izquierda, dentro de cada tratamiento.

VI. Hipótesis

El crecimiento de las plumas remeras no varía entre cada tratamiento y el control, y entre tratamientos, a lo largo del tiempo de muestreo.

El crecimiento de las plumas remeras del ala derecha no difiere del ala izquierda, dentro de cada tratamiento, a lo largo del tiempo de muestreo.

VII. Materiales y métodos

7.1 Universo

Cuarenta loros cariamarillos (*Amazona autumnalis*), de edad similar, con las plumas remeras primarias y secundarias recortadas, sin signos clínicos de enfermedad o deficiencia vitamínica y de sexo desconocido del Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS Petén. Todos los loros son producto del decomiso de fauna silvestre efectuado por diversas entidades en el departamento Petén.

7.2 Materiales

7.2.1 Recursos Humanos

- Aura María del Rosario Durán Mejía (Investigadora)
- Asesores: MSc. MV. Dennis Guerra Centeno
MV. Héctor Fuentes Rousselin
- MV. Miguel Fernando Martínez Galicia (Director del Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS Petén)
- Guardarrecursos y voluntarios del Centro de Rescate y Rehabilitación de Vida Silvestre ARCAS Petén.

7.2.2 Recursos Institucionales

- Instalaciones del Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén.

7.2.3 Equipo

- Redes de captura

- Ocho jaulas tipo Nogo¹ (88 cm x 88 cm x 88 cm)
- Balanza de 1 Kg
- 200 jeringas B-D ® de 1 ml con aguja 27G x ½ pulgada de largo
- 20 jeringas MONOJECT® (para insulina) de 0.5 ml con aguja 22G x ½ pulgada de largo
- Vernier
- Bata
- Mesa de trabajo
- Toallas pequeñas
- Hojas de datos
- Bolígrafos, lápices y marcadores
- Alcohol al 70%
- Algodón
- Solución de Complejo B hidrosoluble: Complejo B Virbac®
- Solución de vitaminas A, D₃ y E hidrosoluble: Vigantol ADE Fuerte Bayer ®
- Agua destilada

7.3 Procedimiento

7.3.1 Área de estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén; localizadas en el municipio de Flores, departamento de Petén, Guatemala, a una altura de 130 m sobre el nivel del mar, dentro de la zona de vida de bosque muy húmedo tropical (De la Cruz 1982).

¹ Jaula cuadrada o rectangular hecha con malla de arnero calibre 14, con agujero cuadrado de una pulgada de diámetro. Las dimensiones regulares son de 1 m de fondo x 1 m de alto x 90 cm de ancho, aunque éstas pueden variar. La puerta se encuentra situada al frente, a una altura media y con dimensiones de 30-35 cm x 30-35 cm. Los comederos y bebederos se sitúan al frente de la jaula (Fuentes H 2003).

7.3.2 Establecimiento de los grupos experimentales

Los loros fueron removidos al azar de las jaulas comunitarias del área de cuarentena, en las primeras horas de la mañana (para evitar hipotermia y reducir la agitación), utilizando redes de mano, para trasladarlos a las jaulas de experimentación, en donde se distribuyeron al azar (ver anexo 5).

Se evaluaron tres tratamientos y un control, con diez réplicas cada uno. La unidad experimental fue de un loro. La cantidad de réplicas se escogió por conveniencia, en función de la cantidad de unidades experimentales disponibles para realizar el experimento.

Durante la toma de datos, los individuos estuvieron en jaulas tipo Nogo, a razón de un grupo experimental por cada dos jaulas.

7.3.2.1 Dietas ofrecidas

La dieta ofrecida en el Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén estuvo compuesta de una mezcla de maíz cocido, concentrado de pollo y semilla de girasol, junto con porciones de 1/8 de naranja o trozos de papaya en la mañana y frutas silvestres en la tarde. Las frutas silvestres variaron según su disponibilidad.

7.3.3 Remoción de las plumas

Todos los loros de este estudio presentaron las plumas remeras primarias y secundarias recortadas. La literatura indica que cortar o dañar una pluma madura, con el cartucho intacto dentro del folículo, no provoca el crecimiento de una pluma nueva (The Moults s/f), y que la pérdida o remoción mecánica de una pluma individual estimula el crecimiento de una pluma nueva dentro del mismo folículo (Girling 2002); por lo que fue necesaria la remoción mecánica de las plumas primarias y secundarias recortadas para estimular el crecimiento de plumas nuevas.

Para remover las plumas remeras, se procedió a capturar a los loros por medio de una red. El procedimiento de arrancamiento requirió de la participación de dos personas. Una persona sujetó al ave de la cabeza con una mano, y patas, cola y alas con la otra mano. La otra persona sujetó el ala a trabajar colocando el dedo pulgar en la parte ventral del ala y los otros cuatro dedos en la parte dorsal del ala, con lo cual pudo extender y darle soporte a la misma. Luego, con la otra mano procedió a arrancar las plumas remeras primarias y secundarias, sujetándolas de la base y ejerciendo una tracción firme y cuidadosa hasta removerlas completamente una a una.

Se removieron las plumas remeras primarias y secundarias a cada loro previo a empezar la aplicación de los tratamientos.

7.3.4 Tratamientos

Cada grupo experimental recibió en un diseño experimental totalmente al azar uno de los siguientes tratamientos, que se aplicaron con inyección intramuscular en el área del pecho:

1. Grupo Control: 0.03 ml de agua destilada.
2. Grupo A: una dosis equivalente a 10,000 IU de Vitamina A, para el complejo vitamínico AD₃E (Carpenter *et al* 1996).
3. Grupo B: una dosis equivalente a 1-3 mg/kg de tiamina, para el complejo B (Carpenter *et al* 1996).
4. Grupo C: una combinación de los complejos vitamínicos AD₃E y complejo B, a las dosis anteriormente descritas para el Grupo A y B.

La dosis equivalente a 10,000 IU de vitamina A con el producto utilizado (Vigantol ADE Fuerte Bayer ®) es de 0.10 ml por cada 300 g de peso del ave. La dosis equivalente a 1-3 mg/kg de tiamina del producto utilizado (Complejo B Virbac®) es de 0.02 ml por cada 300 g de peso del ave.

Cada tratamiento se aplicó una vez cada dos semanas, de acuerdo a lo sugerido en Carpenter *et al* (1996), desde el día 0 hasta seis semanas después de que emergieran las primeras plumas. La dosis administrada a cada ave se calculó conforme al peso registrado en el momento de la toma de datos.

7.3.5 Toma de datos

Se realizó una inspección semanal hasta observar la aparición de plumas emergentes. A partir del momento en que emergieran las plumas del cartucho se empezaron a tomar las medidas de las plumas y se anotaron en boletas de datos individuales para cada loro (ver anexo 6). Inicialmente se planificó una toma de datos semanal durante un período mínimo de seis semanas conforme a la aplicación de los tratamientos; pero debido al fuerte estrés provocado a los sujetos de estudio se modificó a una toma de datos cada 15 días, durante un período de ocho semanas, para compilar una cantidad suficiente de datos.

