

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

**Simulación de un sistema productivo para suplir el mercado de mascotas
del psitácido *Aratinga weddellii* (lorito cabeza gris) en la cuenca
amazónica del Ecuador**

Esmeralda Guadalupe Ramírez Ayala

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención
del título de Magíster en Gestión Ambiental

Quito

Noviembre de 2007

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Postgrados**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Simulación de un sistema productivo para suplir el mercado de mascotas
del psitácido *Aratinga weddellii* (lorito cabeza gris) en la cuenca
amazónica del Ecuador**

Esmeralda Guadalupe Ramírez Ayala

**Stella de la Torre, Ph.D.
Decana del Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales
y Directora de Tesis**

**David Romo, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis**

**Gero W. Fischer, Ph.D.
Miembro del Comité de Tesis**

**Andrea Encalada, Ph.D.
Directora de la Maestría en Gestión Ambiental**

**Víctor Viteri Breedy, Ph.D.
Decano del Colegio de Postgrados**

Quito, noviembre de 2007

© **Derechos de autor**
Esmeralda Guadalupe Ramírez Ayala
2007

DEDICATORIA

Dedico esta Tesis a mi esposo Gero, quien con su infinita paciencia me apoyó durante todo este tiempo, incluso relegando sus propias actividades a un segundo plano en pro de mi éxito.

¡De todo corazón!

AGRADECIMIENTO

En la Universidad, mis agradecimientos son para mi Directora de Tesis, Dra. Stella de la Torre quien, con paciencia y espíritu de apoyo, durante todos estos años guió mis pasos por el laberinto de la Ecología de Poblaciones, transmitiéndome una mejor comprensión de sus complejas interrelaciones y ayudándome a presentar estos mecanismos en una manera comprensible no solo para mí; para el Dr. David Romo, quien como miembro de mi comité me abrió los ojos al interesante mundo del modelaje aún cuando en muchas ocasiones tuve que anidarme en su oficina para encontrar conjuntamente soluciones a los diferentes problemas inherentes a modelos matemáticos en el campo biológico.

Igualmente, mi gratitud para la Dra. Andrea Encalada, Directora del Postgrado en Gestión Ambiental, quien me guió a través de la jungla administrativa a fin de que mi vida de estudiante dentro de la Universidad tenga un final feliz.

Agradezco a mis Padres quienes incondicionalmente me han brindado todo su amor y apoyo en todos los proyectos que he emprendido, aunque en muchas ocasiones eso ha significado el “abandono” de mi familia por extensos periodos de tiempo. Sus constantes palabras alentadoras “tu puedes lograrlo” me llenaron de fuerza para continuar; y a mi esposo Gero, quien siempre me acompañó con su paciencia y consejo sobre el cuidado y manejo de los loritos dentro de las instalaciones de la Hacienda y quien con su incansable apoyo moral y espíritu alegre permitió mi desarrollo como profesional.

RESUMEN

SIMULACIÓN DE UN SISTEMA PRODUCTIVO PARA SUPLIR EL MERCADO DE MASCOTAS DEL PSITÁCIDO *ARATINGA WEDDELLII* (LORITO CABEZA GRIS) EN LA CUENCA AMAZÓNICA DEL ECUADOR

Se elaboró un modelo matemático determinístico para simular un sistema productivo comercial del psitácido amazónico *Aratinga weddellii* (Deville, 1851). Los datos utilizados para calibrar el modelo provinieron del plan piloto de reproducción, llevado a cabo en Tena, Napo, entre el 25/febrero/2004 y 31/agosto/2005. Parámetros de interés específico como vida útil reproductiva en cautiverio y esperanza de vida en cautiverio tuvieron que ser inferidos tanto de congéneres, como de especies similares (*Melopsittacus undulatus*- periquito australiano) y de aves de corral de tamaño similar (codorniz).

Bajo condiciones base (20 parejas reproductoras), los costos de producción anual por cría vendible de un año de edad (sin costos administrativos ni de comercialización) fueron de \$117, \$129, \$134 promedio para los periodos de producción comprendidos entre los años 1–10, 11–20 y 21–30, respectivamente, tiempo por el que se corrió el modelo matemático. Los factores de producción con mayor sensibilidad frente a una variación individual de $\pm 30\%$ fueron “número de huevos por nidada promedio” y “tasa de eclosión por nidada”, donde su efecto sobre la variable analizada “número de crías para la venta” equivale a un 33% de variación en ambos casos.

Debido a que se piensa que los costos de producción son excesivos para el mercado de mascotas ecuatoriano, se recomienda la crianza manual y la utilización de una doble camada (estimulando a la hembra a una puesta adicional). Se espera que el valor agregado que significa el amansamiento de las crías, en combinación con el incremento del número

total de crías, permitirán alcanzar costos de producción que harán de la venta de *Aratinga weddellii* una opción real para el mercado de mascotas, a la vez que se protegería a la especie en su hábitat natural.

ABSTRACT

SIMULATION OF A PRODUCTION SYSTEM TO SUPPLY THE PET MARKET WITH THE PSITACINE *ARATINGA WEDDELLII* (DUSKY-HEADED CONURE) IN AMAZONIAN ECUADOR

A deterministic mathematical model was developed to simulate a pilot commercial productive system of the Amazonian psitacine *Aratinga weddellii* (Deville, 1851). The data used to calibrate the model were adapted from an actual reproductive population analyzed between February 25th, 2004 and August 31st, 2005 being maintained in Tena, Napo Province of Ecuador. Specific parameters of interest, such as “economically useful reproductive live expectancy” and “live expectancy in captivity” had to be inferred from information given for congeners, semi-domesticated confamilials (*Melopsittacus undulatus* - budgerigar) and domestic fowl of similar size (quail).

Under base conditions (20 breeding pairs), the production costs of a saleable chick at an age of one year (net of administrative and marketing costs) were \$117, \$129, \$134 on average for each year, in the production periods between the years 1–10, 11–20, and 21–30, respectively, total number of years for which the model was run on a time step of one year. The production factors that had the greatest influence on production costs when varied $\pm 30\%$ were “average number of eggs per nest” and “hatching rate per nest”, where the direct effect on the variable of interest “number of offspring for sale” was equivalent to $\pm 33\%$ in both cases.

Given that the production costs obtained from the model are deemed excessive for the Ecuadorian pet parrot market, hand-rearing and double-nesting (stimulating the female to enter a new laying cycle by removing the eggs of the first cycle immediately after completion and hand-rearing them) are recommended. It is thought that the value added to

the product by offering tame birds and the increment in production while not incurring in significant additional expenditures besides labor, may bring the production costs better in line with the market. This would make captive-bred *Aratinga weddellii* a valid option for the Ecuadorian pet market, protecting the wild population from direct human predation.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	viii
TABLA DE CONTENIDO	x
LISTA DE TABLAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN (I)	1
Psitácidos como mascotas	1
Historia	1
En el mundo	2
En Ecuador	2
Regulaciones internacionales sobre el movimiento internacional de psitácidos	6
Características biológicas	7
La familia Psittacidae	7
Generalidades	7
El género <i>Aratinga</i>	8
<i>Aratinga weddellii</i>	9
Nombres comunes	9
Distribución geográfica y hábitat	9
Reproducción	10
Comercialización	11
Reproducción de psitácidos en cautiverio	11
Características de las instalaciones	13
Aviario	13
Jaulas	14
Voladeras	15
Alimentación	16
Componentes	16
Administración del alimento en cautiverio	18
El uso de modelos en el estudio de sistemas ecológicos	19

Justificación	22
MATERIALES Y MÉTODOS DEL PLAN PILOTO DE REPRODUCCIÓN (II)	25
Materiales	25
Área de estudio	25
Ubicación y características climatológicas	25
Reseña histórica de la Hacienda Johanna	26
Características de las instalaciones	27
Jaulas	27
Voladeras	28
Animales estudiados	29
Métodos	30
Identificación sexual	30
Marcación de las crías	31
Alimentación	32
Reproducción en cautiverio (variable analizada)	36
MATERIALES Y MÉTODOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN (III)	39
Modelo conceptual	39
Submodelo biológico (reproducción)	39
Submodelo económico (comercialización)	40
Fuentes de datos	40
Submodelo biológico	41
Esperanza de vida en cautiverio y vida útil reproductiva	42
Número de huevos por nidada promedio	42
Número de nidadas al año	43
Inicio de la madurez sexual	43
Tasa de mortalidad anual de los reproductores	43
Tasa de eclosión por nidada	45
Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada	46
Factor de corrección de la productividad de los reproductores influenciada por su edad	47
Factor de corrección de la fertilidad de los reproductores influenciada por su edad	48
Factor de corrección de la mortalidad de las crías eclosionadas influenciada por la experiencia de los reproductores adquirida con la edad	48
Crías para la venta	49
Submodelo económico	50
Depreciación de la inversión	50
Jaulas	50
Voladeras	50
Reproductores	50
Costos medicinas	50
Cloro (Hipoclorito de sodio al 5,25%)	51

Vitaminas (Avisol).....	51
Antiparasitario (Piperazina).....	51
Minerales.....	51
Costos época reproductiva.....	51
Huevo duro.....	51
Aserrín.....	52
Costos servicios básicos.....	52
Luz eléctrica.....	52
Agua.....	52
Validación del modelo.....	52
Análisis de sensibilidad.....	53
RESULTADOS (IV).....	54
Plan Piloto de Reproducción.....	54
Número de huevos por nidada promedio.....	54
Tasa de eclosión por nidada.....	54
Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada.....	55
Tasa de mortalidad anual de los reproductores.....	55
Modelo de Simulación.....	55
Submodelo biológico.....	56
Número de parejas.....	56
Tasa de mortalidad anual de los reproductores.....	56
Producción de huevos.....	56
Tasa de eclosión por nidada.....	57
Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada.....	57
Supervivencia de las crías.....	58
Crías para la venta.....	58
Reposición de reproductores.....	58
Submodelo económico.....	59
Costos fijos.....	59
Depreciación de la inversión.....	60
Depreciación de la infraestructura de ampliación.....	61
Jaulas.....	61
Voladeras.....	62
Depreciación de los costos de reposición de los reproductores.....	62
Costos variables.....	63
Costos alimentación.....	63
Costos medicinas.....	64
Mano de obra.....	65
Costos época reproductiva.....	66
Huevo duro.....	67
Aserrín.....	67
Costos de los servicios básicos.....	68
Luz eléctrica.....	68
Agua.....	69
Costo de mantenimiento anual.....	70

Costo de producción anual por cría vendible	70
Validación del modelo.....	71
Análisis de sensibilidad	71
Simulación de diferentes tamaños de unidades de producción	71
DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS (V)	75
Plan piloto de reproducción.....	76
Número de huevos por nidada promedio	76
Tasa de eclosión por nidada	77
Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada	79
Tasa de mortalidad anual de los reproductores	80
Modelo matemático	80
Mortalidad de los reproductores.....	81
Efectos de la variación de los factores de producción sobre la variable “número de crías para la venta” en el tiempo	83
Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre la variable “número de crías para la venta” en el tiempo	88
Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el “costo de manutención anual por individuo” en el tiempo	89
Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el “costo de producción anual por cría vendible” en el tiempo	90
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES (VI).....	93
BIBLIOGRAFÍA	97
ANEXOS	112

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Rangos nutricionales utilizados por el Zoológico de Guayllabamba, basados en los requerimientos del NRC para aves domésticas y dietas empleadas en zoológicos, 2003.	101
2. Las cuatro áreas de la ecología y sus rangos de aplicación dentro de la simulación mediante modelos matemáticos (Gillman, 1997).	101
3. Composición de la dieta suministrada a los loritos cabeza gris durante el plan piloto de reproducción.	102
4. Distribución de la productividad influenciada por la edad de los reproductores y expresada en el factor de corrección que modifica el número de huevos por nidada promedio (2,38 huevos).	102
5. Distribución de la fertilidad influenciada por la edad de los reproductores y expresada en el factor de corrección que modifica el número total de huevos eclosionados por año.	102
6. Calidad del cuidado proporcionado por los reproductores a las crías como consecuencia de su experiencia (edad) y expresada en el factor de corrección que modifica el número total de crías eclosionadas que mueren por año.	103
7. Sensibilidad del modelo base frente a un cambio de $\pm 30\%$ respecto a “tasa de mortalidad anual de los reproductores”, “número de huevos por nidada promedio”, “tasa de eclosión por nidada”, y “tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada”.	103
8. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre la variable “número de crías para la venta” en el tiempo.	104
9. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre la variable “número de crías para la venta” durante 10 años.	104
10. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el costo de manutención anual por individuo durante 10 años.	105
11. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el costo de producción anual por cría vendible de un año de edad durante 10 años.	105
12. Costos de producción anual promedio por cría vendible durante los tres periodos del proyecto reproductivo. Valores en paréntesis representan el porcentaje de cambio frente al valor correspondiente del modelo base (20 parejas)	106

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Diagrama conceptual del modelo matemático.	107
2. Distribución de la productividad de los reproductores influenciada por la edad, representado por un factor de corrección que permite modificar el número de huevos por nidada promedio (2.38).	108
3. Distribución de la fertilidad de los reproductores influenciada por la edad, representada por un factor de corrección que permite modificar el número total de huevos eclosionados por año.	108
4. Distribución de la experiencia reproductiva de los reproductores en el cuidado de las crías influenciada por la edad, representada por un factor de corrección que permite modificar el número de crías eclosionadas que mueren por año.....	109
5. Efecto del número de parejas sobre el costo de manutención anual por individuo durante 10 años.	109
6. Necesidades de reposición del número de parejas reproductoras como consecuencia de la tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21% anual) y la culminación de su vida útil reproductiva (10mo año de vida).	110
7. Efectos comparativos entre la disminución de la tasa de mortalidad anual de los reproductores (-50%) y el modelo base sobre la variable “costo de producción anual por cría vendible” de un año de edad a lo largo de los tres periodos de reproducción del proyecto.	110
8. Efectos de la variación de la tasa de eclosión por nidada sobre el “número de crías para la venta” en el tiempo.....	111
9. Efectos comparativos entre la variación de la tasa de eclosión por nidada (+60%) y el modelo base sobre la variable “costo de producción anual por cría vendible” de un año de edad a lo largo de los tres periodos de reproducción del proyecto.	111

INTRODUCCIÓN

PSITÁCIDOS COMO MASCOTAS

HISTORIA

Con contadas excepciones, el hogar de la familia Psittacidae son las selvas y sabanas tropicales. Algunas de las especies son muy conocidas a nivel mundial, ya que se adaptan con relativa facilidad al cautiverio y poseen la habilidad de aprender y repetir palabras, además de estar dotadas de llamativos colores y ser juguetonas. La mayoría vive en grupos y se alimenta principalmente de frutas y semillas. Estas características han convertido a estas aves en mascotas populares como lo atestigua la numerosa literatura sobre el tema (Alderton, 1992, 1993; Coborn, 1991; Gismondi, 1994; Grahl, 1990; Hoppe, 2003; Low, 2001; Reinschmidt, 2000; Robiller, 1990, 1991, 1997) incluyendo numerosas revistas especializadas (Gefiederte Welt; Birds USA, Bird Talk).

Desde tiempos inmemoriales, los loros han sido apreciados como mascotas (Hoppe, 2003). Jaulas especiales de diferentes diseños han sido documentadas de las primeras civilizaciones (Alderton, 1997). A partir del año 2000 AC el hombre empezó a tener loros por su vistoso plumaje, melódicas vocalizaciones y habilidad para repetir palabras (Gismondi, 1994; Hoppe, 2003).

Finalmente, la manutención de aves como mascotas en Norteamérica se incrementó dramáticamente durante los años de 1950, 23 años después de la fundación de la primera Asociación de Aficionados de Aves de América en 1927 (Gallerstein, 1994). Desde los años 80 se ha podido apreciar un incremento de la reproducción de aves en cautiverio destinadas al mercado de mascotas (Gallerstein, 1994).

En el mundo

Desde que los europeos descubrieron la existencia de estas aves, los loros fueron capturados y llevados a Europa como símbolos de riqueza y poder (Hoppe, 2003; Vriends, 1984). Durante la época de los griegos y macedonios, los loros fueron considerados como símbolos de abundancia y dominio (Gismondi, 1994). Entre 384 y 322 AC los loros traídos por los generales de sus ejércitos fueron particularmente estudiados por Aristóteles (Alderton, 1997; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994). Finalmente, los romanos convirtieron a la ciudad de Alejandría en un importante mercado de estas mascotas exóticas y fueron considerados como los primeros comerciantes de aves (Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994).

Tras el descubrimiento de América en el año 1492, el número de loros importados por Europa aumentó considerablemente (Hoppe, 2003) y tanto Asia como África dejaron de ser la fuente principal (Alderton, 1997; Gismondi, 1994). Desde el descubrimiento de Australia a finales del siglo XVI, los periquitos australianos se convirtieron en los psitácidos domésticos más reproducidos a nivel mundial (Gismondi, 1994; Grahl, 1990).

En Ecuador

Desde el punto de vista local, dentro de las culturas prehispánicas, estas aves fueron consideradas fuente de alimento, entidad mitológica y base para diseños artísticos (Ortiz y Carrión, 1991). Para la Cultura Cañari el guacamayo evoca la génesis de la humanidad, mientras que para los indígenas de la amazonía simboliza la materialización del arco iris. Expresiones artísticas plasmadas en vasijas, platos y artículos de orfebrería pertenecientes a la Cultura Chorrera constituyen otra muestra de la importancia de las aves en la historia de nuestros pueblos (Ortiz y Carrión, 1991).

Sin embargo, con el pasar del tiempo, la estabilidad de las poblaciones silvestres se ha visto notablemente menoscabada. De acuerdo a varios autores (Pacheco y Benavides, 1990-1994; Ridgely y Greenfield, 2001a;), la vulnerabilidad de las especies de psitácidos nativas de la cuenca amazónica del Ecuador es básicamente el producto de la pérdida de su hábitat natural, el cual se ve afectado tanto por la continua explotación petrolera y maderera así como por el descontrolado crecimiento poblacional. Igualmente, la captura ilegal de aves para satisfacer la demanda del mercado de mascotas silvestres a nivel nacional constituye otro factor determinante en el deterioro de estas especies (Miryan Factos, directora Vigilancia Verde, com. pers.).

Como respuesta a estos problemas y en un intento por preservar las poblaciones locales de psitácidos a nivel nacional, el Ministerio del Ambiente, a través del departamento “Vigilancia Verde”, ha establecido puestos de control a lo largo de las principales carreteras del país para regular la movilización interna de especies catalogadas dentro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES) (Miryan Factos, directora Vigilancia Verde, com. pers.).

De los puestos de control fijo a nivel nacional, cuatro se encuentran en las principales vías que comunican a la región oriental ecuatoriana con la serranía: Baeza (Napó), Mera (Pastaza), Loja-Zamora (Zamora Chinchipe) y Morona Santiago. Según datos de Vigilancia Verde, 89 loros pertenecientes a la familia Psittacidae fueron incautados durante el año 2003 por los diferentes puestos de control fijo de la amazonía (54 en Baeza, 27 en Mera, 4 en Loja-Zamora y 4 en Morona Santiago) y 118 loros en el 2004 (80 en Baeza, 29 en Mera, 5 en Loja-Zamora y 4 por los puestos de control móviles). Durante el año 2005 fueron retenidas 169 aves (153 en Baeza, 9 en Mera y 7 en otros); y 69 durante el primer semestre del 2006 (33 en Baeza, 10 en Mera y 26 en otros). De todas estas aves, solo doce pertenecen a la especie objeto de estudio, *Aratinga weddellii*, de las

cuales 9 fueron incautadas en Baeza, 2 en Mera y 1 en el puesto de control Móvil 5, por ser transportadas sin permisos de movilización (bases de datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, 2003, 2004, 2005 y 2006) (Anexo 1).

A excepción del Plan piloto de reproducción en cautiverio de *Aratinga erythrogenys* por parte del Zoológico de Guayllabamba, cuyo establecimiento fue promovido por el Ministerio de Ambiente con el propósito de reducir la presión del mercado sobre las poblaciones naturales (Itala Yépez, encargada Zoológico, com. pers., mayo/2005), se desconoce de esfuerzos públicos organizados encaminados hacia el establecimiento de colonias cautivas para su reproducción destinada al comercio local de mascotas.

Según Yépez, incluso este proyecto únicamente se pondría en marcha entre el año 2006 y 2007 con la construcción de un aviario en el zoológico de Guayllabamba, el cual estaría compuesto por un área privada de reproducción y una pública de observación. Hasta mayo del 2005 el zoológico contaba con 10 de los 30 individuos requeridos para la conformación de las 15 parejas. Debido a que la diferenciación sexual es imposible de realizar visualmente en esta especie, el zoológico solicitó a la Universidad Católica de Quito la realización de un análisis genético, para lo cual se requirió de una muestra sanguínea de cada individuo. Además, Yépez señaló que *A. erythrogenys* fue escogida para este proyecto por ser una especie altamente amenazada y por contar con altos registros de incautación, pero sobre todo por su fácil disponibilidad.

Desafortunadamente, debido a la necesidad de concentrar esfuerzos (tanto económicos como logísticos) en la reproducción del cóndor andino para la posterior liberación de los polluelos en su área natural de distribución, el zoológico de Guayllabamba aplazó la puesta en marcha del plan piloto de reproducción de *A. erythrogenys*, al menos por dos años más. Los altos costos asociados a la inversión del

proyecto con relación al esfuerzo reproductivo de la especie implica el apareamiento de un mercado paralelo que compense los costos de reproducción (Mario García, Director Fundación Zoológica, com. pers., abril/2007).

En el sector privado existen esfuerzos centrados especialmente en la reproducción de periquitos y cacatuillas australianos (*Melopsittacus undulatus* y *Nymphicus hollandicus*, respectivamente) así como de inseparables africanos (*Agapornis* spp.) en lo que a loros se refiere (E. y M. Jiménez, M. Jaramillo, com. pers.). Sin embargo, en un aviario construido en el año 2000 en la Hacienda Johanna, ciudad de Tena, Provincia del Napo, se ha tenido repetidos éxitos en la reproducción no solo de estas mascotas clásicas sino también de los psitácidos amazónicos *Aratinga weddellii* y *Pionus menstruus*, así como de *Aratinga erythrogenys*, cuyo hábitat natural se localiza en la zona costera ecuatoriana (G. Fischer, com. pers.). Los datos empíricos de la Hacienda Johanna formaron parte del universo de información usado en la elaboración y validación del modelo de simulación desarrollado en esta tesis.

Por otro lado, un ejemplo de la importancia del sector privado en la conservación de aves en su hábitat natural es el programa de conservación del psitácido *Ara ambigua guayaquilensis* ó guacamayo verde mayor. Con la creación del Bosque Protector Cerro Blanco en 1989, en la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, la Fundación Pro-Bosque, patrocinada por Holcim del Ecuador, ha puesto en marcha una serie de programas encaminados a la conservación, manejo y restauración del hábitat natural de esta especie así como de programas de educación ambiental (Fundación Pro-Bosque, 2005).

REGULACIONES INTERNACIONALES SOBRE EL MOVIMIENTO INTERNACIONAL DE PSITÁCIDOS

A partir del descubrimiento de América y Australia, el número de loros importados a Europa aumentó significativamente para satisfacer la creciente demanda de aves exóticas, poniendo en riesgo las poblaciones nativas de los diversos loros que habían sido descubiertos por el hombre (Gismondi, 1994). A raíz de esta disminución y con el afán de ayudar en la protección de estas especies en peligro, numerosos países cerraron las exportaciones (Gismondi, 1994; Grahl, 1990), mientras que Europa bloqueó las importaciones para algunas especies y redujo el número de importaciones para otras (Low, 2001). Como resultado, estrictas regulaciones fueron aplicadas al movimiento internacional de aves (Alderton, 1997; Grahl, 1990; Hoppe, 2003). La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES) fue creada con el afán de regular el movimiento internacional de loros y otras aves (www.cites.org).

Afortunadamente, gran número de los loros mantenidos actualmente en cautiverio ya no proviene de su lugar de origen silvestre, sino de criaderos especializados (Gismondi, 1994). Aunque los precios de aves reproducidas en cautiverio son más elevados, la tendencia de preferir estas mascotas está ayudando a reducir la presión sobre aves silvestres (Reinschmidt, 2000). Según Alderton (1992), al menos 243 especies pertenecientes a la familia Psittacidae han sido reproducidas exitosamente en cautiverio. En consecuencia, el precio para las diferentes aves ha variado considerablemente dependiendo del grado de atención y cuidado invertidos en la cría de los polluelos (Grahl, 1990) –aves pequeñas (gorriones) son más asequibles que especies mayores (loros)– (Alderton, 1997).

CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

LA FAMILIA PSITTACIDAE

Generalidades

Los estimativos sobre el número de especies dentro de esta familia a nivel mundial van desde 317 (Gismondi, 1994) hasta 332 (Ortiz y Carrión, 1991). Mientras que para el Ecuador se estima la presencia de 45 (Ortiz y Carrión, 1991) ó 46 especies dentro de 17 géneros (Ridgely y Greenfield, 2001a). “Nuestras especies varían en tamaño desde el de un gorrión —las ‘viviñas’ del género *Forpus*, muy comunes en la Costa y el Oriente— hasta aves de más de 90 cm de largo —los guacamayos mayores del género *Ara*” (Ortiz y Carrión, 1991).

A excepción de los guacamayos, el verde es el color predominante en la mayoría de los psitácidos del Ecuador. Por lo general, se los encuentra en los bosques húmedos de las tierras bajas, aunque pueden ser observados virtualmente en todo el territorio nacional (Ridgely y Greenfield, 2001b). Son aves gregarias y ruidosas con hábitos sedentarios. Anidan principalmente en huecos de los troncos de árboles o palmeras. En numerosas especies la diferenciación visual de género es imposible de realizar, ya que no existe ninguna diferencia anatómica externa ni variación en coloración entre los sexos (Ortiz y Carrión, 1991; Grahl, 1990; Ridgely y Greenfield, 2001b). El sexaje de los individuos, por lo tanto, se basa en endoscopias o análisis de ADN.

Según Gismondi (1994), el inicio de la época reproductiva de los psitácidos sudamericanos no está asociado a la llegada de la estación lluviosa, como es el caso de sus parientes africanos o australianos, ya que la pluviosidad tiene una distribución anual más uniforme en éste, su continente. Los loros que están distribuidos en el extremo meridional como el sur de Brasil, Bolivia y Paraguay inician la reproducción en diciembre; en

Colombia y Venezuela durante enero; y en aquellas especies que habitan México, Cuba o las Bahamas ocurre a principios de mayo. Por lo tanto, es más bien su ubicación geográfica la que influye: “cuánto más al norte viven los loros, más avanzado está el año al comenzar la estación reproductiva”.

El género *Aratinga*

El género *Aratinga* pertenece a la subfamilia Psittacinae. Según la clasificación sistemática que se adopte, el género contiene entre 15 y 21 especies, subdivididas en 53 a 57 subespecies (Robiller, 1990) las cuales habitan Centro y Sudamérica. Preferentemente habitan los bosques de las tierras bajas o en los bordes de los bosques deciduos (Ridgely y Greenfield, 2001b).

Su dieta se compone principalmente de semillas, frutos, insectos y vegetales. Durante la época de reproducción viven por parejas; fuera de ella, en grupos e incluso forman grandes bandadas. Establecen sus nidos en troncos huecos, también en aperturas entre la roca, cuevas en acantilados, casas de termitas y cactus (Robiller, 1990).

Los miembros del género son de tamaño medio. Miden entre 25 y 38 cm de largo. Los sexos no se diferencian en coloración ni en tamaño, lo que imposibilita una diferenciación visual entre machos y hembras. Son mayoritariamente verdes, tienen cola larga y poseen una zona orbital desnuda. Los jóvenes se diferencian de los adultos por tener el iris totalmente oscuro (Alderton, 1992; Coborn, 1991; Grahl, 1990; Hoppe, 2003; Ridgely y Greenfield, 2001b; Robiller, 1990).

A pesar de ser buenas mascotas por tener un temperamento confiable (Hoppe, 2003; Alderton, 1992), la popularidad de estas aves se ve afectada por sus limitadas habilidades para vocalizar palabras (Coborn, 1991). No obstante, dos especies en particular (*Aratinga solstitialis* y *A. jendaya*), son frecuentemente reproducidas en cautiverio y

adquiridas como mascotas debido a su notable plumaje (Reinschmidt, 2000). A pesar de ello, los éxitos reproductivos tanto de estas dos especies como de otras dentro del mismo género, han sido rara vez descritos (Reinschmidt, 2000).

A pesar de su escaso colorido y poca presencia en el mercado (Alderton, 1992; Coborn, 1991), el lorito cabeza gris *Aratinga weddellii* es una especie apropiada como mascota debido a su dócil temperamento y buena adaptabilidad a cautiverio (Coborn, 1991). Sin embargo, hay que tomar en cuenta que al ser mantenidos en grupo son una especie bulliciosa (Alderton, 1992; Coborn, 1991).

Aratinga weddellii

Nombres comunes: Lorito cabeza gris, perico cabecioscuro, dusky-headed parakeet, dusky-headed conure, braunkopfsittich, weddellsittich.

El término perico, sin embargo, no se emplea en este trabajo, prefiriéndose aquí el término lorito debido a que al hablar de pericos en el Ecuador, generalmente las personas se refieren a psitácidos de tamaño menor, como lo son los pericos del género *Brotogeris*, comunes en la misma área de distribución.

Distribución geográfica y hábitat: Ampliamente distribuido en Sudamérica a lo largo y ancho de la cuenca del Amazonas, el lorito cabeza gris puede ser encontrado desde el sudeste de Colombia hasta el norte de Bolivia, y desde el noreste de Ecuador y Perú hasta el centro de Brasil (Alderton, 1992; Coborn, 1991; Ridgely y Greenfield, 2001a; Robiller, 1990; Voren, 1998).