7.3.6 Medición del crecimiento de las plumas

La variable de respuesta para evaluar el crecimiento de la pluma fue su longitud. Se midió la longitud de la pluma desde la abertura del folículo de la piel hasta el ápice de la pluma, aproximando al milímetro más cercano utilizando un vernier. Esta medida se tomó en todas las plumas remeras emergentes de cada ala, comenzando con la parte distal del ala para terminar en la parte proximal. Para los fines de evaluación, se tomó y registró como medida la media aritmética de las plumas emergentes de cada ala y la media aritmética de las plumas emergentes de ambas alas.

Además de los datos de peso y dosis de cada tratamiento, también se anotaron observaciones sobre color, aparición de líneas de estrés, desarrollo normal, anomalías en el folículo o pluma, etc, para cada individuo en cada muestreo.

7.3.7 Análisis estadístico

Para establecer las diferencias entre tratamientos se utilizó el análisis de varianza de una vía. Los datos no cumplieron con los supuestos de homogeneidad para el análisis de varianza, por lo que se transformaron por logaritmos de base 10.

Para realizar comparaciones entre tratamientos se utilizaron comparaciones no planeadas de Duncan (Sokal y Rohlf 1995).

Para comparar el crecimiento de plumas entre el ala derecha y el ala izquierda, se utilizó una Prueba de T (Sokal y Rohlf 1995).

Para aplicar estas pruebas se utilizó el paquete estadístico Statistica, versión 1998 (Statsoft Inc. USA.).

VIII. Resultados

8.1 Comportamiento de crecimiento medio a lo largo del período de muestreo

En las tablas uno a cuatro se describe el comportamiento de crecimiento medio de las plumas remeras emergentes, con los tres tratamientos y el control durante el período de muestreo.

Tabla 1. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con complejo vitamínico AD₃E

No. de muestreo (días transcurridos)	Crecimiento medio \pm I.C. 95%		
	(mm)		
	<i>Ala izquierda</i>	<i>Ala derecha</i>	<i>Ambas alas</i>
2 (23 días) n = 10	20.377 \pm 9.478 (10.900 – 29.855)	22.264 \pm 14.806 (7.457 – 37.070)	23.612 \pm 12.431 (11.181 – 36.042)
3 (30 días) n = 10	41.179 \pm 15.703 (25.476 – 56.882)	40.150 \pm 26.844 (13.305 – 66.994)	39.791 \pm 21.967 (17.824 – 61.758)
4 (45 días) n = 10	68.404 \pm 25.098 (43.306 – 93.502)	64.704 \pm 24.411 (40.293 – 89.116)	66.555 \pm 24.755 (41.800 – 91.310)
5 (60 días) n = 9	82.656 \pm 30.960 (50.022 – 115.291)	79.379 \pm 30.057 (47.696 – 111.062)	81.019 \pm 30.490 (48.880 – 113.158)
6 (75 días) n = 8	98.244 \pm 27.709 (67.265 – 129.223)	96.824 \pm 27.730 (65.821 – 127.827)	97.534 \pm 27.683 (66.583 – 128.485)

Tabla 2. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con vitaminas del complejo B

No. de muestreo (días transcurridos)	Crecimiento medio \pm I.C. 95%		
	(mm)		
	<i>Ala izquierda</i>	<i>Ala derecha</i>	<i>Ambas alas</i>
2 (23 días) n = 6	17.712 \pm 8.885 (6.242 – 29.182)	18.401 \pm 8.842 (6.987 – 29.816)	18.056 \pm 8.780 (6.722 – 29.392)
3 (30 días) n = 9	31.267 \pm 14.842 (15.623 – 46.912)	30.894 \pm 15.160 (14.915 – 46.873)	31.081 \pm 14.983 (15.287 – 46.874)
4 (45 días) n = 9	57.853 \pm 24.650 (31.870 – 83.837)	56.818 \pm 24.450 (31.045 – 82.591)	57.336 \pm 24.521 (31.488 – 83.184)
5 (60 días) n = 10	65.863 \pm 29.644 (36.219 – 95.508)	66.291 \pm 29.730 (36.560 – 96.021)	63.088 \pm 29.654 (33.435 – 92.742)
6 (75 días) n = 10	77.354 \pm 29.597 (47.757 – 106.951)	76.450 \pm 30.452 (45.998 – 106.902)	76.902 \pm 29.995 (46.907 – 106.897)

Tabla 3. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras con la combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B

No. de muestreo (días transcurridos)	Crecimiento medio \pm I.C. 95%		
	(mm)		
	<i>Ala izquierda</i>	<i>Ala derecha</i>	<i>Ambas alas</i>
2 (23 días) n = 7	11.772 \pm 8.885 (1.377 – 22.168)	16.091 \pm 9.065 (5.256 – 26.926)	13.932 \pm 8.967 (3.211 – 24.652)
3 (30 días) n = 7	26.532 \pm 15.887 (7.543 – 45.521)	30.909 \pm 15.843 (11.973 – 49.845)	28.721 \pm 15.898 (9.719 – 47.722)
4 (45 días) n = 8	44.267 \pm 25.217 (16.073 – 72.461)	46.881 \pm 24.809 (19.144 – 74.618)	45.574 \pm 24.991 (17.632 – 73.515)
5 (60 días) n = 8	58.812 \pm 30.880 (24.287 – 93.337)	64.579 \pm 29.216 (31.915 – 97.244)	57.451 \pm 30.070 (23.832 – 91.071)
6 (75 días) n = 8	73.761 \pm 31.175 (38.906 – 108.616)	72.625 \pm 31.456 (37.456 – 107.794)	73.187 \pm 31.273 (38.222 – 108.151)

Tabla 4. Comportamiento de crecimiento medio de plumas remeras del grupo control (Agua destilada)