Es un habitante del bosque húmedo tropical, principalmente en bosques inundados, y de los bosques de tierras bajas, y solo en ocasiones llega a zonas montañosas. No se lo

encuentra en los extensos bosques de tierra firme (Ridgely y Greenfield, 2001a; Robiller, 1990).

Reproducción: Tanto el inicio de la madurez sexual como el número de huevos varían dependiendo de los diferentes autores (Anexo 2). Sin embargo, como se menciona arriba, a pesar de la numerosa literatura disponible, información detallada sobre el comportamiento reproductivo de *A. weddellii* en cautiverio es escasa. Según Robiller (1990), la madurez sexual en cautiverio se presenta a la edad de 1^{1/2} a 2 años en especies pequeñas (*A. weddellii*), mientras que en las grandes rara vez ocurre previo al tercer o cuarto año. Por su parte, una página Web relacionada con el tema señala que la madurez sexual ocurre entre el segundo y tercer año de edad (www.birdieboutique.com/duskyconures.html).

Una nidada promedio del lorito cabeza gris comprende entre 3 ó 4 huevos, aunque excepcionalmente podría llegar a 7. En ocasiones puede darse hasta tres incubaciones durante el año (Robiller, 1990; www.arndt-verlag.com/conures.htm; www.birdieboutique.com/duskyconures.html). Según Robiller (1990), la época de reproducción se presenta durante los primeros meses del año, aunque en Bolivia y Colombia inicia en julio (www.arndt-verlag.com/conures.htm). De acuerdo a Robiller (1990), la incubación requiere aproximadamente de 23 días. Las crías abren los ojos al décimo día y salen del nido aproximadamente a partir del día 50. Después de tres a cinco semanas, los juveniles se independizan.

El lorito cabeza gris fue reproducido por primera vez en 1976 cerca de Milling, Alemania. A partir de entonces, los éxitos en su reproducción han sido más bien modestos (Robiller, 1990). Según Fischer (com. pers.), esta situación puede ser el resultado de una falta de interés por parte de los reproductores comerciales de reproducir esta especie —de coloración comparativamente sencilla y limitadas habilidades para repetir palabras

(Alderton, 1992, Coborn, 1991)– más que de sus requerimientos de manutención, ya que, en comparación a las demás especies de psitácidos mantenidos en las instalaciones de la Hacienda Johanna, *A. weddellii* es la especie con la que se ha obtenido los mayores éxitos reproductivos.

Comercialización: A pesar de su amplia área de distribución, *A. weddellii*, al igual que los demás miembros de la familia Psittacidae, se encuentra catalogada en el anexo II del CITES (www.cites.org). Sin embargo, según la información contenida en el Libro Rojo de las Aves de Ecuador, la especie no se encuentra clasificada en ninguna de las categorías de conservación propuestas por la UICN (2000) (Granizo, 2002).

Según Robiller (1990), esta especie fue mantenida por primera vez en cautiverio en Inglaterra en 1923. Su primera importación a Alemania Occidental fue realizada en 1976. Posteriormente, entre 1979 y 1980 fueron exportadas 2000 aves desde Bolivia (Roet, Mack y Duplaix, 1980, en Robiller, 1990). Según Coborn (1991), el número de individuos exportados hacia el mercado americano ha aumentado significativamente a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, ocasionando que el precio caiga hasta el punto de convertirse en la aratinga más asequible.

REPRODUCCIÓN DE PSITÁCIDOS EN CAUTIVERIO

La belleza de sus colores, su capacidad para repetir palabras y su dócil temperamento son las principales características que han convertido a los loros en mascotas apreciadas a través de todos los tiempos (Alderton, 1992, 1993; Coborn, 1991; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994; Grahl, 1990; Hoppe, 2003; Low, 2001; Robiller 1990, 1991,1997). En la antigüedad, los loros eran capturados en su hábitat natural para ser

mantenidos como símbolos de riqueza y poder (Gismondi, 1994, Vriends, 1984). Actualmente, la mayoría de estas aves proviene de criaderos especializados y pueden ser adquiridas legalmente en el mercado de mascotas (Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994; Grahl, 1990; Reinschmidt, 2000).

La reproducción de loros en cautiverio surge como una respuesta a la creciente demanda de estas aves como mascotas, al mismo tiempo que las poblaciones silvestres de muchas especies decrecen peligrosamente debido a su captura indiscriminada (Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994). Además de su captura ilegal, la pérdida de su hábitat natural ocasionada por la explotación de los recursos naturales así como por el continuo crecimiento poblacional son factores que amenazan su subsistencia (Fundación Pro-Bosque, 2005; Gallerstein, 1994; Hoppe, 2003; Pacheco y Benavides, 1990-1994; Ridgely y Greenfield, 2001a;).

Conforme los métodos de crianza de loros en cautiverio han ido mejorando, las razones para mantenerlos también se han ido modificando con el pasar del tiempo (Vriends, 1984). Técnicas que han sido usadas originalmente para reproducir especies comunes (*Melopsittacus undulatus* = periquito australiano) actualmente pueden ser aplicadas exitosamente a especies mayores que enfrentan problemas en su hábitat natural (Alderton, 1997). Según un extracto del Parrot Status Survey and Conservation Action Plan 2000-2004, la reproducción en cautiverio de *Ara ambigua guayaquilensis*, como ejemplo específico, podría ser utilizada a futuro como una acción adicional de conservación de esta especie en peligro crítico (Fundación Pro-Bosque, 2005). En consecuencia, la reproducción de loros en cautiverio puede seguir contribuyendo a la preservación de un creciente número de especies en peligro (Alderton 1997; Gallerstein, 1994).

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

Antes de tomar la decisión de mantener y reproducir loros en cautiverio es indispensable disponer de las instalaciones (jaula o voladera) y de los accesorios adecuados para su manutención. Las dimensiones de las instalaciones dependerán directamente del tamaño y temperamento de la especie, así como del número de individuos que se pretenda mantener (Alderton, 1992, 1993; Gismondi, 1994; Grahl, 1990; Hoppe, 2003).

Aviario

El diseño del aviario dependerá mayoritariamente de los requerimientos biológicos de la especie a mantenerse a fin de proporcionar un ambiente lo más confortable y seguro posible (Alderton, 1993; Grahl, 1990; Hoppe, 2003). Debe ser construido en un lugar protegido del viento y tener techo para que los loros puedan resguardarse del sol y de la lluvia (Gismondi, 1994). Para facilitar la limpieza y fomentar la higiene de las instalaciones, el piso debe ser construido de cemento y contar con buen drenaje (Alderton, 1992). Adicionalmente, es inevitable que el aviario cuente con doble puerta de malla con suficiente espacio entre ambas para evitar que los loros se escapen cuando se ingrese a la voladera (Alderton, 1993; Delpy, 1993).

El área exterior del aviario debe ser construida con malla sobre una estructura de madera, metal o cemento. La malla debe estar bien fijada a la estructura para evitar que los loros puedan escapar o que animales nocivos (ratones, ratas) puedan ingresar a la voladera (Alderton, 1992; Delpy, 1993; Gismondi, 1994; Grahl, 1990). Debido a que los loros tienen un pico robusto con el cual les gusta mordisquear, el uso de la madera en la construcción de sus aviarios no es aconsejable (Gismondi, 1994). Adicionalmente, el deterioro causado por el clima tropical húmedo convierte a la madera en un material completamente inapropiado

para la construcción de estas instalaciones en zonas tropicales como el Tena (G. Fischer, com. pers.).

Los nidos deben estar colocados bajo techo y pegados a la pared en la parte más oscura y alta de la voladera para así incentivar la reproducción. Igualmente, esto previene que los loros sean molestados durante la alimentación y la limpieza (Alderton, 1992).

En pocas palabras, un aviario debe cumplir con los siguientes requisitos: suficiente espacio, funcionalidad, facilidad de mantenimiento y resistencia de los materiales (Delpy, 1993; Gismondi, 1994; Hoppe, 2003).

En comparación con los países sujetos a las cuatro estaciones, donde los aficionados tienen la necesidad de equipar sus aviarios con complejos sistemas de control ambiental para asegurar la comodidad y supervivencia de sus aves durante la época invernal, el aviario de este estudio en particular tiene la ventaja de no requerir de controles ambientales muy elaborados y costosos debido a que se encuentra ubicado en el Tena, provincia del Napo, Ecuador. Es una zona tropical húmeda que comprende parte del área de distribución natural de la especie de psitácido en estudio.

Jaulas

En el mercado de mascotas se puede encontrar una amplia gama de jaulas de diferentes formas y tamaños. Sin embargo, se deberá escoger la jaula en función de las dimensiones propias de cada loro (Coborn, 1991; Gallerstein, 1994; Grahl, 1990; Hoppe, 2003). Por ejemplo, loros pequeños (*Agapornis* spp., *Forpus* spp.) requerirán jaulas de 30 × 50 × 40 cm, loros medianos (*Aratinga* spp., *Nymphicus* spp.) necesitarán jaulas que midan 60 × 40 × 50 cm, mientras que loros grandes (*Amazona* spp., *Pionus* spp.) preferirán jaulas con dimensiones más amplias 50 × 50 × 60 cm (Gismondi, 1994).

Por otro lado, la resistencia de los materiales con los cuales se construirá las jaulas también es muy importante (Hoppe, 2003). Jaulas de metal son mucho más recomendables que aquellas de madera, particularmente cuando el objetivo es el cuidado de loros grandes con picos fuertes que gustan mordisquear (Alderton, 1992, 1993) o la manutención de aves en clima tropical húmedo como la región Amazónica, donde la madera se convierte en un sustrato fértil donde anidan insectos y se multiplican las bacterias (G. Fischer, com. pers.).

Para solventar la necesidad de los loros de mordisquear, se recomienda proporcionar perchas de madera, las cuales son fáciles de reemplazar (Hoppe, 2003; Alderton, 1992, 1993). Sin embargo, se aconseja colocar máximo dos perchas por jaula para prevenir que las aves ensucien los recipientes de agua o de comida al estar posadas sobre ellas (Alderton, 1992). Adicionalmente, las jaulas deben proporcionar un doble piso de malla para facilitar las actividades de limpieza. Para el efecto se puede colocar papel periódico o arena sobre el doble piso de la jaula donde regularmente se acumulan los desechos (Alderton, 1992, 1993).

Voladeras

Especies pequeñas semidomesticadas, como los periquitos australianos (*Melopsittacus undulatus*), cacatúas ninfa (*Nymphicus hollandicus*) e inseparables africanos (*Agapornis* spp.), se adaptan bien a una voladera de 180 cm de largo. Loros de tamaño medio (loritos del género *Aratinga*) y grande como las amazonas (*Amazona* spp.), pionus (*Pionus menstruus*) o caiques (*Pionites melanocephala*) requerirán preferentemente de una voladera de entre 270 y 540 cm de largo. Finalmente, tanto los guacamayos como las cacatúas propiamente dichas preferirán espacios más generosos (Alderton, 1992). Lógicamente, entre más grande sea el espacio, mejor será para la especie en cuestión, ya

que se le proporcionará un ambiente seminatural que les permitirá volar (Alderton, 1993; Grahl, 1990).

Por otro lado, el ancho de la voladera no es un factor tan importante como el largo. Instalaciones con 90 cm de ancho constituyen espacios adecuados para especies con cola corta y, aunque 120 cm es adecuado para las demás especies de tamaño medio a grande, especies como los guacamayos requieren de al menos 180 cm de ancho para evitar que se estropeen sus largas colas (Alderton, 1992).

ALIMENTACIÓN

Componentes

A excepción de las dietas carnívoras, todos los tipos de dietas están representados dentro del orden Psittaciformes (Hoppe, 2003). Casos notables incluyen a los miembros del género *Lorius*, los cuales con su lengua modificada en forma de brocha, se alimentan casi exclusivamente de néctar y polen (Alderton, 1993; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994). En la naturaleza estas especies pueden ser encontradas tanto en Australia, Oceanía y el sudeste asiático (Hoppe, 2003). Estos loros son tan peculiares, que se los ha clasificado dentro de su propia familia, los Loriidae (Robiller, 2001). Por lo demás, las restantes especies pueden ser divididas dentro de dos grandes grupos: frugívoras y granívoras. Las especies que se alimentan básicamente de frutas son encontradas primordialmente en las selvas tropicales mientras que el segundo grupo habita las sabanas (Gismondi, 1994).

La posibilidad de combinar una amplia gama de dietas comerciales, alimentos caseros, frutas frescas, vegetales, así como una variedad de semillas en el menú diario de las aves, ha facilitado en gran medida los éxitos de manutención y reproducción de las diferentes especies mantenidas en cautiverio (Alderton, 1992; Gallerstein, 1994; Grahl, 1990; Reinschmidt, 2000).

En el caso de *Aratinga weddellii*, la dieta en la naturaleza consiste de semillas, nueces, frutas y bayas estacionales e incluso insectos (Robiller, 1990). En cautiverio la dieta se compone de semillas secas y remojadas (avena, maíz, arroz, mijo, girasol, trigo), vegetales (zanahorias, tomates, pepinillos, col), ramas frescas, frutas y bayas. Suplementos minerales y vitamínicos también son esenciales (Alderton, 1992; Coborn, 1991; Gismondi, 1994; Robiller, 1990). Igualmente, es importante complementar los requerimientos proteínicos que se incrementan durante la época de muda (Alderton, 1993) y el periodo de reproducción (Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994). Para el efecto, se puede incrementar la cantidad de carne, huevos, productos lácteos, fréjol y/o nueces. De esta manera se compensa la ingesta proteínica de gusanos y otros pequeños invertebrados presentes en la naturaleza (Alderton, 1993; Gismondi, 1994).

En consecuencia, suministrar una dieta balanceada es importante para que los loros mantengan un buen estado de salud sin caer en la obesidad y presenten una predisposición a la reproducción (Coborn, 1991; Grahl, 1990). Desafortunadamente, el poco conocimiento sobre los requerimientos nutricionales específicos de cada especie obliga a generalizar y a elaborar una dieta basada en los nutrientes básicos requeridos por los loros en cautiverio (Gallerstein, 1994; Hoppe, 2003).

El zoológico de Guayllabamba, basándose en los requerimientos nutricionales del NRC (National Research Council de Estados Unidos) para aves domésticas y dietas empleadas en zoológicos, da las pautas sobre la calidad de la dieta que deben recibir las aves de las familias Psittacidae, Thraupidae, Mimidae y Tyrannidae que son mantenidas en cautiverio, basándose en una mezcla de frutas y semillas (Tabla 1).

Administración del alimento en cautiverio

Es ventajoso que la administración del alimento en cautiverio tome como ejemplo las costumbres alimenticias de las aves en la naturaleza (Hoppe, 2003). Según Gismondi (1994), aquellas especies que viven en las selvas tropicales y que están acostumbradas a alimentarse de los frutos y semillas de los árboles, deberían recibir su alimento en comederos colocados en la parte superior de sus jaulas y voladeras. En cambio, los miembros de las especies que habitan las sabanas y que se alimentan de semillas y frutas que encuentran en el suelo, deben poder alimentarse en la parte inferior de las jaulas y voladeras (Hoppe, 2003).