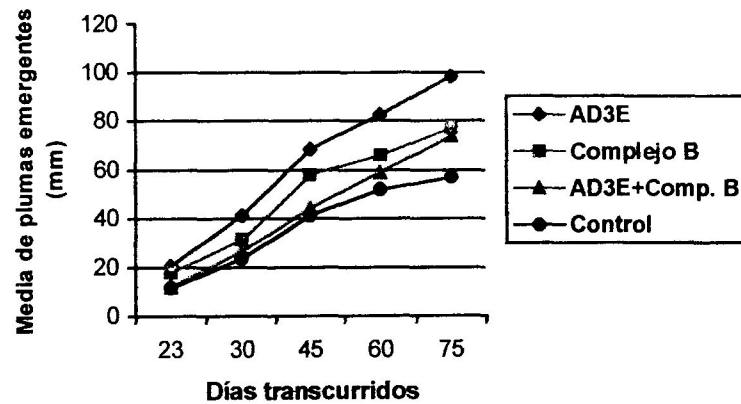
No. de muestreo (días transcurridos)	Crecimiento medio \pm I.C. 95%		
	(mm)		
	<i>Ala izquierda</i>	<i>Ala derecha</i>	<i>Ambas alas</i>
2 (23 días) n = 10	11.722 \pm 7.902 (3.821 – 19.624)	13.418 \pm 7.885 (5.533 – 21.302)	12.570 \pm 7.902 (4.667 – 20.472)
3 (30 días) n = 10	23.477 \pm 15.173 (8.304 – 38.650)	25.309 \pm 16.511 (8.798 – 41.820)	24.393 \pm 15.848 (8.545 – 40.241)
4 (45 días) n = 10	41.245 \pm 25.899 (15.347 – 67.144)	42.104 \pm 26.763 (15.342 – 68.867)	41.674 \pm 26.306 (15.369 – 67.980)
5 (60 días) n = 10	51.767 \pm 30.625 (21.142 – 82.392)	51.672 \pm 31.308 (20.365 – 82.980)	51.716 \pm 30.933 (20.783 – 82.649)
6 (75 días) n = 10	56.845 \pm 33.641 (23.204 – 90.486)	58.995 \pm 32.769 (26.226 – 91.765)	57.921 \pm 33.177 (24.744 – 91.097)

Tabla 5. Razón o tasa de crecimiento medio a partir de la aparición de cartuchos pequeños en ambas alas

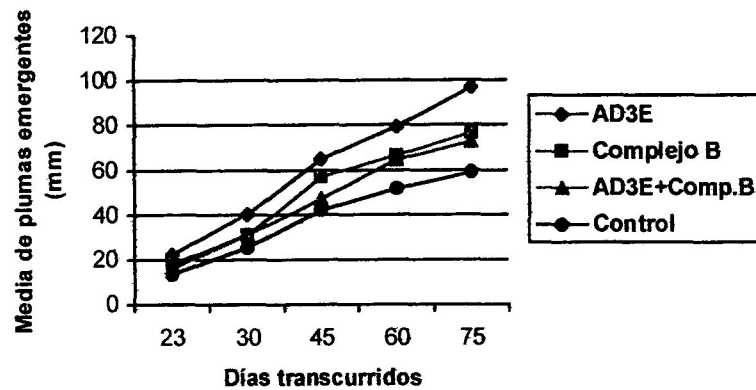
Tratamiento	Tasa de crecimiento medio (mm/día)
Complejo vitamínico AD ₃ E	1.626 (1.110 – 2.145)
Vitaminas del complejo B	1.282 (0.782 – 1.782)
Combinación de complejo vitamínico AD ₃ E y complejo B	1.220 (0.637 – 1.802)
Grupo Control (Agua destilada)	0.965 (0.412 – 1.518)

En las gráficas uno a tres se puede observar y comparar la tendencia de crecimiento medio de las plumas emergentes, de acuerdo a los resultados de las tablas uno a cuatro.

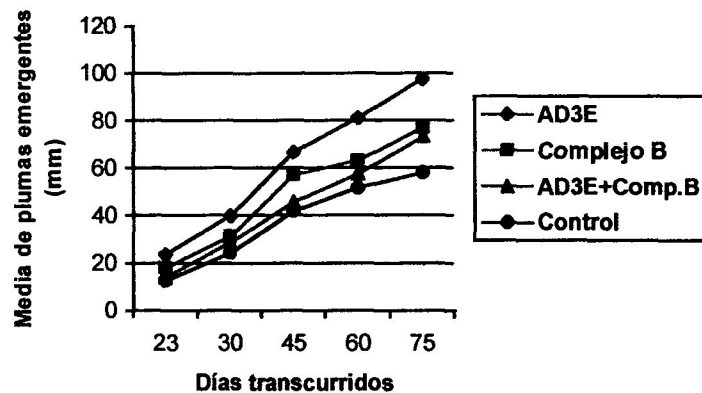
Gráfica 1. Comportamiento del crecimiento medio del ala izquierda con los tres tratamientos y el control



Gráfica 2. Comportamiento del crecimiento medio del ala derecha con los tres tratamientos y el control



Gráfica 3. Comportamiento del crecimiento medio de ambas alas con los tres tratamientos y el control



8.2 Efecto de los tratamientos

Al realizar un ANDEVA general se estableció una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.0177$).

Al analizar los datos del ala izquierda, transformados por logaritmo base 10, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($F = 7.016$, $gl = 32$, $p = 0.0009$).

Al analizar los datos del ala derecha, transformados por logaritmo base 10, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($F = 5.902$, $gl = 32$, $p = 0.0025$).

Al analizar los datos de ambas alas, transformados por logaritmo base 10, se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($F = 6.856$, $gl = 32$, $p = 0.0011$).

8.2.1 Comparación entre tratamientos

En las tablas seis a ocho se describen los resultados del análisis de los datos, transformados por logaritmo base 10, mediante comparaciones no planeadas de Duncan.

Tabla 6. Comparación entre tratamientos y control para el ala izquierda

Tratamientos	AD ₃ E	Complejo B	AD ₃ E + complejo B	Control
AD ₃ E		0.055985	0.022266*	0.000187**
Complejo B	0.055985		0.599045	0.020478*
AD ₃ E + Complejo B	0.022266*	0.599045		0.051805
Control	0.000187**	0.020478*	0.051805	

*= Diferencia significativa

**= Diferencia altamente significativa

Tabla 7. Comparación entre tratamientos y control para el ala derecha

Tratamientos	AD ₃ E	Complejo B	AD ₃ E + complejo B	Control
AD ₃ E		<i>0.036766*</i>	<i>0.021155*</i>	<i>0.000411**</i>
Complejo B	<i>0.036766*</i>		0.723427	0.065021
AD ₃ E + Complejo B	<i>0.021155*</i>	0.723427		0.107976
Control	<i>0.000411**</i>	0.065021	0.107976	

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

Tabla 8. Comparación entre tratamientos y control para ambas alas

Tratamientos	AD ₃ E	Complejo B	AD ₃ E + complejo B	Control
AD ₃ E		<i>0.036201*</i>	<i>0.017608*</i>	<i>0.000197**</i>
Complejo B	<i>0.036201*</i>		0.669951	<i>0.034085*</i>
AD ₃ E + Complejo B	<i>0.017608*</i>	0.669951		0.067625
Control	<i>0.000197**</i>	<i>0.034085*</i>	0.067625	

* = Diferencia significativa

** = Diferencia altamente significativa

8.3 Comparación de crecimiento entre ala izquierda y ala derecha

No se encontró diferencia significativa entre el crecimiento medio de las plumas remeras del ala izquierda y ala derecha cuando se utilizó el Complejo vitamínico AD₃E ($t = 0.3375$, $gl = 14$, $p = 0.7407$).

No se encontró diferencia significativa entre el crecimiento medio de las plumas remeras del ala izquierda y ala derecha cuando se utilizó Complejo B ($t = 0.2414$, $gl = 18$, $p = 0.8120$).

No se encontró diferencia significativa entre el crecimiento medio de las plumas remeras del ala izquierda y ala derecha cuando se utilizó una

combinación de Complejo vitamínico AD₃E y Complejo B ($t = 0.0308$, $gl = 14$, $p = 0.9758$).

No se encontró diferencia significativa entre el crecimiento medio de las plumas remeras del ala izquierda y ala derecha del grupo control (agua destilada) ($t = -0.3752$, $gl = 18$, $p = 0.7119$).

IX. Discusión de resultados

9.1 Comportamiento del crecimiento medio de las plumas remeras emergentes a lo largo del período de muestreo

Con base en los resultados encontré que el crecimiento medio de las plumas remeras emergentes no se dio de manera uniforme a lo largo del período de muestreo, con excepción del grupo que recibió el tratamiento con el complejo vitamínico AD₃E, el cual mostró un crecimiento bastante uniforme y acelerado del plumaje emergente.

Según la literatura, esto pudo deberse a que algunos requerimientos dietéticos aumentan durante la muda por la necesidad de ciertas vitaminas como la vitamina A o sus precursores de beta caroteno. Estas son particularmente importantes para aves con coloración amarilla o roja en su plumaje, ya que estos colores son producidos directamente de esta fuente (Hill 2000 en Girling 2002). El plumaje verde generalmente es una combinación de la estructura de la pluma creando un brillo azul con pigmentos amarillos derivados de carotenos (Cooper and Harrison 1994 en Girling 2002). Además, según la literatura citada en la sección 3.4 de Antecedentes, las vitaminas A, D₃ y E, se encuentran más involucradas en procesos epiteliales que las vitaminas del complejo B.

Con base en los registros de peso tomados durante todo el período de muestreo, se comprobó la disminución del peso de los individuos a lo largo del período de muestreo, con una recuperación de peso iniciando aproximadamente al final del período de muestreo, lo cual concuerda con la literatura que se cita a continuación:

Está reportado que la muda es un período de cambios fisiológicos intensos (Altman *et al* 1977). El plumaje está compuesto en 86% de proteína. Se requieren grandes cantidades de aminoácidos azufrados, principalmente cisteína, para la producción de queratina, constituyente proteico de las plumas (Ringelman 1990). Acompañando la reposición

de plumas gastadas está la síntesis de queratina por la piel, aumento en el metabolismo de aminoácidos, incremento en la actividad cardiovascular para proveer de sangre a las plumas en crecimiento, el desvío de agua para las plumas en crecimiento, cambios en el metabolismo de huesos y distribución de calcio, y un cambio cíclico diario del contenido proteico corporal, además de un aumento en la necesidad de hierro para la producción de eritrocitos y calcio para la formación de huesos. En conjunto, estos cambios metabólicos imponen costos energéticos sustanciales que van más allá de los requeridos simplemente para convertir aminoácidos en proteínas para plumas (Altman *et al* 1977). Según Ringelman (1990), la eficiencia energética neta de síntesis de plumas es de 6.4%; mientras que Altman *et al* (1977) cita que solamente 7% de la energía usada por aves en período de muda se incorpora en las plumas en sí. Por lo tanto, la combinación de una baja eficiencia de conversión, una alta demanda de proteínas y requerimientos de aminoácidos específicos hacen que la muda sea nutricional y energéticamente costosa (Ringelman 1990).

Las aves que pierden plumas por enfermedades o remoción mecánica tienen mayores demandas energéticas para compensar la pérdida. Además de los requerimientos proteicos (cisteína, metionina, lisina y arginina) para el crecimiento de plumas nuevas, aves parcialmente emplumadas sufren de un aumento en la pérdida de calor corporal. Esto resulta en un incremento de hasta 60% en la tasa metabólica, con un incremento concomitante en las demandas energéticas para la termorregulación y crecimiento de las plumas. La ingesta energética de aves que han sido desplumadas es aproximadamente 85% más alta que en aquellas aves con muda normal (a 22°C) (Altman *et al* 1977).

En aves adultas, el costo de la muda se compone de los siguientes elementos (King 1981 en Girling 2002): a) contenido energético de las plumas; b) costos de la biosíntesis de materiales para la pluma; c) pérdida de calor corporal debido a la pérdida de aislamiento durante el

período de muda; d) cambios en actividad; y e) ingesta energética requerida para proporcionar los aminoácidos azufrados necesarios para la síntesis de plumas. Esto generalmente resulta en una pérdida de 25% de la masa corporal, la cual se regenera en un período de días a semanas a medida que progresa la muda.

Se ha demostrado que durante la muda del Pingüino Real (*Aptenodytes patagonicus*), las principales fuentes de proteína para la producción de plumas nuevas son los músculos pectorales (proveen 57% de las fuentes proteicas) y el integumento (proveen 20%). El 85% de la fuente energética proviene de la oxidación de grasas con 72% de pérdida de lípidos proveniente del integumento (Cherel *et al* 1994).

También se ha encontrado que la mayoría de las aves acuáticas pierden peso durante el período sin vuelo (muda), y que también experimentan cambios en las masas musculares y órganos digestivos. Estos cambios se atribuyen a la dieta y la conversión de proteína muscular a aminoácidos usados en la síntesis de plumas. Se cree que las aves acuáticas usan una estrategia combinada de reservas proteicas musculares y alimentos con alto contenido proteico para la síntesis del plumaje (Ringelman 1990).

Debido a que la muda en psitácidos es un proceso gradual, en donde solo algunas plumas se reponen al mismo tiempo, haciendo que la muda dure desde algunas semanas a meses, al arrancar todas las plumas primarias y secundarias de vuelo se provocó una demanda proteica y energética mayor a la que los individuos enfrentaban regularmente. Por esta razón se observó un descenso en el peso de los sujetos, que concuerda con los datos encontrados para aves que poseen una muda periódica definida.

Las plumas crecen en longitud a diferentes razones o tasas de crecimiento en diferentes tractos y en distintas especies. Por ejemplo, se ha encontrado que crecen más rápidamente en los tractos caudales y

del ala. Estas diferencias en tasas de crecimiento, llevan a diferencias en la longitud de las plumas. El ejemplo más dramático ocurre en las plumas caudales del Pavo Real (*Pavo cristatus*), que pueden llegar a medir más de un metro y crecen a una tasa de 8 mm/día (Chuong y Widelitz 1998). En aves acuáticas la tasa de crecimiento de las plumas incrementa con el tamaño del cuerpo, generalmente con una razón de 0.08 pulgadas/día (2.032 mm/día). La longitud del ala aumenta con la masa corporal. La duración del período sin vuelo (muda) es de 25 a 32 días para todas las aves acuáticas (Ringelman 1990). El rango de longitud de plumas en un ave individual también es importante (Chuong y Widelitz 1998).