Además de la ubicación de los comederos, la cantidad y calidad de los componentes de la dieta son factores determinantes en la manutención exitosa de loros en cautiverio (Gismondi, 1994). Para un loro de tamaño medio como *A. weddellii* (aprox. equivalente a 150-250 g de masa corporal) se recomienda $\frac{1}{4}$ de taza de alimentos por día (Gallerstein, 1994). La dieta de los loros puede consistir tanto de mezclas ofrecidas en el mercado como de preparaciones caseras, siempre y cuando satisfagan los requisitos nutricionales de las aves en cautiverio.

La mezcla de semillas que se ofrezca, ya sea adquirida premezclada en el mercado o preparada personalmente, debe contener semillas frescas, limpias, sin polvo o insectos. Las semillas pueden ser proporcionadas tanto secas como remojadas o precocidas, dependiendo de la capacidad de las aves para romperlas. Las frutas por su parte deben estar maduras y frescas, además de bien lavadas para evitar que inadvertidamente se introduzca toxinas (pesticidas, herbicidas) en la dieta, las cuales pueden causar daños físicos tanto en el corto como en el largo plazo (Gismondi, 1994).

Vegetales y ramas frescas complementan la dieta de psitácidos en cautiverio. Los vegetales, al igual que las frutas, también deben ser frescos y estar bien lavados, caso

contrario pueden resultar nocivos para la salud de las aves (Gismondi, 1994). Las ramas frescas nos permiten mantener a los loros alejados de las estructuras de las jaulas al proporcionarles madera para mordisquear y entretenerse.

EL USO DE MODELOS EN EL ESTUDIO DE SISTEMAS ECOLÓGICOS

Antes de profundizar en el uso de modelos matemáticos como una herramienta para la toma de decisiones (Grant, 1986; Starfield y Bleloch, 1991; Starfield *et al*, 1994), es necesario comprender la complejidad de las interacciones de los diferentes factores biológicos y ecológicos, así como económicos, sociales y legales vinculados a un tema ambiental (Gillman, 1997; Grant, 1986).

Las interacciones entre organismos y el ambiente, y las consecuencias de estas interacciones, representan el objetivo de estudio de la ecología, el cual debe ser tomado en cuenta al momento de elaborar un modelo matemático (Gillman, 1997; Grant, 1986). Igualmente, un modelo ecológico debe ser capaz de describir en lenguaje matemático el cambio en el número de individuos dentro de una población en el tiempo o espacio al variar los grados de exactitud y generalidad de las dinámicas de la población dentro de la ecología de poblaciones (Gillman, 1997).

Para Gillman (1997), la mayoría de los temas relacionados con la ecología pueden ser expresados en términos matemáticos o analizados a través de un modelo matemático. Es más fácil y preciso manipular una ecuación matemática que basarse en aquellos análisis no matemáticos que difícilmente predicen los resultados de la interacción variable de numerosos factores biológicos que con su presencia o ausencia influyen en las dinámicas

de poblaciones. Así, un modelo será modificado en función de la disponibilidad o escasez de los datos, lo cual en el campo ecológico es lo más usual (Starfield y Bleloch, 1991).

Bajo este razonamiento, Gillman (1997) divide a la ecología en cuatro áreas, cada una de las cuales tiene su propio rango de aplicación de modelos matemáticos (Tabla 2).

Un modelo es elaborado para resolver un problema (Starfield y Bleloch, 1991) y es representado por el conjunto de ecuaciones que describen las interrelaciones entre los diferentes factores que componen un sistema (Grant, 1986). Un modelo ecológico entonces involucra las interrelaciones existentes entre los organismos y la variedad de factores ambientales que interactúan en el tiempo y el espacio, los cuales pueden cambiar de una manera impredecible (Gillman, 1997).

En conclusión, el uso de modelos matemáticos en el estudio de sistemas ecológicos intenta medir todos los factores relevantes y determinar cómo ellos interactúan con la población o comunidad objeto de estudio (Gillman, 1997). Para Grant (1986), los modelos ecológicos permiten simular el comportamiento de un sistema real bajo circunstancias particulares en las cuales estamos interesados. En otras palabras, los modelos ecológicos aparecieron para analizar las consecuencias de lo que nosotros pensamos que es real (Starfield y Bleloch, 1991).

Los modelos matemáticos nos permiten acelerar los procesos naturales para no tener que esperar decenas o cientos de años para observar como una población podría “posiblemente” cambiar en el tiempo o el espacio, como respuesta a factores extrínsecos que se mantienen iguales o cambian de una manera impredecible (Gillman, 1997). Por esta razón, los modelos son una herramienta muy útil para el proceso de toma de decisiones, tanto en el ámbito de manejo, como en el de investigación, así como en el de la aplicación de políticas ambientales (Grant, 1986; Starfield y Bleloch, 1991). Adicionalmente, los

modelos nos permiten simular una serie de experimentos usando hipótesis alternativas antes de aplicar los experimentos en un sistema real (Grant, 1986).

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas que ofrecen los modelos matemáticos, no se debe tampoco olvidar sus limitaciones. Por un lado, no representan todas las posibilidades de las dinámicas de población, solo predicen los resultados de algo específico que se está analizando en un determinado tiempo y espacio con base en ciertas condiciones asumidas (Gillman, 1997). Por otro lado, la escasez de los datos –una constante en el ámbito ecológico (Starfield y Bleloch, 1991)– impedirá que se pueda repetir con exactitud las complejas interacciones presentes en un ecosistema, más aún cuando se sabe que la “veracidad” de los resultados que arroje un modelo dependerá de la calidad de los datos que se haya usado en su elaboración (Gillman, 1997). La frase “trash in – trash out” de la ciencia de la computación nunca fue más apropiada que en referencia a un modelo matemático de simulación de un sistema biológico. Finalmente, la subjetividad implícita en la identificación y categorización de las diferentes variables y componentes dentro del modelo influirá en la predictibilidad de la dinámica en el campo (Gillman, 1997; Grant, 1986).

Bajo estas premisas y con el propósito de determinar si el lorito cabeza gris es una especie apta para ser mantenida y reproducida en cautiverio con fines comerciales, se puso en marcha un plan piloto de reproducción (25/febrero/2004 – 31/agosto/2005) en las instalaciones de la Hacienda Johanna. El proyecto fue dividido en dos fases. En la fase inicial (25/febrero/2004 – 04/abril/2004) se determinó el nivel de consumo de alimento de los loritos así como sus preferencias alimenticias, tomando como base las prácticas de manutención previamente empleadas en el aviario. La segunda etapa (05/abril/2004 – 31/agosto/2005) estuvo orientada a determinar el potencial reproductivo de esta especie en cautiverio. Durante este periodo se suministró una nueva dieta elaborada con base en la

información disponible sobre el tema en la literatura para aficionados (ver bibliografía) y a la guía general de nutrición del zoológico de Guayllabamba (Tabla 1). Finalmente, los resultados obtenidos del plan piloto fueron utilizados para alimentar la base de datos del modelo matemático.

En conclusión, esta tesis se centró en la creación de un modelo matemático determinístico en el campo de la ecología de poblaciones a través de la simulación de un sistema productivo del psitácido *Aratinga weddellii* en la cuenca amazónica del Ecuador para suplir el mercado de mascotas. Para ello se consideró aspectos biológicos, físicos y económicos que interactúan en el tiempo y espacio dentro de las dinámicas de la población objetivo.

JUSTIFICACIÓN

A pesar de que *Aratinga weddellii* no es una de las especies de psitácidos más vistosas de la Amazonía ecuatoriana, fue escogida por haber demostrado, a lo largo de un extenso período preliminar en las instalaciones objeto de este estudio, su facilidad de adaptación a las condiciones en cautiverio, así como por su disponibilidad (mayor número de individuos) al momento de iniciar el plan piloto. Su reproducción fue la más numerosa en comparación a otras especies de psitácidos presentes, tales como *Pionites melanocephala* y *Pionus menstruus*. Especialmente la primera, a pesar de numerosos esfuerzos, no ha logrado ser reproducida en las voladeras de la Hacienda Johanna sino hasta inicios del año 2007.

Adicionalmente, la presencia de *A. weddellii* en el mercado informal de mascotas – a pesar de no existir un mercado formal para especies silvestres de aves nativas–, hace suponer una presión negativa sobre la población en su hábitat natural (Pacheco y Benavides, 1990-1994). Aunque aún no es catalogada como especie en estado crítico, su

aparente idoneidad para reproducirse en las instalaciones de la Hacienda Johanna hace esperar que una creciente presión futura pueda ser satisfecha por una producción comercial en cautiverio.

Aunque de la literatura disponible se desprende que la reproducción de especies vistosas como *Pionites melanocephala* y *Pionus menstruus*, entre otras, ha sido exitosa en los países desarrollados (Alderton, 1992; Low, 2002; Robiller, 1990), en una primera fase de reproducción comercial es recomendable adquirir experiencia con una especie que ha demostrado su adaptabilidad a métodos locales de crianza en cautiverio y que perdona uno u otro error en su manejo.

El presente estudio tiene como finalidad proveer una herramienta para la conservación de la especie *Aratinga weddellii* a través de la elaboración de un modelo matemático que permitirá simular su manutención y reproducción en cautiverio para la posterior comercialización de sus crías en el mercado nacional de mascotas. De esta manera se espera contribuir al futuro de esta especie catalogada en el Anexo II del CITES (www.cites.org). Al satisfacer el mercado de mascotas se espera atenuar uno de los factores de presión sobre las poblaciones silvestres tanto del lorito cabeza gris así como de aquellas especies catalogadas en peligro. Por otro lado, factores adicionales, como el deterioro o preservación de su hábitat natural, dependen de políticas de estado y la conciencia de todo un país.

A nivel nacional los esfuerzos para reproducir aves silvestres están en sus inicios (*Aratinga erythrogenys* y *Ara ambigua guayaquilensis*). Estos programas se basan en el esfuerzo de fundaciones financiadas por donaciones y trabajo voluntario y no por las economías de oferta y demanda. El esfuerzo de reproducción no proporciona datos sobre economías de producción ni su posterior comercialización. Están encaminados a aspectos netamente biológicos y filosóficos (protección de especies en peligro). Desde el punto de

vista de las economías de producción comercial para un mercado de mascotas aportan poco o nada. La necesidad de complementar el trabajo de campo (plan piloto de reproducción) a través de la elaboración de un modelo matemático nació precisamente de la búsqueda de repuestas a estas preguntas.

MATERIALES Y MÉTODOS
DEL
PLAN PILOTO DE REPRODUCCIÓN
(II)

MATERIALES

ÁREA DE ESTUDIO

Ubicación y características climatológicas

El plan piloto de reproducción de la especie *Aratinga weddellii* (lorito cabeza gris) tuvo una duración de 18 meses, comprendidos entre el 25 de febrero del 2004 y el 31 de agosto del 2005. Fue llevado a cabo en las instalaciones de la Hacienda Johanna, ubicada al borde occidental de la cuenca amazónica del Ecuador, al pie de la Cordillera Oriental de los Andes, a una elevación de 520 m sobre el nivel del mar. Las instalaciones se encuentran a 2 km al norte de la ciudad de Tena, provincia de Napo. Sus coordenadas geográficas de referencia son 77° 48' O y 0° 58' S (GPS Garmin® etrex) (Anexo 3).

La zona se caracteriza por tener un clima tropical húmedo y representa la puerta de entrada hacia la cuenca amazónica del Ecuador por el Río Napo. La temperatura promedio de la zona es de 24° C y la precipitación anual es de 4000 mm aproximadamente, con época seca no extrema entre los meses de diciembre y marzo (276 mm de pluviosidad promedio mensual) y una época de mayor pluviosidad entre abril y julio (433 mm de pluviosidad promedio mensual) (G. Fischer, datos no publicados). Adicionalmente, es importante destacar que en los últimos 20 años el nivel de precipitación mensual más consistente y predecible corresponde al mes seco de agosto con 270 mm de pluviosidad promedio (Anexos 4a y 4b).

Reseña histórica de la Hacienda Johanna

La Hacienda Johanna fue fundada a inicios de los años 70 y está dedicada desde sus inicios a la crianza de ganado vacuno cárnico, llegándose incluso a importar reproductores pura sangre Santa Gertrudis desde Estados Unidos a mediados de los años 70 para mejorar su ganadería. Siguiendo con una filosofía de diversificación hacia nuevos sistemas productivos para la zona, a mediados de los años 80 la Hacienda incursionó en el estudio de especies acuáticas nativas de la amazonía ecuatoriana en función de su adaptabilidad para su crianza en cautiverio. Los primeros resultados sin embargo, fueron desalentadores al compararlos con el potencial de la tilapia, la misma que desde 1991 es comercializada en el mercado local. Paralelamente se estudia el cultivo de más de 70 especies acuáticas para la acuariofilia.

Con la llegada del nuevo milenio, las pocas fuentes de trabajo disponibles en el área y la necesidad apremiante de disponer de recursos económicos para solventar las necesidades básicas (educación, medicina), la población local se dedicó a comercializar especies silvestres. Además de cazar animales para el consumo, aves de diferentes especies han sido capturadas para ser mantenidas como mascotas. Como respuesta a la constante oferta de estas aves, la Hacienda tomó la decisión de construir dos aviarios (véase abajo) destinados a la manutención y crianza de aquellas “mascotas” recuperadas. Al mismo tiempo, se dedicó a la crianza y reproducción comercial de aves exóticas (*Melopsittacus undulatus*, *Agapornis spp.*, *Poephila guttata*). Así se inicia el estudio de aves destinadas al mercado de mascotas como respuesta al deterioro ambiental y avance de la frontera agrícola que se observa en la zona (G. Fischer, com. pers.). Estudio que hasta el momento encuentra su máxima expresión en esta tesis.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

Las instalaciones fueron construidas con base en diseños de instalaciones similares usadas en otros países (Alderton, 1992, 1993; Delpy, 1993; Gismondi, 1994; Robiller, 2001), adaptándolas a las condiciones climatológicas de la zona (G. Fischer, com. pers.). Las instalaciones consisten de dos aviarios (400 m² y 200 m², respectivamente) con voladeras a su alrededor y jaulas de malla en su interior central (Anexo 5).

Jaulas

Para prolongar la vida útil de las jaulas y mantener óptimas condiciones sanitarias para las aves, las jaulas utilizadas en el plan piloto fueron construidas con malla electrosoldada, triple galvanizada con un ojo rectangular de 5.0 cm × 1.25 cm (Ideal Alambrec). Miden 100 cm de largo, 50 cm de ancho y 50 cm de alto. Están provistas de una puerta rectangular (15 cm de alto × 20 cm de largo) ubicada en el centro inferior que permite un acceso frontal para el manejo interior de la jaula.