Al tomar los datos de crecimiento medio durante el período de muestreo (Tabla 5), se pudo observar que la razón o tasa de crecimiento medio para los individuos tratados con el complejo vitamínico AD₃E fue mayor que cualquiera de los otros tratamientos y el grupo control. Al comparar las tasas de crecimiento medio de los tratamientos contra el grupo control, los sujetos tratados con el complejo vitamínico AD₃E presentaron una tasa de crecimiento 68.5% veces mayor que la tasa de crecimiento del grupo control; mientras que los individuos con los otros dos tratamientos (complejo B y combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B) en comparación presentaron un incremento de crecimiento menor (32.8 y 26.4%, respectivamente).

Está reportado que la mayoría de las aves acuáticas pueden volar cuando sus plumas primarias han alcanzado 75 - 85% de su longitud total (Ringelman 1990). Según las observaciones realizadas al final del período de muestreo, los individuos que habían alcanzado poco menos de la longitud total de las plumas remeras de vuelo podían volar sin ningún problema, lo cual concuerda con la literatura citada.

Como se mencionó anteriormente, el crecimiento de plumas remeras no fue parejo o uniforme en todos los loros. Se observó crecimiento uniforme en todos los sujetos tratados con complejo vitamínico AD₃E, en

cinco tratados con vitaminas del complejo B, cuatro tratados con la combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B, y cuatro del grupo control (ver anexo 7). La falta de uniformidad de crecimiento de plumas remeras en aquellos individuos que presentaron crecimiento desigual pudieron haber sido causados por factores de edad, estado de salud, estrés y otros factores estocásticos.

Al final del período de muestreo, se observó que en la mayoría de los casos en donde el desarrollo y crecimiento de las plumas remeras emergentes fue desigual, las plumas de la parte distal del ala emergieron después de las plumas del área media y basal del ala, presentando una longitud más corta con respecto a las demás plumas del ala. En algunos casos las plumas de la parte distal del ala aún no habían emergido al final del período de muestreo (ver anexo 8).

Todos los loros muestreados presentaron líneas de estrés en las plumas remeras emergentes, lo cual se esperaba debido a la manipulación rutinaria de los mismos cada vez que se efectuaban las mediciones de las plumas y la aplicación de los tratamientos. Sin embargo, éstas fueron menos marcadas en individuos tratados con complejo vitamínico AD₃E (ver anexo 9).

La calidad y color del plumaje de las plumas remeras emergentes también fueron mejores con el tratamiento de complejo vitamínico AD₃E, presentando un vexilo bien formado y coloración brillante en comparación con el resto de los tratamientos y el grupo control. Esto podría deberse a que, como se mencionó anteriormente, las vitaminas de este complejo se encuentran más involucradas en los procesos epiteliales y que la vitamina A o sus precursores de beta caroteno son particularmente importantes para aves con coloración amarilla, roja y verde (Girling 2002).

Algunos individuos, cuatro con tratamiento de complejo B y uno tratado con la combinación de complejo vitamínico AD₃E y complejo B,

presentaron anomalías del folículo. Las plumas anormales pueden estar descoloridas, malformadas, presentar retención del cartucho o líneas de estrés. Estas plumas anormales son el reflejo de un problema interno del ave. La mayoría de las anomalías de la pluma ocurren dentro del folículo durante la formación de la pluma (The Moults s/f). En los cinco casos encontrados, la anomalía se presentó en forma de folículos enquistados que luego dieron origen a plumas deformes, torcidas, descoloridas y con el cartucho quebradizo. Debido a que este tipo de anomalía no fue parejo en todo el grupo muestreado, creo que pudo ser debido a factores genéticos o estocásticos.

9.2 Efecto y comparación de los tratamientos sobre las plumas remeras emergentes

Los resultados obtenidos del análisis estadístico de los datos indicaron que hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y el grupo control a lo largo del tiempo de muestreo.

El análisis estadístico de la tabla 6 refleja que para el ala izquierda no existe una diferencia estadísticamente significativa entre el efecto del tratamiento con complejo vitamínico AD_3E y el tratamiento con complejo B, ni entre el efecto del complejo B y la combinación de complejo vitamínico AD_3E y complejo B, aunque sí hubo diferencia significativa entre el efecto del complejo vitamínico AD_3E y la combinación de complejo vitamínico AD_3E y complejo B, así como con el grupo control.

Los resultados de la tabla 7 para el ala derecha mostraron que hubo diferencia estadísticamente significativa entre el complejo vitamínico AD_3E y los demás tratamientos y el grupo control, y que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre el efecto del tratamiento con complejo B y la combinación de complejo vitamínico AD_3E y complejo B, ni con el grupo control.

La tabla 8 muestra el análisis estadístico del crecimiento medio combinado de ambas alas, derecha e izquierda. El análisis estadístico de esta tabla refleja nuevamente que el crecimiento medio de las plumas remeras emergentes varió con diferencia estadísticamente significativa entre el complejo vitamínico AD₃E y los demás tratamientos y el grupo control; que no hay diferencia estadísticamente significativa entre el efecto del tratamiento con complejo B y el tratamiento con la combinación del complejo vitamínico AD₃E y complejo B; y que tampoco hubo diferencia estadísticamente significativa entre el efecto de la combinación del complejo vitamínico AD₃E y complejo B con el grupo control.

9.3 Comparación del crecimiento medio de las plumas remeras emergentes entre ala derecha y ala izquierda

Uno de los objetivos de este estudio era determinar si existía alguna diferencia en el crecimiento de las plumas remeras del ala derecha y del ala izquierda, dentro de cada tratamiento. Esto es debido a que existe una ausencia de información con respecto a este aspecto del crecimiento de las plumas remeras en la literatura.

No hubo diferencia en el crecimiento medio de las plumas remeras emergentes entre el ala izquierda y el ala derecha, y no se encontró diferencia significativa entre el crecimiento de ambas alas a lo largo del período de muestreo con ninguno de los tratamientos y el grupo control ($p > 0.05$); por lo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre la razón de crecimiento de las plumas remeras entre un ala y otra, y los datos combinados de ambas alas son representativos del procedimiento.

Esta ausencia de diferencia entre el crecimiento de ambas alas puede deberse a que en psitácidos no se presenta un período de muda definido; y se lleva a cabo en una manera predeterminada para que las aves puedan seguir volando. De esta manera el crecimiento simétrico

(simetría bilateral) de las plumas en las alas ayuda a mantener el equilibrio del ave durante el vuelo, aun cuando se encuentra en el proceso de muda; lo cual concuerda con el patrón de muda que se cita a continuación.

El patrón de muda para muchos Passeriformes y Psittaciformes es el siguiente: las primeras plumas en mudarse son las plumas primarias más proximales, de allí moviéndose distalmente. Una vez este procedimiento resulta en la muda de aproximadamente la mitad de las plumas primarias, se mudan las secundarias desde las más distales hacia las proximales. Una vez éstas han sido mudadas, se mudan las plumas del cuerpo. Las plumas de la cola (rectrices) se mudan desde la línea media lateralmente en ambos sentidos. Al llevarse a cabo este tipo de muda progresiva, la mayoría de las aves (a excepción de las Anseriformes y algunas aves marinas) pueden continuar volando a través de este proceso (Girling 2002).

X. Conclusiones

1. Los tratamientos, en particular el complejo vitamínico AD₃E, aceleraron el desarrollo y crecimiento de plumas remeras nuevas en *Amazona autumnalis*.
2. El tratamiento con complejo vitamínico AD₃E fue el que mostró mayor efecto benéfico y diferencia estadísticamente significativa en el crecimiento de las plumas remeras emergentes, tanto entre los demás tratamientos como con el grupo control.
3. Algunos individuos con tratamiento con complejo B, con la combinación del complejo vitamínico AD₃E y complejo B y el grupo control presentaron un crecimiento disparejo de plumas remeras emergentes en ambas alas.
4. El tratamiento con complejo vitamínico AD₃E podría beneficiar la calidad de las plumas emergentes.
5. El arrancamiento de plumas y las manipulaciones frecuentes causan estrés a los loros.
6. El crecimiento de plumas es simétrico entre un ala y la otra.

XI. Recomendaciones

- Realizar más estudios sobre la acción de las vitaminas sobre los procesos de regeneración de plumaje en otras especies de psitácidos u otras aves, que también son depredadas por el tráfico ilegal de mascotas.
- Implementar este procedimiento dentro de los procesos de rehabilitación de psitácidos decomisados y refuerzo de poblaciones de psitácidos silvestres.

XII. Referencias

1. Altman RB, Club SL, Dorrestein GM, Quesenberry K. 1977. **Avian Medicine and Surgery**. W.B. Saunders Company, USA. 1070 p.
2. Álvarez DT. 1980. **Las aves de Chiapas**. Editorial Limusa, México, D.F. 272 p.
3. Burton M, Burton R. 1974. **Enciclopedia de la Vida Animal**. Traducción por Juan Pablo Martínez Rica. Editorial Bruguera, Barcelona. Pp. 1504-1505.
4. Carpenter JW, Mashima T, Rupiper DJ. 1996. **Exotic Animal Formulary**. First edition. Greystone Publications, USA. 310 p.
5. De la Cruz JR. 1982. **Clasificación de las zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento**. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala. 42 p.
6. Fuentes H MV. 2003. *Comunicación personal*. Catedrático de Clínicas, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
7. Guerra D MSc. MV. 2001. *Comunicación personal*. Coordinador de Clínicas, Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
8. Harrison G, Harrison L, Ritchie B. 1994. **Avian Medicine: Principles and Application**. Wingers Publishing Inc., USA.
9. Howell S, Webb S. 1995. **A Guide to the Birds of Mexico and Northern Central America**. Oxford University Press, USA. 851 p.
10. Kobayashi M. 2000. **Record de Ingresos y Egresos del Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS Petén, año 2000**. Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre ARCAS, Guatemala.
11. Kobayashi M. 2001. **Record de Ingresos y Egresos del Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS Petén, año 2001**. Asociación de Rescate y Conservación de Vida Silvestre ARCAS, Guatemala.
12. Laboratorios Roche. 1972. **Compendio de Vitaminas**. Traducción al español de la edición original alemana "Vitamin Compendium-S.Hoffmann-La Roche & Co. AG., Basel, Schweiz". Impreso en Suiza. 145 p.

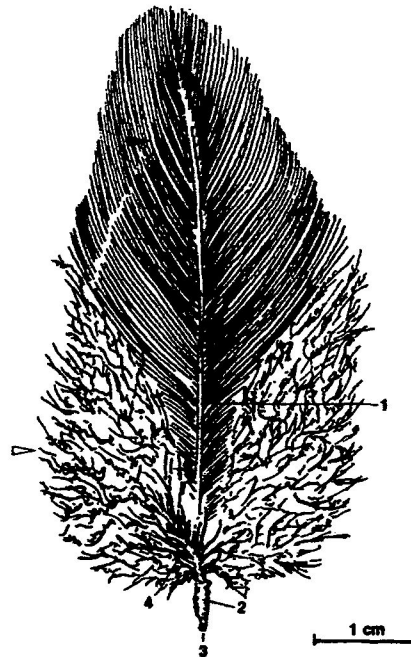
13. Martínez F MV. 2001. *Comunicación personal*. Director Operativo Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén.
14. Martínez F. 2001. **Evaluación del efecto de dos mezclas de drogas anestésicas con cuatro diferentes dosis en loros cariamarillos (*Amazona autumnalis*) del Centro de Rescate de Vida Silvestre ARCAS, Petén, Guatemala.** (Tesis de Graduación). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Escuela de Medicina Veterinaria. Guatemala, septiembre de 2001. 39 p.
15. Maynard LA, Loosli JK. 1962. **Animal Nutrition**. Fifth edition. McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, USA.
16. Orr R. 1978. **Biología de los vertebrados**. Cuarta edición. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V., México.
17. Smith F. 1986. **Las Aves de Tikal**. Editorial Zadik, Guatemala. 375 p.
18. Sokal R y Rohlf FJ. 1995. **Biometry: The principles and practice of statistics in biological research**. Third edition. W.H. Freeman and Company.

XIII. Documentos citados de internet

1. Cherel Y, Charrassin JB, Challet E. 1994. **Energy and Protein requirements for molt in the King Penguin *Aptenodytes patagonicus***. Centre d'Ecologie et de Physiologie Energetiques, Centre National de la Recherche Scientifique, Strasbourg, France. *Am J Physiol* 1994 Apr;266(4 Pt 2):R1182-8. [en línea, resumen] [citado 2002-10-03] Disponible en: www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&list_uids=8184961&dopt=Abstract
2. Chuong C-M, Wideltz RB. 1998. **Feather Morphogenesis: A Model of the Formation of Epithelial Appendages**. [en línea, capítulo] [citado 2002-10-03] Disponible en: www.eurekah.com/isbn.php?isbn=1-57059-490-2%bookid=53&catid=20
3. Girling SJ. 2002. **Feather Growth, including Nutritional and Endocrine Factors**. [en línea, artículo] [citado 2002-10-03] Disponible en: www.liv.ac.uk/~timn/Feather%20Growth.doc
4. Ringelman JK. 1990. **13.4.4 Habitat Management for Molting Waterfowl**. [en línea, capítulo] Waterfowl Management Handbook, Fish and Wildlife Leaflet 13, Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior, Washington, D.C. [citado 2002-10-03] Disponible en: www.nwrc.usgs.gov/wdb/pub/wmh/13_4_4.pdf
5. Sin autor. Fecha desconocida. **THE MOULT. A Delicate Process**. [en línea, artículo] [citado 2002-10-03] Disponible en: www.vetafarm.com.au