Las jaulas están colocadas en la parte interior del aviario mayor, en 3 hileras dobles de 6 jaulas cada una. Para evitar la interacción entre las diferentes parejas y facilitar las actividades de limpieza, se colocó protector plástico de color verde entre las jaulas y por debajo de la hilera superior y media.

Cada jaula provee un nido rectangular de madera de 24 cm de largo, 21 cm de ancho y 40 cm de alto. Cada nido tiene una apertura circular de 9 cm de diámetro, en el extremo superior frontal de la caja, a través de la cual ingresan los loros al interior del nido. Igualmente, el nido ofrece una compuerta circular en el extremo inferior de su costado izquierdo para facilitar el acceso directo exterior al nido por parte del personal de cuidado con un mínimo de estrés para las aves. Adicionalmente, durante la época de reproducción, la base de los nidos es recubierta con aserrín para evitar que los huevos se

rompan durante la puesta. Al mismo tiempo, el aserrín proporciona una superficie suave y cálida para las crías. Finalmente, cada jaula tiene 2 perchas de madera colocadas en el tercio superior de la jaula, las cuales proveen a los loros de un punto elevado de ubicación, así como de un objeto para mordisquear (Anexo 6).

Voladeras

Las voladeras miden 3 m de largo, 1,8 m de ancho y 2 m de alto. El acceso a cada voladera es por su parte posterior angosta desde un corredor a través de una puerta de malla de 70 cm de ancho. La pared restante es de bloque de cemento y contiene orificios cuadrados sellables de 20 × 20 cm que permiten el acceso directo a los nidos por parte del personal sin entrar a la voladera. Las paredes laterales son de bloque de cemento y el frente de la voladera consiste del mismo bloque de cemento hasta una altura de 50 cm y de malla los restantes 1.5 m. Este frente es el que ofrece el acceso visual principal hacia el interior de las voladeras. Finalmente, el techo de las voladeras es de la misma malla, pero el metro cercano a la puerta de acceso está protegido por una cubierta de zinc. Esto ofrece resguardo a las aves de las inclemencias del clima. La malla es electrosoldada, triple galvanizada con un ojo rectangular de 5.0 cm × 1.25 cm (Ideal Alambrec). Ésta permite que las aves en el interior de la voladera estén expuestas a la lluvia, el sol, y el viento en una manera similar como en la naturaleza, a fin de preservar sus ritmos biológicos/hormonales (Robiller, 2001).

Los nidos en las voladeras son 2 cajas rectangulares de madera subdivididas en 3 y 2 nidos, respectivamente. Cada nido mide aproximadamente 26 cm de largo, 33 cm de ancho y 50 cm de alto. Todos los nidos tienen una apertura circular de 9 cm de diámetro localizada en la parte superior frontal de las cajas. Este orificio ofrece a los loros un acceso directo al interior de los nidos. Las cajas están sujetadas a la pared interna de bloque de

cemento que tiene los orificios cuadrados sellables mencionados arriba. Al igual que en las jaulas, también se coloca aserrín en los nidos para que sirva de colchón durante la época de reproducción.

Cada voladera ofrece dos perchas de madera colocadas a lo ancho en el tercio superior de la habitación. Las perchas proporcionan a los loros un punto elevado de descanso y madera para mordisquear. Finalmente, cada voladera tiene una maceta de bloques de cemento ubicada en la esquina frontal derecha de la habitación donde se siembran las ramas frescas de guayaba para que los loros las puedan mordisquear (Anexo 7).

ANIMALES ESTUDIADOS

Para el plan piloto de reproducción se trabajó con 15 individuos de la especie *A. weddellii*, de los cuales 6 fueron rescatados de la población indígena local durante un período comprendido entre 1999 y 2002. Los 9 individuos restantes representan el producto de la reproducción en cautiverio dentro de las instalaciones de la Hacienda Johanna entre diciembre 2000 y enero 2004 (G. Fischer, com. pers.). Sin embargo, para propósitos de este estudio, las 2 crías que nacieron en enero del 2004 no fueron consideradas en el universo de reproductores, por no haber alcanzado la edad estimada mínima de madurez sexual (18–24 meses) (Robiller, 1990). Esto significa que en el plan piloto se trabajó con 6 individuos silvestres y 7 individuos nacidos en cautiverio.

Según Fischer, desde que los loros llegaron a la hacienda fueron mantenidos en colonia en una de las voladeras del aviario mayor. En octubre 2003 dos pares de aves, clasificadas como parejas por su comportamiento, fueron separadas a sus respectivas jaulas. Efectivamente, durante la ejecución del plan piloto, la reproducción exitosa de estas dos parejas confirmó el diagnóstico empírico inicial. En resumen, los 13 individuos

inicialmente estaban distribuidos de la siguiente manera: 9 loros en una misma voladera en compañía de 2 crías jóvenes de aproximadamente 1 mes de edad, y 2 parejas en sus respectivas jaulas.

MÉTODOS

IDENTIFICACIÓN SEXUAL

Para poder llevar a cabo el plan piloto de reproducción de *A. weddellii* y poder determinar su grado de adaptabilidad a las condiciones físicas y ambientales de cautiverio, con base en el número de crías resultantes durante el periodo que duró el proyecto, habría sido necesario asegurarse del sexo de cada uno de los individuos a fin de establecer las parejas correctas. Debido a que una diferenciación sexual visual es muy difícil, una confirmación inequívoca de sexo debe basarse desde el principio en métodos endoscópicos (Grahl, 1990) o, mejor aún, genéticos (Alderton, 1997; Robiller, 1991).

Sin embargo, debido a los altos costos asociados y a su difícil accesibilidad local, en este estudio nunca se hizo una diferenciación sexual en esta especie. El análisis molecular practicado en otras especies de psitácidos (*P. menstruus*, *P. melanocephala*, entre otras) y llevado a cabo tanto por la Dra. Bertha Ludeña (Laboratorio de Genética Molecular, PUCE, Ecuador) como por la Dra. Jana Beikert (Tauros Diagnostik Universität Bielefeld, Alemania, www.tauros-diagnostik.de), no fue aplicado a *A. weddellii* ya que la especie ya se había reproducido anteriormente en las instalaciones de la hacienda, lo que indicaba la presencia tanto de machos como de hembras dentro de la colonia, por lo que se decidió evitar el trauma asociado con la separación y conformación de nuevas parejas. Adicionalmente, el pequeño tamaño de los loritos cabeza gris (28 cm de largo) es un

problema para la obtención de la muestra de sangre (2 ml/individuo) requerida para el análisis en Ecuador.

Por todas estas razones se trabajó tanto con la colonia de loros de la voladera tal y como se había establecido originalmente, así como con las dos parejas preestablecidas anteriormente. El uso de los dos tipos de alojamiento para las aves (voladera y jaulas) proporcionó información respecto al grado de adaptabilidad de *A. weddellii* en cautiverio y como éstos influyen sobre la manutención de la especie y su fecundidad.

MARCACIÓN DE LAS CRÍAS

Para efectos de una posible comercialización futura de las crías de *A. weddellii* nacidas en cautiverio y para poder diferenciarlas de sus padres una vez que han alcanzado la coloración de adulto, las crías fueron marcadas con un anillo de cobre colocado en su pata derecha. El proceso fue llevado a cabo aproximadamente al término de los primeros tres meses de edad, momento en el cual las crías salen del nido y son autosuficientes, pero antes de que adquieran todo su plumaje de adulto y pierdan el color negro del iris, única característica que diferencia a los jóvenes de los adultos.

Según G. Fischer, la colocación temprana de los anillos ha ayudado a evitar que las crías se provoquen lesiones físicas (pérdida de la pata) al tratar de retirarse los anillos por ser considerados un cuerpo extraño por parte de las aves. Esto se debe al hecho de que las crías se van acostumbrando a su presencia desde que son muy jóvenes, algo que no ocurrió con individuos adultos silvestres de la especie *P. menstruus*, en la misma hacienda, donde hubo que retirar los anillos para evitar auto mutilaciones.

Este método de marcación fue escogido a pesar del riesgo implícito debido a que después de su colocación no se requiere de posteriores marcaciones como es el caso de la marcación de las plumas con marcador permanente, el cual debe ser renovado

periódicamente conforme las aves van cambiando de plumaje. Igualmente, este método es ventajoso por el hecho de que se puede identificar fácilmente a las crías mediante simple observación a distancia, sin necesidad de tener que atrapar a cada individuo, lo cual genera estrés entre las aves. Finalmente, los anillos nos ofrecen la posibilidad de gravar en ellos un número o una letra que identifique la generación a la cual pertenecen las crías, ya que para propósitos de comercialización solo se puede trabajar con especímenes a partir de la segunda generación de crías nacidas en cautiverio (Registro Oficial, Decreto N°. 3516, 31 de marzo de 2003).

ALIMENTACIÓN

La fase inicial del plan piloto que se realizó durante 37 días (25 de febrero 2004 – 4 de abril 2004) tuvo como objetivo la cuantificación de la porción de alimento suministrada diariamente así como de las sobras resultantes a la mañana siguiente. Esta medición se llevó a cabo para observar y determinar el consumo de alimento *ad libitum* de los loritos cabeza gris, así como sus preferencias alimenticias. Al mismo tiempo, esto permitió determinar si la cantidad de alimento proporcionada diariamente durante las primeras horas de la mañana (8:00–10:00) era suficiente o no para el número de individuos. Durante este periodo, ninguno de los componentes de la dieta habitual ni el método de administración del alimento fue modificado para evitar un cambio de sus costumbres alimenticias.

La dieta habitual establecida por la hacienda Johanna consistía mayoritariamente de una mezcla de balanceado broiler (1557 g), arroz (1091 g), balanceado de postura (1266 g) y balanceado para peces a 40% de proteína (474 g). Ocasionalmente se añadía avena (490 g), alpiste (1335 g), maíz (72 g) o trigo remojado (2549 g), lo que dependía de la disponibilidad de dichos componentes o la escasez de los ingredientes principales. De esta mezcla, 25 g eran suministrados a los loritos cabeza gris de la voladera y 47 g a las parejas

de las jaulas, como porción diaria promedio por individuo. El resto de la mezcla era repartido entre otras especies (*Pionus menstruus*, *Pionites melanocephala*, *Aratinga erythrogenys*). De la porción diaria, se contabilizó un promedio de 58 g de sobras en la voladera y 36 g de sobras en las jaulas, las cuales estaban compuestas mayoritariamente de balanceado y avena que aparentemente no eran de su agrado. Finalmente, los loritos de la voladera recibieron en 10 ocasiones una porción extra promedio de 18 g de mezcla por individuo, durante la tarde.

Con los resultados obtenidos en la fase inicial del plan piloto, se pudo determinar que los loritos, especialmente los de la voladera, estaban recibiendo normalmente menos alimento del que ellos requerían, sin mencionar que la dieta estaba basada exclusivamente en pellets y semillas. A pesar de ello, la especie mostró un alto grado de adaptabilidad a cautiverio, lo que se tradujo en la reproducción exitosa de los loritos en las instalaciones de la hacienda Johanna (véase “Animales estudiados” arriba) hasta poco antes de que se diera inicio al plan piloto. A pesar de este aparente éxito reproductivo, se pensó en una posible optimización de los resultados mediante una mejora en la dieta, ya que la que hasta entonces se suministraba presentaba falencias tanto en cantidad como en calidad, en referencia a la extensa literatura sobre el tema (véase abajo).

A partir del 5 de abril 2004 y tomando la información de Gallerstein (1994) como base, se inició la alimentación de los loritos, tanto de los individuos mantenidos en la voladera como de las parejas de las jaulas, con una dosificación diaria de 50 gr/individuo de una mezcla compuesta de frutas estacionales y vegetales (plátano, guayaba ó papaya, y zanahoria), semillas remojadas con y sin cáscara (girasol, maní, trigo, arroz integral, avena, fréjol, maíz, quinua), y balanceado de trucha extruido en reemplazo al componente animal de la dieta natural (Piscis S400: 12% humedad, 40% proteína, 11% grasa, 2.5% fibra y 12% cenizas, según etiqueta) (Tabla 3). La composición nutricional de esta dieta se basó en

la amplia información disponible del ramo (Alderton, 1993; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994; Grahl, 1990; Robiller, 1990), así como en la guía nutricional del Zoológico de Guayllabamba (Tabla 1).

Con esta información se conformó una dieta balanceada que permitiera mantener a los loros saludables y al mismo tiempo fomentar su reproducción en cautiverio. Adicionalmente, durante el crecimiento de la nidada (desde que las crías eclosionan hasta que salen del nido) la dieta de los loros fue complementada con huevo cocinado duro picado. Esto permitió cubrir los requerimientos proteínicos que se incrementan durante la época reproductiva (Gallerstein, 1994) y que en la naturaleza son obtenidos de los gusanos y otros pequeños invertebrados (Alderton, 1993; Gismondi, 1994).

La porción de alimento suministrada diariamente (dieta habitual y dieta nueva) así como las sobras de alimento durante la primera etapa del proyecto fueron pesadas con una balanza O-Haus triple beam (max. 2610 g, d = 1g). El uso de la balanza nos permitió asegurar el peso exacto de los diferentes ingredientes que componían las diferentes mezclas ofrecidas a los loritos cabeza gris. De esta manera se aseguró la dotación de una dieta balanceada.

A diferencia de la etapa inicial del plan piloto, cuando por lo general solo se suministraba el alimento por la mañana, durante la segunda etapa del proyecto los loritos, tanto de la voladera como de las jaulas, fueron alimentados dos veces al día. El 50% de la mezcla fue proporcionado durante las primeras horas de la mañana como acostumbrado (8:00 – 10:00) mientras que el 50% restante por la tarde (14:00 – 15:00). Esta metodología fue adoptada con la finalidad de que las aves tuvieran acceso a alimento fresco durante todo el día y para evitar que las aves desperdicien el alimento en el proceso de escoger sus ingredientes favoritos como el maní, maíz y las frutas. Finalmente, al término de la jornada laboral (17:00) los recipientes de comida eran retirados tanto de la voladera como de las

jaulas para evitar que roedores e insectos invadan las instalaciones en busca de alimento y lastimen a los loros o los contagien de alguna enfermedad.

A excepción del maní, las semillas fueron remojadas durante las 24 horas anteriores a su administración para fomentar el consumo de todos los ingredientes de la nueva dieta, más aún del fréjol y la quinua, los cuales constituían sabores completamente nuevos para su paladar. Adicionalmente, para evitar el desperdicio del balanceado y de la quinua por ser demasiado pequeños para el pico de los loros, se procedió a mezclarlos con las frutas. De esta manera nos aseguramos que los loros consuman estos ingredientes al estar adheridos a la fruta.

Durante el primer mes, contado a partir del 5 de abril del 2004, también se ofreció diariamente hojas frescas de col, las cuales desafortunadamente nunca fueron comidas por los loros, por lo que fueron eliminadas de la dieta. Igualmente, ramas frescas de guayaba fueron proporcionadas una vez al mes para complementar la dieta.

También se proporcionó vitaminas y minerales. El suplemento vitamínico (Avisol, India) recomendado para aves de corral fue disuelto en agua (10 g/20 l agua) y administrado dos veces por semana según las instrucciones del fabricante. Por su parte, tanto los bloques de cemento como las piedras de calcio que fueron elaborados en la Hacienda Johanna suplieron los requerimientos minerales de los loros. Por razones prácticas, los bloques fueron colgados del techo de la voladera mientras que las piedras de calcio fueron sujetadas a la malla de las jaulas. En ambos casos, los suplementos minerales estaban suspendidos por encima de una de las perchas para que los loros pudieran acceder fácilmente a ellos.

Finalmente, para asegurar el buen estado de salud de las aves también se administró un antiparasitario (Vermoplex). Al igual que el suplemento vitamínico, el antiparasitario

fue disuelto en agua (20 g/20 l agua) y ofrecido una vez al mes según las instrucciones del fabricante.

REPRODUCCIÓN EN CAUTIVERIO (VARIABLE ANALIZADA)

Dentro del plan piloto de reproducción, la cuantificación del éxito en la reproducción en cautiverio constituye la variable analizada dentro de este trabajo y es representada por el número de crías resultantes por episodio reproductivo e intervalo de tiempo con una escala temporal de un año.

Durante las épocas de reproducción, la presencia o ausencia de reproducción se confirmó diariamente mediante una cuidadosa inspección de los nidos, la cual fue facilitada por la presencia de compuertas adicionales en cada nido (véase arriba). Durante este tiempo, el control de los nidos fue realizado exclusivamente durante la alimentación, momento en el cual todos los individuos abandonan los nidos para comer. Antes de iniciar el control, el comportamiento de las aves (apareamiento de las parejas, agresividad hacia las personas, y resguardo y limpieza de los nidos), tanto de la voladera como de las jaulas, fue observado aleatoriamente por periodos de aproximadamente media hora durante diferentes momentos del día para anticipar si la puesta estaba pronta a llegar. Otra pista indicativa de la llegada de la reproducción eran las plumas que aparecían dentro del nido. Normalmente, los loros se sacan parte de sus plumas para acolchonar el nido. En este momento se cubría la base del nido con una delgada capa de aserrín y viruta para impedir que los huevos se rompan durante la puesta, al mismo tiempo que ofrecía una superficie suave y cálida para las futuras crías.

Una vez que el primer huevo fue puesto, solo se revisaba los nidos un máximo de dos veces más en el transcurso de los siguientes 7 días para evitar estrés a los padres. Sin embargo, una vez que se contabilizaban 2 huevos en el nido, éste no se volvía a abrir hasta

el término de los siguientes 23 días, tiempo estimado en el cual las crías salen del cascarón (Robiller, 1990). Esta decisión se tomó para prevenir que la pareja abandone los huevos, los rompa o se los coma. Sin embargo, una vez que todos los miembros de la colonia o de la pareja eran observados continuamente fuera del nido durante el período de incubación, se procedía a revisar los nidos. Si se descubría que los huevos fueron abandonados, estaban rotos o comidos se procedía a limpiar el nido y a colocar nuevo aserrín para incentivar a la pareja a reiniciar la puesta.

Por otro lado, no revisar el nido también implicó una desventaja porque no se determinó si los huevos eran fértiles o no. En algunos casos se descubrió que la hembra desperdició tiempo y energía en incubar huevos no fecundados, aunque en ocasiones también sorprendió la presencia de una cría adicional.

Una vez que las crías salían del cascarón, los huevos sobrantes eran revisados para determinar su fertilidad. Si los huevos restantes eran infértiles, simplemente eran contabilizados y retirados del nido. A partir de ese momento, el nido era revisado semanalmente para observar el estado de desarrollo de las crías. Crías muertas fueron retiradas inmediatamente del nido e igualmente contabilizadas.

Desde que las crías eclosionaron hasta que alcanzaron 1 mes de edad se añadió a la dieta huevo cocinado duro picado para suplir los requerimientos proteínicos adicionales de las crías. Aunque las crías se vuelven autosuficientes al término de 3 semanas adicionales, una vez que los jóvenes salían del nido, éstos fueron contabilizados como consumidores adultos y se incrementó 50 g adicionales de alimento por cada cría.

Finalmente, una vez que se marcó las crías (véase arriba), tan solo aquellas que nacieron en las jaulas fueron separadas de sus padres y colocadas en jaulas independientes al término de los cinco meses de edad, momento en el cual se asumió que el período reproductivo había terminado exitosamente. Aunque para efectos de reproducción

comercial es recomendable transferir las crías independientes, las crías de la voladera no fueron separadas porque se quiso conservar la interacción social del grupo dentro del amplio espacio que ofrece la voladera en comparación a las jaulas.

MATERIALES Y MÉTODOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

(III)

MODELO CONCEPTUAL

El modelo matemático se compone de un submodelo biológico y de un submodelo económico. El submodelo biológico representa las dinámicas poblacionales de un grupo de reproductores del lorito cabeza gris como respuesta a diversos parámetros de manejo en cautiverio. El submodelo económico se nutre del número de crías disponibles anualmente provenientes del submodelo biológico y cuantifica, en términos económicos, los costos asociados con la manutención y reproducción en cautiverio de la población de loritos y de la venta de las crías disponibles (Figura 1).

SUBMODELO BIOLÓGICO (REPRODUCCIÓN)

El resultado de las simulaciones está expresado en el número de crías obtenidas anualmente de una población de reproductores fija, mantenida estable mediante la reposición con sus propias crías y/o la adquisición de reproductores en caso de que el déficit sea mayor que la producción propia. La composición de edades de los reproductores es influenciada por esta reposición. El número de huevos por nidada por año es el resultado de la fertilidad de los reproductores influenciada por su edad. El número de crías para la venta es el resultado de la tasa de eclosión por nidada, la tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada, y la tasa de reposición de los reproductores. Diferentes tasas de mortalidad (tasa de mortalidad anual de los reproductores y tasa de mortalidad de las crías

eclosionadas por nidada) influyen en la necesidad de reposición de reproductores para el próximo año y en el número de crías disponibles para la venta, respectivamente.

Para efectos del modelo, factores como dieta, alojamiento e intensidad luminosa son producto de decisiones gerenciales de manejo y se asume que las condiciones proporcionadas son óptimas para maximizar el número de crías.

SUBMODELO ECONÓMICO (COMERCIALIZACIÓN)

El submodelo económico calcula el total de los costos asociados con la producción de crías vendibles anualmente. Estos costos se componen de los costos asociados tanto con la alimentación como con la mano de obra requerida. Adicionalmente se añadió un valor proporcional correspondiente a los costos fijos depreciados tanto de las jaulas como de las voladeras, así como de la reposición de reproductores que deben ser mantenidos en el aviario hasta que alcanzan su madurez sexual.

El análisis de estas variables estableció el punto de equilibrio de los costos de producción anual por cría vendible de un año de edad. Este punto equivale al precio mínimo de venta de cada cría vendible, pero no considera costos asociados como mercadeo ni gerencia.

FUENTES DE DATOS

Debido a que el lorito cabeza gris es una especie poco conocida dentro de la avicultura comercial, especialmente en comparación a las aves domésticas de corral, la disponibilidad de datos productivos es prácticamente nula. Aunque sus parámetros biológicos básicos han sido publicados numerosamente (Alderton, 1992; Coborn, 1991; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994; Ridgely y Greenfield, 2001b; Robiller, 1990), se trata

más bien de textos para una audiencia de aficionados interesados en su manutención como mascotas y no para su producción comercial. Parámetros de interés específico dentro de esta área (vida útil reproductiva en cautiverio y esperanza de vida en cautiverio) tuvieron que ser inferidos tanto de congéneres (Anexo 2) como de especies similares (*Melopsittacus undulatus*- perico australiano) (Alderton, 1997; Gallerstein, 1994; Gismondi, 1994; Robiller, 1997; G. Fischer, datos no publicados) así como de aves de corral de tamaño similar como la codorniz (*Coturnix coturnix*) (Bissoni, 1996; E. Uzcátegui, com. pers.).

Una referencia importante para calibrar el modelo representan los datos y la experiencia obtenidos en el plan piloto descrito arriba, así como los trabajos previos en los aviarios de la Hacienda Johanna tanto con *A. weddellii* como con otros loros medianos y pericos australianos.

Adicionalmente se elaboró un protomodelo biológico a base del perico australiano (*Melopsittacus undulatus*), especie para la cual existe una amplia fuente de información publicada y datos empíricos obtenidos entre mayo de 1999 y enero del 2003 de la crianza comercial experimental de esta especie en la Hacienda Johanna (G. Fischer, datos no publicados), bajo parámetros ambientales idénticos a los que aplican a la especie en estudio.

SUBMODELO BIOLÓGICO

Dentro del submodelo biológico de reproducción se elaboraron cuatro tablas que permitieron simular independientemente las cuatro variables básicas del modelo: a) reposición de parejas basada en la variable “tasa de mortalidad anual de los reproductores”, b) producción de huevos basada en la variable “número de huevos por nidada promedio” y sus factores de corrección influenciados por la edad de los reproductores, c) eclosión de las crías basada en la variable “tasa de eclosión por nidada” y sus factores de corrección

influenciados por la edad de los reproductores, d) supervivencia de las crías basada en la variable “tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada” y sus factores de corrección influenciados por la edad de los reproductores.

Con los resultados generados mediante estas tablas se determinó el número de crías que serían destinadas a la comercialización en el mercado de mascotas una vez descontadas las crías requeridas para reponer los reproductores que salen del sistema, tanto por su mortalidad como por el término de su vida útil reproductiva.

Esperanza de vida en cautiverio y vida útil reproductiva

Basándose en los datos del Anexo 2 se estimó que la esperanza de vida en cautiverio de esta especie es de 20 años y su vida útil reproductiva comprende un periodo de 10 años contados a partir del segundo año de vida, tiempo en el cual los loritos cabeza gris alcanzan su madurez sexual. Los datos utilizados fueron deducidos de especies similares y congéneres así como de los resultados obtenidos en el plan piloto y las experiencias previas en los aviarios de la Hacienda Johanna.

Hay que diferenciar entre vida biológica reproductiva y vida económica reproductiva. La diferencia básica radica en el hecho de que dentro del modelo se está considerando que a partir de su 12mo año de vida, la tasa de productividad cae drásticamente, lo que en términos económicos deja de ser rentable. Mientras que desde el punto de vista biológico, los loritos aún tendrían capacidad de reproducirse a una tasa menor.

Número de huevos por nidada promedio

El número de huevos por nidada promedio (H_N , unidades de huevos puestos/nidada) se define como:

$$[H_N] = [H] / [N] \quad [1]$$

Donde, H es el número total de huevos puestos; N es el número total de nidadas en el tiempo (abril/1999 hasta agosto/2005).

Consecuentemente, basándonos en los datos recolectados durante las observaciones empíricas y el plan piloto, obtenemos:

Huevos por nidada promedio (2,38) = número total de huevos (69) / número total de nidadas (29).

Número de nidadas al año

A pesar de que en la literatura se establece que los loritos pueden tener hasta 3 nidadas al año (Robiller, 1990; www.arndt-verlag.com/conures.htm), para el modelo biológico se consideró solo 2 nidadas al año. Es la conclusión a que se llegó a base de los datos recopilados en las instalaciones de la Hacienda Johanna entre abril de 1999 y agosto del 2005, periodo en el cual los reproductores han incubado mayoritariamente dos veces al año (entre febrero-junio y septiembre-diciembre).

Inicio de la madurez sexual

Debido a la diferencia entre varios autores se tomó el valor promedio. Por lo tanto, para efectos del modelo se estableció que la madurez sexual del lorito cabeza gris inicia a partir del segundo año de vida (Anexo 2).

Tasa de mortalidad anual de los reproductores

Porcentaje basado en las muertes de los reproductores contabilizadas entre abril de 1999 y agosto del 2005 (tanto antes como durante el plan piloto) en las instalaciones de la

Hacienda Johanna. Consecuentemente, la tasa de mortalidad anual de los reproductores equivale a 4,21% anual.

La tasa de mortalidad anual de los reproductores considera todas las muertes de los individuos ocurridas tanto durante las observaciones empíricas como durante el plan piloto de reproducción.

La tasa de mortalidad total (R_{MT} , reproductores muertos), se define como:

$$[R_{MT}] = [Ind_M] / [R_T] \quad [2]$$

Donde, Ind_M es el número total de individuos muertos; R_T es la población total de reproductores.

Como se menciona arriba, la tasa de mortalidad anual de los reproductores está calculada en función del periodo durante el cual los loritos fueron mantenidos en las instalaciones de la Hacienda Johanna, lo que equivale a 76 meses. Los 76 meses fueron convertidos a años (6,33 años). Durante los 76 meses de estancia en cautiverio la población de reproductores fue de 15 individuos, de los cuales 8 fueron recuperados de la población local (un individuo que murió en el año 2000 fue reemplazado con un individuo en mayo del 2001), y 7 fueron las crías que nacieron en las instalaciones hasta febrero del 2003 y que, para efectos del plan piloto, pasaron a formar parte del universo de reproductores. Del total de reproductores (15 individuos), 4 loritos murieron, lo que equivale a 26,67% de mortalidad total. El periodo de recopilación de la fuente de datos concluyó con la culminación del plan piloto (31/agosto/2005) a pesar de que la última muerte fue registrada en marzo del 2005.

La tasa de mortalidad anual de los reproductores (R_{Ma} , reproductores muertos/año), se define como:

$$[R_{Ma}] = [R_{MT}] / 6,33 \quad [3]$$

Donde, R_{MT} (tasa de mortalidad total) es el resultado de la fórmula [2]; 6,33 es el tiempo en años que fueron mantenidos los loritos en las instalaciones de la hacienda.

Tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21%) = tasa de mortalidad total (26,67%) / años (6,33).

Tasa de eclosión por nidada

Porcentaje basado en los datos recopilados entre el 2 de abril de 1999 y el 31 de agosto del 2005 en las instalaciones de la Hacienda Johanna. La tasa de eclosión por nidada equivale a 33%.

La tasa de eclosión por nidada (H_E , número de huevos eclosionados/nidada) se define como:

$$[H_E] = [\sum_{t1-tn} \%Ec] / [Nd] \quad [4]$$

Donde, $\sum_{t1-tn} \%Ec$ es la suma de los porcentajes de eclosión de cada nidada en el tiempo (abril/1999 hasta agosto/2005); Nd es el número total de nidadas en el tiempo.

Tasa de eclosión por nidada (33%) = suma de los porcentajes de eclosión de cada nidada (950%) / número total de nidadas (29).