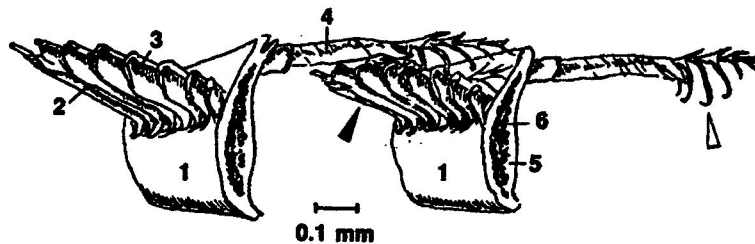
XIV. Anexos

Anexo 1. Diagrama de una pluma



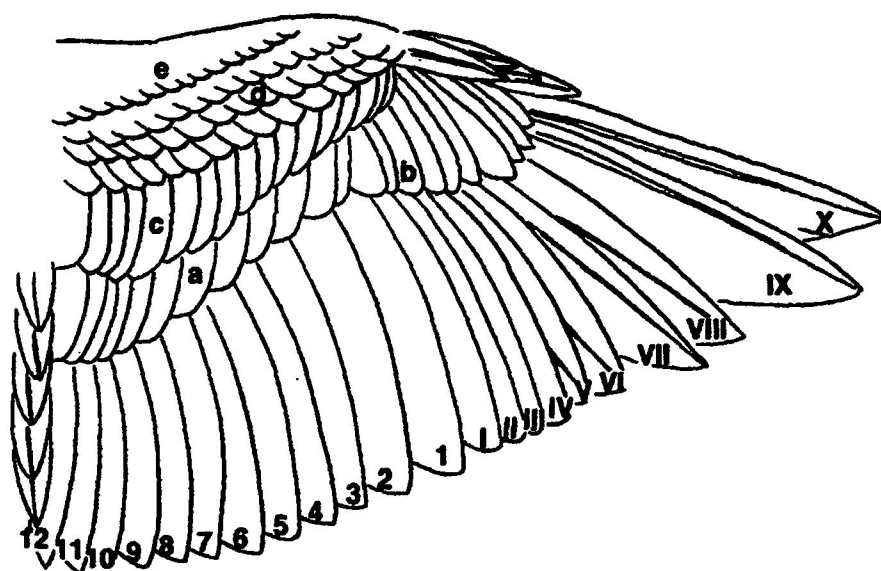
Anatomía de una pluma de contorno: 1) ráquis, 2) cálamo, 3) ombligo posterior y 4) pluma posterior. Las porciones cerradas (flecha rellena) y plumosas (flecha abierta) de la pluma son evidentes. El ráquis y el cálamo forman el tubo. Las porciones cerradas y plumosas forman el vexilo (Harrison *et al* 1994).

Anexo 2. Diagrama de disposición de barbas y bárbulas



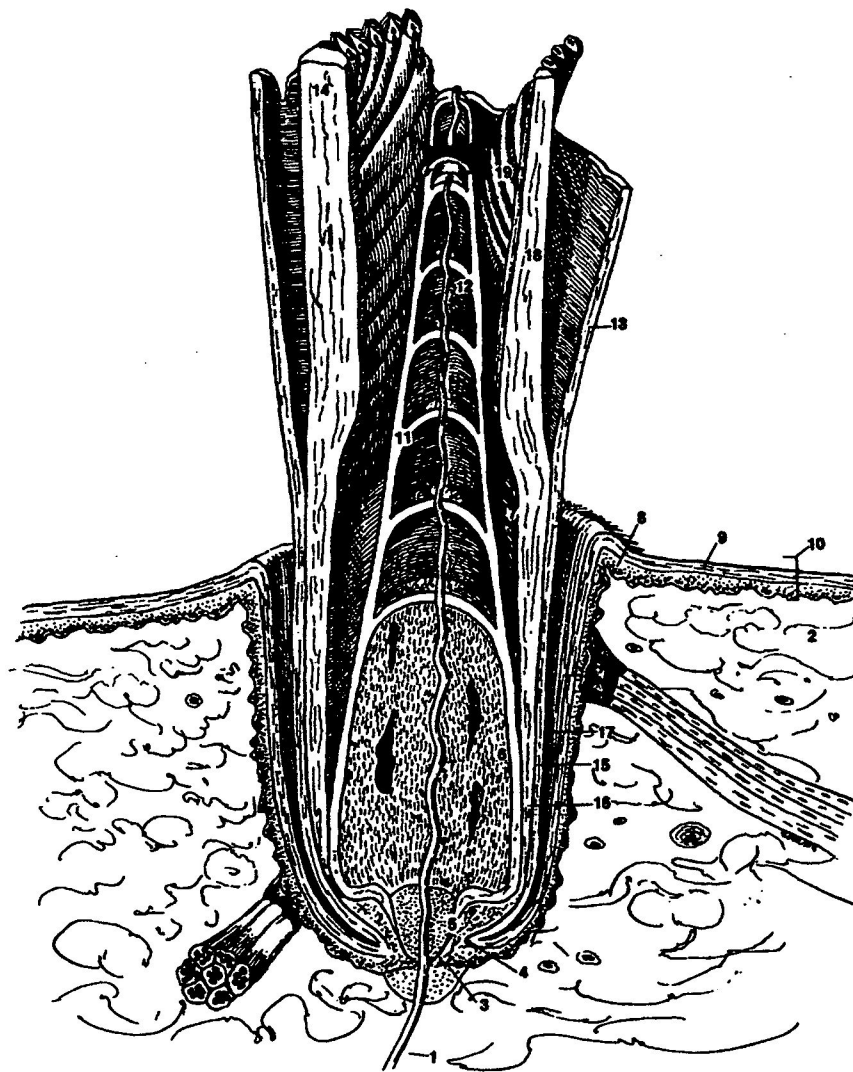
El diagrama muestra 1) el corte entre dos barbas mostrando la superposición de las bárbulas (flecha rellena), 2) las bárbulas posteriores poseen 3) orillas que se conectan con los ganchos (flecha abierta), que se encuentran sobre 4) las bárbulas anteriores. El mecanismo de superposición hace que las plumas sean impermeables y mejoran su capacidad aislante. La 5) corteza y 6) médula. (Harrison *et al* 1994).

Anexo 3. Disposición y numeración del plumaje



Vista dorsal de las plumas de un ala: primarias (numerales romanos); secundarias (números); a) cobertoras secundarias grandes; b) cobertoras primarias grandes; c) cobertoras medianas secundarias; d) cobertoras secundarias pequeñas; y e) cobertoras marginales (Harrison *et al* 1994).