Durante las observaciones empíricas en la Hacienda Johanna (desde 02/abril/1999 hasta 31/enero/2004) la tasa de eclosión por nidada fue excepcionalmente buena (61,90%) en comparación con los porcentajes obtenidos durante el plan piloto de reproducción. Esto podría ser atribuido al hecho de que esos reproductores ya habrían alcanzado su madurez sexual antes de ingresar a las instalaciones de la hacienda. Durante la primera etapa del plan piloto (desde 01/feb/2004 hasta 30/nov/2004) la mayoría de los reproductores aún no alcanzaban la madurez sexual, excepto los 4 especímenes originales de la voladera V6, por lo que la tasa de eclosión fue extremadamente baja (13,33%) en comparación a la tasa de eclosión registrada durante las observaciones empíricas. Se asume que el incremento de la

tasa de eclosión (31,94%) en la segunda mitad del plan piloto (entre 01/diciembre/2004 y 31/agosto/2005) se debió a que los reproductores jóvenes optimizaron su potencial reproductivo con el transcurso de la edad.

Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada

Porcentaje basado en datos recopilados entre el 2 de abril de 1999 y el 31 de agosto del 2005 en las instalaciones de la Hacienda Johanna.

La tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada (C_M , crías muertas/nidadas) se define como:

$$[C_M] = [\sum_{t1-tn} \%C_{Mec}] / [Nd_{Ec}] \quad [5]$$

Donde, $\sum_{t1-tn} \%C_{Mec}$ es la suma de los porcentajes de mortalidad de las crías eclosionadas en el tiempo (abril/1999 hasta agosto/ 2005); Nd_{Ec} es el número total de nidadas en las que efectivamente eclosionaron las crías.

Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada (31%) = suma de los porcentajes de mortalidad de las crías eclosionadas (400%) / número de nidadas en las que efectivamente eclosionaron las crías (13). Este número de nidadas representa el 44,82% del total de nidadas observadas. La diferencia (16 nidadas) representa nidadas donde el 100% de los huevos fueron infértiles y/o abandonados y/o rotos.

Esta alta tasa de mortalidad de las crías eclosionadas pudo ser el resultado de una combinación entre la poca experiencia de los padres jóvenes durante sus primeras experiencias reproductivas (abandono de las crías, estrés) y el manejo inadecuado por parte de los encargados del aviario (p.ej.: intoxicación de las crías recién eclosionadas a causa de las resinas y aromas de la viruta o aserrín utilizados como colchón en los nidos, o la curiosidad de los empleados por revisar los nidos durante los primeros días de vida de las crías, lo que pudo incentivar/empeorar el nerviosismo de los padres).

Factor de corrección de la productividad de los reproductores influenciada por su edad

Este factor de corrección permite modificar el número de huevos por nidada promedio producto del esfuerzo reproductivo, el cual es influenciado por la edad de los reproductores.

El factor de corrección se obtuvo al dividir el número de huevos esperados, basado en el número de huevos promedio (3,5) establecido en la literatura (Robiller, 1990; www.arndt-verlag.com/conures.htm), para el número de huevos por nidada promedio (2,38) [fórmula 1], (Tabla 4).

Una corrección adicional a este factor de productividad se hace necesaria cuando se considera los datos que manejan los avicultores de aves de corral de tamaño similar como la codorniz (*Coturnix coturnix*) que producen sus propios polluelos (E. Uzcátegui com. pers.) (Anexo 8).

Considerando estos datos se graficó una curva de distribución normal, o curva de campana, de la productividad del psitácido influenciada por la edad de los reproductores, con el máximo a las edades de 4–8 años, mientras que durante el primer y último año de vida útil reproductiva, la productividad es relativamente baja alcanzando una puesta inicial menor al número de huevos por nidada promedio. Este efecto se produce porque los reproductores aún son jóvenes y tanto el macho como la hembra pueden aún no haber alcanzado su completa madurez sexual. A partir del año 9 de vida se asume que la productividad empieza a descender hasta el mínimo aceptable de 2,38 huevos por nidada, lo que representa el 68% de productividad (Figura 2).

Factor de corrección de la fertilidad de los reproductores influenciada por su edad

El factor de corrección permite modificar el número total de huevos eclosionados por año en función de la edad de los reproductores.

El factor de corrección fue obtenido al dividir la tasa de eclosión óptima encontrada durante las observaciones empíricas (61,9%) para la tasa de eclosión promedio por nidada (33%) [Fórmula 4], (Tabla 5). El factor de corrección considera tanto la fertilidad del macho, así como un desarrollo apropiado del embrión hasta su eclosión; es decir, la calidad del huevo como fue producido por la hembra (Black, 1988). La puesta de huevos es un resultado de la madurez reproductiva de la hembra, mientras que su porcentaje de eclosión conlleva un componente masculino. Por lo tanto, se asumió que el número de huevos está relacionado con las hembras, mientras que la fertilidad de los huevos depende del macho, aunque no se puede descartar que también la hembra pueda ser la responsable de la infertilidad de los huevos. Lo que igualmente ocasiona que la tasa de eclosión de huevos por nidada disminuya.

Al igual que en el caso anterior, una corrección adicional al factor de fertilidad fue realizada con base en los datos de la codorniz (*Coturnix coturnix*) (E. Uzcátegui com. pers.) (Anexo 9).

Con estos datos se graficó una curva de distribución de campana con un máximo a las edades entre 4 y 7 años, y un mínimo durante el primer y último año de vida útil reproductiva (Figura 3).

Factor de corrección de la mortalidad de las crías eclosionadas influenciada por la experiencia de los reproductores adquirida con la edad

El factor de corrección permite modificar la tasa de mortalidad de las crías eclosionadas con base en la experiencia reproductiva adquirida por los reproductores con la

edad. De esta manera, la tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada (31%) [Fórmula 5] va decreciendo conforme los reproductores se van adaptando a las condiciones en cautiverio y adquieren madurez reproductiva (Tabla 6).

El factor de correlación fue obtenido al dividir una tasa de mortalidad que se estima como probable, basándose en experiencias empíricas con otras especies (incluso cerca del 0% en aves domesticadas de corral), para la tasa de mortalidad efectiva observada de las crías eclosionadas por nidada, la cual se basa en los datos recopilados entre 2/abril/1999 y 31/agosto/2005 en las instalaciones de la Hacienda Johanna.

Con estos datos se graficó una curva con un máximo de mortalidad a la edad de 2 años, y un mínimo durante los últimos años de vida útil reproductiva (Figura 4), con base en las anotaciones de Reinschmidt (2000) que habla de la necesidad de retirar crías para defenderlas de padres sin experiencia y de Robiller (2001) que señala a la juventud de los padres (primera nidada) como uno de los problemas de abandono de las crías, mala alimentación, canibalismo, entre otros.

Crías para la venta

Del número de crías resultantes al término de cada año reproductivo, se separó el número de crías necesarias para reponer la mortalidad de los reproductores así como los individuos que salen del sistema al término de su año 11 de vida por haber concluido su vida útil reproductiva. Las crías sobrantes de un año de edad serían destinadas a la comercialización en el mercado de mascotas y por lo tanto salen del modelo.

SUBMODELO ECONÓMICO

Depreciación de la inversión

Jaulas: El valor de la inversión inicial comprende los costos de construcción de las 20 jaulas (Anexo 10) requeridas para albergar a las 20 parejas del proyecto reproductivo. Estos costos de construcción fueron depreciados a 10 años, tiempo que equivale a la vida útil de un activo fijo (www.ecuadorinvest.org/ecuadorinvest/docs/10_9RegimenTributario.pdf).

Voladeras: El valor de la inversión contempla los costos de construcción de las 4 voladeras (Anexo 10) con las que se dio inicio el proyecto reproductivo. Dos voladeras fueron destinadas para albergar las 20 jaulas de los reproductores, y 2 voladeras fueron construidas como bodegas. Los costos de construcción también fueron depreciados a 10 años al igual que en las jaulas.

Reproductores: Este rubro representa el costo de adquisición de los 40 reproductores (20 parejas) con los que se inició el proyecto productivo. Dentro del modelo se asumió que el costo de adquisición equivale al costo de manutención de los 40 loritos (Anexo 11) en las instalaciones de la Hacienda Johanna durante un período de 2 años, edad a la cual inician su madurez sexual y son considerados como potenciales reproductores. El costo de adquisición fue depreciado a 10 años, tiempo designado como la vida útil reproductiva de la especie en cautiverio (véase arriba).

Costos medicinas

Como parte de su manutención en cautiverio, los loritos recibieron vitaminas, suplementos alimenticios (minerales) y antiparasitarios a través del agua. Cada lorito

consumió diariamente $\frac{1}{4}$ de litro de agua (250 ml agua/individuo), previamente potabilizada con cloro según las instrucciones del productor (Ajax, véase a continuación).

Cloro (Hipoclorito de sodio al 5,25%): Para obtener agua potable se añadió 2,5 ml de cloro por cada 20 l agua. La cantidad de cloro proporcionada diariamente a cada individuo se obtuvo de la siguiente manera: $2,5 \text{ ml cloro} / 20 \text{ l agua} / 4 = 0,0313 \text{ ml cloro/individuo/día}$, lo que equivale a 11,42 ml cloro/individuo/año.

Vitaminas (Avisol): Un gramo de compuesto vitamínico por cada 2 litros de agua. La vitamina fue suministrada dos veces por semana. La cantidad de vitamina proporcionada a cada individuo se obtuvo de la siguiente manera: $1 \text{ g vitamina} / 2 \text{ l agua} / 4 = 0,1250 \text{ g vitamina/lorito}$, lo que equivale a 13,03 g vitamina/individuo/año.

Antiparasitario (Piperazina): Un gramo de antiparasitario por 1 litro de agua. El antiparasitario fue suministrado una vez al mes. La cantidad de antiparasitario proporcionada a cada individuo se obtuvo de la siguiente manera: $1 \text{ g antiparasitario} / 1 \text{ l agua} / 4 = 0,25 \text{ g antiparasitario/lorito}$, lo que equivale a 3 g antiparasitario/individuo/año.

Minerales: Un bloque para 20 loritos. El bloque fue suministrado una vez al mes, lo que equivale a 0,6 bloque/individuo/año.

Costos época reproductiva

Huevo duro: Es suministrado desde que las crías eclosionan hasta que alcanzan 1 mes de edad (5 g/individuo/día), exclusivamente durante la época de reproducción.

Aserrín: Es colocado en los nidos solo al iniciar cada época de reproducción, es decir, 2 veces al año (20 g/nido).

Costos servicios básicos

Luz eléctrica: Cada voladera requiere de 2 focos fluorescentes de 20 vatios (w) cada uno durante 5 horas diarias. Este consumo fue dividido para el número total de individuos (24) alojados en una voladera para así obtener el consumo eléctrico diario por individuo (8,33 w/individuo/día).

El consumo eléctrico por voladera equivale a $6 \text{ kw/hora/mes} = 40 \text{ w} * 5 \text{ horas/día} * 30 \text{ días/mes}$.

Agua: Cada voladera requiere de media hora de agua por día proporcionada por una bomba de 400 vatios. El costo mensual de agua es equivalente al consumo de electricidad de la bomba. Debido a que las instalaciones no disponen de agua potable, los costos asociados al consumo de agua fueron calculados en función del número de kilovatios mensuales requeridos por una bomba para extraer el agua de un pozo.

El consumo eléctrico de la bomba equivale a $6 \text{ kw/hora/mes} = 400 \text{ w} * 0.5 \text{ horas/día} * 30 \text{ días/mes}$.

VALIDACIÓN DEL MODELO

Debido a la escasez de información relacionada específicamente con la producción económica de *A. weddellii* en cautiverio, los datos obtenidos del plan piloto sirvieron como puntales en la determinación de los parámetros de producción del modelo matemático. Las variables del modelo usan valores que no salen de los rangos encontrados en la literatura.

Se trata de un modelo determinístico, ya que siempre se obtendrá el mismo resultado con un mismo conjunto de valores.

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

La sensibilidad del modelo a cambios en las estimaciones de: tasa de mortalidad anual de reproductores, número de huevos por nidada promedio, tasa de eclosión por nidada, y tasa de mortalidad de crías eclosionadas por nidada, fue examinada con la variación individual de estos factores de producción en $\pm 30\%$ en relación con los valores del modelo base. Se evaluó su efecto sobre el número de crías obtenidas para la venta.

Las condiciones del modelo base fueron: 20 parejas de reproductores con una tasa de mortalidad anual del 4,21%, una productividad de 2.38 huevos por nidada promedio con dos nidadas al año; y una tasa de eclosión por nidada de 33%. Tanto la productividad como la tasa de eclosión fueron corregidas en función de la edad de los reproductores. La tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada es de 31%, fue igualmente corregida en función de la edad de los reproductores. El modelo corrió por 30 años con un intervalo de tiempo anual. La producción de crías para la venta de cada 10 años fue sumada con fines del análisis.

RESULTADOS

(IV)

PLAN PILOTO DE REPRODUCCIÓN

El plan piloto de reproducción, llevado a cabo entre el 25 de febrero del 2004 y el 31 de agosto del 2005, arrojó los siguientes resultados.

NÚMERO DE HUEVOS POR NIDADA PROMEDIO

El número de huevos contabilizados durante el plan piloto ascendió a 49, producto de un total de 22 nidadas (2,2 huevos por nidada promedio). De los 49 huevos, 20 fueron puestos por los individuos ubicados en la voladera en un total de 8 nidadas (2,5 huevos por nidada promedio). La pareja de la jaula B51 puso 10 huevos en 4 nidadas (2,5 huevos por nidada promedio). Los 19 huevos restantes fueron puestos por la pareja de la jaula B52 en un total de 10 nidadas (1,9 huevos por nidada promedio).

TASA DE ECLOSIÓN POR NIDADA

De los 49 huevos puestos, tan solo 14 crías eclosionaron, lo que equivale a una tasa de eclosión del 28,57%. En detalle, la tasa de eclosión por nidada para los individuos de la voladera, de la jaula B51 y la jaula B52 fue de 27,08%, 41,66%, y 13,33%, respectivamente. De las 22 nidadas registradas, el número total de nidadas exitosas donde se registró eclosión fue de 7 (31,8% nidadas con eclosión).

Las principales razones atribuidas a la no-eclosión fueron: huevos dañados (en 5 nidadas), desaparición de huevos (en 5 nidadas), huevos comidos por los padres (en 3

nidadas), huevos rotos (en 3 nidadas), y huevos abandonados (en 1 nidada). Estos problemas por lo general involucraron a toda la nidada.

TASA DE MORTALIDAD DE LAS CRÍAS ECLOSIONADAS POR NIDADA

La tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada fue calculada con las 7 nidadas que resultaron en crías eclosionadas. De las 14 crías eclosionadas, 3 murieron antes de alcanzar su independencia (21,43 % tasa de mortalidad crías). La mayor tasa de mortalidad se registró en la jaula B52 (50%) y la menor en la B51 (0%). En la voladera la tasa de mortalidad por nidada fue de 33,33%. A diferencia de los huevos, ninguna de las pérdidas se atribuyó a una desaparición.

TASA DE MORTALIDAD ANUAL DE LOS REPRODUCTORES

De los 13 reproductores con los que se contó al inicio del plan piloto, solo 2 murieron hasta finalizar el trabajo de campo. Las muertes ocurridas (un macho y una hembra) equivalen a una tasa de mortalidad anual del 10,26%.