Anexo 4. Diagrama del crecimiento de la pluma

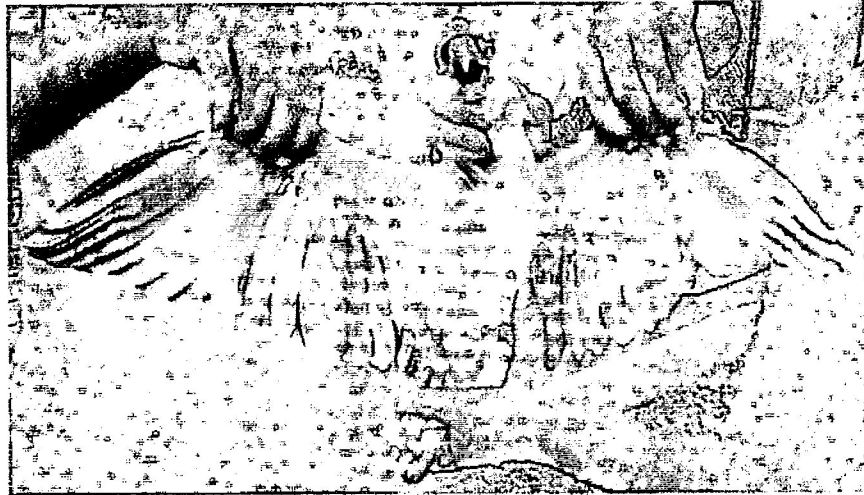


El diagrama muestra las capas de crecimiento: 1) arteria axilar que proporciona nutrientes; 2) dermis; 3) ombligo inferior; 4) collar epidérmico; 5) papila dérmica; 6) pulpa; 7) cálamo; 8) capa germinal; 9) capa córnea; 10) epidermis; 11) tapón de la pulpa; 12) remanente de la arteria axilar; 13) tubo de la pluma en degeneración, 14) ráquis; 15) epitelio folicular intermedio; 16) epitelio folicular basal; 17) tubo del epitelio folicular; 18) hiporáquis; 19) barba del vaxito (Harrison *et al* 1994).

Anexo 5. Distribución de loros *Amazona autumnalis* utilizados

Tratamiento	No. de jaula	Individuos (No. de anillo)	Fecha de ingreso a ARCAS
Complejo vitamínico AD ₃ E	1	ARCAS 585 R ARCAS 096 ARCAS 236 R ZLA 90199 ARCAS 642	28/08/2001 12/06/2001 18/09/2001 15/06/2001 08/06/2001
	2	ARCAS 514 ARCAS 1679 ARCAS 377 ARCAS 1630 ARCAS 352	05/06/2001 28/08/2001 05/06/2001 — 05/06/2001
Complejo B	3	ARCAS 1613 ARCAS 1684 R ZLA 90142 ARCAS 1678 R ARCAS 719	— 20/07/2001 15/06/2001 21/08/2001 16/07/2001
	4	ZLA 90179 ARCAS 2242 TH 244 ARCAS 1691 ARCAS 117	15/06/2001 11/06/2001 06/07/2001 05/06/2001 12/06/2001
Combinación de Complejo vitamínico AD ₃ E y Complejo B	5	ARCAS 1688 ARCAS 1657 ARCAS 1656 R TH 208 TH 160	20/07/2001 24/07/2001 20/07/2001 27/07/2001 02/07/2001
	6	TH 171 ARCAS 1047 ARCAS 896 TH 199 ARCAS 1671	06/07/2001 06/07/2001 28/01/2002 06/07/2001 —
Control (Agua destilada)	7	ARCAS 1670 ARCAS 1632 ARCAS 1614 ARCAS 897 ARCAS 597	— — — 05/02/2002 25/05/2000
	8	TH 163 TH 224 ZLA 90147 TH 249 TH 243	25/07/2001 15/08/2001 15/06/2001 10/07/2001 28/08/2001

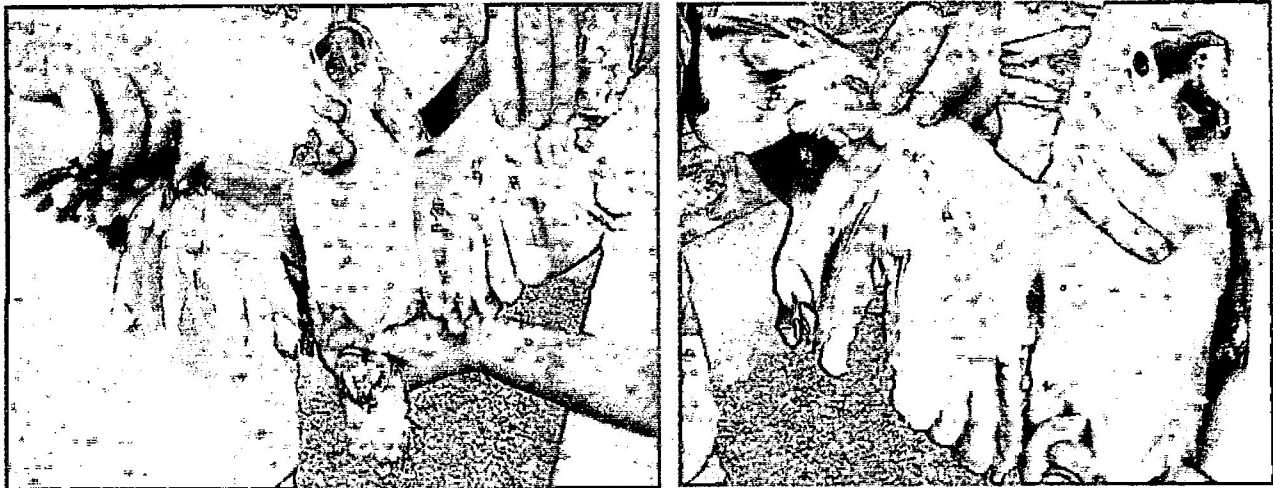
Anexo 7. Crecimiento uniforme de plumas remeras emergentes



Crecimiento parejo de plumas remeras emergentes

Fotografía: F Martínez, AM Durán

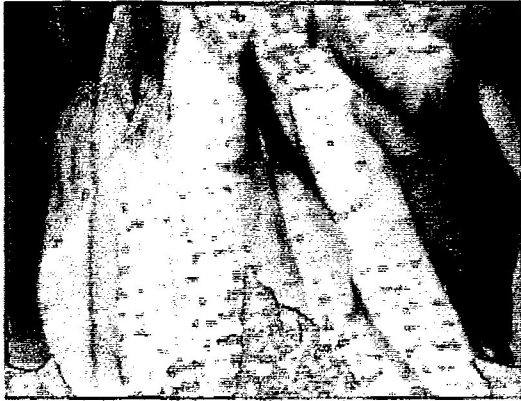
Anexo 8. Crecimiento desigual de plumas remeras emergentes



Crecimiento desigual de plumas remeras emergentes en algunos individuos

Fotografías: F Martínez, AM Durán

Anexo 9. Líneas de estrés en plumas remeras emergentes



Tratamiento con combinación de complejo vitamínico A, D₃, E y complejo B: Líneas de estrés marcadas, calidad de plumaje es pobre.



Tratamiento con complejo vitamínico A, D₃, E: Líneas de estrés poco marcadas, calidad de plumaje es muy buena.

Fotografías: F Martínez, AM Durán