MODELO DE SIMULACIÓN

Aunque el modelo matemático puede ser usado para simular un sinnúmero de escenarios productivos, aquí el enfoque está en obtener el costo de producción por cría vendible y en analizar la influencia del tamaño de la unidad de producción sobre el costo final del producto (número de crías vendibles como mascotas).

El modelo trabaja con una escala de tiempo en años. Las dinámicas básicas del modelo se dividen en dos submodelos que se resumen en las siguientes ecuaciones:

Submodelo biológico:

$$\Delta N_i / \Delta t = H_i - (H_i * [1 - F_i]) - C_{Mi} - R_{Mi} \quad [6]$$

Donde, N_i es el número de crías vendibles, H_i es número de huevos, F_i es la fertilidad, C_{Mi} es la mortalidad de las crías, R_{Mi} es la mortalidad de los reproductores.

Submodelo económico:

$$\Delta CtoP_i / \Delta t = (CtoV_i + Dep_i) / N_i \quad [7]$$

$CtoP_i$ son los costos de reproducción de las crías; $CtoV_i$ son los costos variables (p.ej.: alimentación y mano de obra), y Dep_i es la depreciación de los activos fijos; y N_i es el número de crías.

SUBMODELO BIOLÓGICO

Número de parejas

Dentro del modelo biológico se usaron los siguientes supuestos: a) la población anual siempre estará compuesta de 20 parejas (40 reproductores), b) la tasa de mortalidad de los reproductores será compensada con las crías resultantes al término de cada año, c) los reproductores saldrán del sistema al término de su vida útil reproductiva (12 años de edad) y pasarán a ser parte del universo de especímenes comercializables.

Tasa de mortalidad anual de los reproductores

La tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21% anual) es el resultado de la fórmula [3]. Para efectos del modelo esta tasa es equivalente a una constante.

Producción de huevos

El número de huevos puestos (H_P , unidades puestas/pareja año) se define como:

$$[H_P] = [H_N] * 2 * [F_P] \quad [8]$$

Donde, H_N (huevos por nidada promedio) es el resultado de la fórmula [1]. Se asume la constante de 2,38 huevos, la cual se basa en los datos recopilados durante el plan piloto y en las experiencias previas en los aviarios de la hacienda Johanna; 2 es una constante que representa el número de nidadas al año; y F_P es el factor de productividad de los reproductores corregida por su edad (Tabla 4).

Tasa de eclosión por nidada

El número de huevos eclosionados (H_E , unidades eclosionadas/nidadas) se define como:

$$[H_E] = [H_P] * 0,33 * [F_F] \quad [9]$$

Donde, H_P (número de huevos puestos) es el resultado de la fórmula [3]; 0,33 (tasa de eclosión por nidada) es el resultado de la fórmula [4] y para efectos del modelo esta tasa equivale a una constante; y F_F es el factor de fertilidad de los reproductores corregida por su edad (Tabla 5).

Tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada

El número de crías eclosionadas que murieron durante sus primeros días de vida (C_M , crías muertas/nidadas), se define como:

$$[C_M] = [H_E] * 0,31 * [F_{CC}] \quad [10]$$

Donde, H_E (número de huevos eclosionados) es el resultado de la fórmula [4]; 0,31 (tasa de mortalidad crías eclosionadas por nidada) es el resultado de la fórmula [5] y para efectos del modelo esta tasa es considerada una constante; y F_{CC} es el factor de corrección de calidad del cuidado de las crías por parte de los reproductores expresada como producto de su edad (Tabla 6).

Supervivencia de las crías

El número de crías que sobrevivieron al término del año reproductivo (C_T , crías/año), se define como:

$$[C_T] = [H_E] - [C_M] \quad [11]$$

Donde, H_E (número de huevos eclosionados) es el resultado de la fórmula [9]; C_M (número de crías eclosionadas muertas) es el resultado de la fórmula [10].

Crías para la venta

El número de crías destinadas para la venta a partir de su 1er año de vida (C_V , individuos/año) se define como:

$$[C_V] = [C_T] - [RR] - [RR_V] \quad [12]$$

Donde, C_T (crías totales) es el resultado de la fórmula [11]; RR es el número de crías destinadas a la reposición de la mortalidad de los reproductores, RR_V es el número de crías requeridas para reponer los reproductores que salen del sistema por haber concluido su vida útil reproductiva.

Reposición de reproductores

Dentro del modelo se estableció como supuestos que el número de reproductores sería constante (20 parejas) durante todo el proyecto productivo (30 años), que los reproductores salen del sistema productivo al término de su vida útil reproductiva (12 años de edad) e ingresan en el modelo económico para su comercialización. Adicionalmente, se estableció que cada reproductor ingresa al sistema productivo a la edad de 2 años, es decir, cuando inicia su madurez sexual y también se estableció que los reproductores primero se reproducen y luego mueren.

Los reproductores que salen del sistema debido a su tasa de mortalidad (RR) fueron reemplazados anualmente con las crías resultantes al término del año reproductivo anterior. Por su parte, los reproductores que salen del sistema por haber concluido su vida útil reproductiva (RR_v) fueron reemplazados con crías resultantes al término del primero, segundo y tercer decenio del proyecto. En caso de que el déficit fuera mayor que la producción propia se asumió, para efectos del modelo, la adquisición de individuos externos a precios de producción interna.

SUBMODELO ECONÓMICO

El número total de crías resultantes del submodelo biológico de reproducción es transferido al submodelo económico para calcular los costos de producción de la especie en cautiverio. El costo de producción de las crías destinadas para la venta está calculado en función de los costos de reproducción anual de las crías (costos fijos y costos variables) así como en los costos de mantenimiento anual de los reproductores (depreciación de la inversión y alimentación). El costo de producción varía de año en año en función del número de crías vendibles.

Los costos de producción de las crías y los costos de mantenimiento de los reproductores fueron calculados con base en los precios de mercado de los insumos de producción vigentes en la ciudad de Tena, ubicación de las instalaciones de la Hacienda Johanna, donde se llevó a cabo el plan piloto de reproducción.

Costos fijos

Dentro de los Costos Fijos se considera tanto el valor de la inversión inicial del proyecto productivo (jaulas, voladeras y reproductores), los costos asociados con la construcción anual de nueva infraestructura (jaulas y voladeras) –requerida para albergar a

las crías resultantes al término de cada año reproductivo— así como los costos de manutención de las crías destinadas a la reposición de los reproductores que salen del sistema productivo debido tanto a su mortalidad como por el término de su vida útil reproductiva.

Estos costos fueron depreciados a 10 años y el valor proporcional anual fue el que se consideró dentro de los costos de manutención anual de toda la población de loritos dentro del modelo. Esto permitió al mismo tiempo determinar el costo de producción anual de las crías vendibles.

Por lo tanto, el costo fijo (CtoF, dólares/año) se define como:

$$[\text{CtoF}] = [\text{D}_{\text{IV}}] + [\text{D}_{\text{If}}] + [\text{D}_{\text{RR}}] \quad [13]$$

Donde, D_{IV} es la depreciación de la inversión (\$/año) causada por las jaulas, voladeras y reproductores adquiridos para dar inicio al proyecto reproductivo; D_{If} es la depreciación de la infraestructura de ampliación (\$/año) atribuida a las jaulas y voladeras construidas anualmente para alojar a las crías resultantes del modelo biológico; y, D_{RR} es la depreciación de los costos de reposición de los reproductores (\$/año).

Depreciación de la inversión: La depreciación de la inversión (\$/año) como componente de los costos fijos (véase arriba) se define como:

$$[\text{D}_{\text{IV}}] = [\text{D}_{\text{J}}] * \text{NJ}_{\text{R}} + [\text{D}_{\text{V}}] * \text{NV}_{\text{R}} + [\text{D}_{\text{R}}] * \text{NR} \quad [14]$$

Donde, D_{J} es el costo total de construcción de las jaulas (\$/año) depreciado a 10 años; NJ_{R} es el número de jaulas requeridas (véase también fórmula 16); D_{V} es el costo total de construcción de las voladeras (\$/año) depreciado a 10 años; NV_{R} es el número de voladeras requeridas (véase también fórmula 18); D_{R} es el costo total de adquisición de los reproductores (\$/año) depreciado a 10 años (Anexo 12); y NR es el número de

reproductores requeridos. El modelo arranca con las necesidades de una población designada de 20 parejas.

Depreciación de la infraestructura de ampliación: Cada paso del modelo (año) calcula el número de jaulas y voladeras necesarias para albergar las crías resultantes al término del año reproductivo (véase abajo). Se calcula los costos de construcción de la infraestructura de ampliación (jaulas y voladeras), los cuales igualmente son depreciados a 10 años.

Los costos representados por la depreciación de la infraestructura de ampliación (D_{if} \$/año) se definen como:

$$[D_{if}] = [D_J] * [J_R] + [D_V] * [V_R] \quad [15]$$

Donde, D_J es el costo de construcción de las jaulas adicionales (\$/años) depreciado a 10 años; J_R es el número de jaulas requeridas; D_V es el costo de construcción de las voladeras adicionales (\$/años) depreciado a 10 años; V_R es el número de voladeras requeridas.

Jaulas: El número de jaulas requeridas $[J_R]$ está calculado en función del número de crías resultantes al término de cada año reproductivo. Se estableció como supuesto que las jaulas tienen capacidad para albergar 2 crías cada una. Adicionalmente, se consideró que las jaulas de las crías que fueron vendidas serán usadas para albergar las crías del siguiente año, mientras dure la vida útil de la jaula. Por esta razón, el número de jaulas que se construirán anualmente no solo dependerá del número de crías resultantes al término de cada año reproductivo, sino también del número de jaulas disponibles después de la comercialización de las crías vendibles.

$$[J_R] = [C_{T,t}] - [C_{V,t-1}] / 2 \quad [16]$$

Donde, $C_{T,t}$ (crías obtenidas en el año) es el resultado de la fórmula [11]; $C_{V,t-1}$ (crías para la venta en el año anterior, t-1) es el resultado de la fórmula [12]; y, 2 es el número de individuos alojables en cada jaula.

La fórmula no admite valores negativos, lo que se espera en la siguiente condición:
 si $[J_R] < 0$, entonces $[J_R] = 0$, caso contrario $[J_R] = [J_R]$ [17]

Voladeras: El número de voladeras requeridas anualmente $[V_R]$ está calculado en función del número de jaulas requeridas. Dentro del modelo se asume que cada voladera tiene la capacidad de albergar 12 jaulas.

$$[V_R] = \{[\sum^t J_R] / 12\} - [V_E] \quad [18]$$

Donde; J_R (jaulas requeridas, resultado de la fórmula [16]) es la suma a través de los años de las jaulas requeridas; 12 es la capacidad de almacenamiento de cada voladera; V_E número de voladeras existentes por requerimientos anteriores.

Depreciación de los costos de reposición de los reproductores: El valor depreciado se basa en los costos variables de manutención de las crías destinadas a la reposición de los reproductores incurridos durante 2 años. Los costos de manutención se deprecian a 10 años.

Estos costos de manutención no consideran el valor proporcional de los costos fijos (depreciaciones), el cual fue sumado al costo de producción de las crías de un año de edad destinadas para la venta.

Dentro del modelo se establece como supuesto que de las crías resultantes al término de cada año reproductivo se separarán las crías necesarias para reponer los reproductores que salen del sistema tanto por mortalidad como por haber concluido su vida útil reproductiva.

Por lo tanto, el costo de reposición de los reproductores ($CtoR_R$, \$) se define como:

$$[CtoR_R] = \{[CtoV_M] * 2\} * RR \quad [19]$$

Donde, $CtoV_M$ es el costo variable de mantenimiento anual de cada individuo (\$/año); 2 número de años que las crías son mantenidas en cautiverio hasta que alcanzan su madurez sexual; RR número de crías destinadas a la reposición de la mortalidad de los reproductores.

Costos variables

Los costos variables ($CtoV$) fueron obtenidos al sumar los costos de alimentación, medicinas, mano de obra, servicios de electricidad y agua, y otros (época reproductiva) incurridos durante todo el año productivo (Anexo 13).

Por lo tanto, los costos variables totales ($CtoV$, dólares/año) se definen como:

$$CtoV = [Cto_{Al}] + [Cto_{Md}] + [Cto_{MO}] + [Cto_{SB}] + [Cto_{SEpRp}] \quad [20]$$

Donde, Cto_{Al} es el costo variable relacionado con la alimentación de los loritos; Cto_{Md} es el costo de medicinas, desinfectantes y suplementos alimenticios; Cto_{MO} es el costo de mano de obra del personal del aviario; Cto_{SB} es el costo de electricidad y agua consumidos; Cto_{SEpRp} son los costos del suplemento proteínico y del sustrato del nido, proporcionados exclusivamente durante la época reproductiva.

Costos alimentación: En el modelo se estableció como supuesto que cada individuo recibe una mezcla de 50 gramos de alimento al día, compuesta en un 50% por frutas y un 50% por semillas (Anexo 13).

La cantidad diaria de alimento (Q_{Al} , gramos/día) se define como:

$$[Q_{Al}] = [Pbl] * 50 \quad [21]$$

Donde, Pbl es la población de loritos compuesta tanto por el número de reproductores como el número de crías; 50 es la cantidad de alimento (en gramos) suministrada a cada individuo diariamente.

El costo diario de los ingredientes suministrados ($C_{to_{IngD}}$, \$/gramos/día) se define como:

$$[C_{to_{IngD}}] = [P_{Ing}] * [Q_{IngD}] \quad [22]$$

Donde, P_{Ing} es el precio de cada ingrediente (\$/gramo); Q_{IngD} es la cantidad de gramos de cada ingrediente suministrada por día (Tabla 3).

Por lo tanto, el costo diario de alimentación ($C_{to_{Al}}$, \$/día) se define como:

$$[C_{to_{Al}}] = [Q_{AL}] * [C_{to_{IngD}}] \quad [23]$$

Donde, Q_{AL} (cantidad diaria de alimento) es el resultado de la fórmula [21]; $C_{to_{IngD}}$ (costo diario de los ingredientes) es el resultado de la fórmula [22].

Costo mensual de alimentación ($C_{to_{Al\ mes}}$, \$/mes) se define como:

$$[C_{to_{Al\ mes}}] = [C_{to_{Al}}] * 30 \quad [24]$$

Donde, $C_{to_{Al}}$ (costo diario de alimentación) es el resultado fórmula [23]; 30 es el número de días por mes.

Costos medicinas: En el modelo se estableció que los loros reciben vitaminas, desinfectantes (cloro y antiparasitario) y suplementos alimenticios (minerales) como parte de su régimen alimenticio, suministrado a través del agua. Se estableció como supuesto que cada individuo consume diariamente 250 ml de agua potable (Anexo 13).

La cantidad diaria de medicinas (Q_{Md} , gramos ó mililitros/día) se define como:

$$[Q_{Md}] = [Pbl] * [Q_{InsD}] \quad [25]$$

Donde, Pbl es la población de loritos compuesta por la suma de reproductores y crías; Q_{InsD} es la cantidad de gramos o mililitros de cada insumo suministrados por día (véase Fuente de Datos).

El costo diario de los insumos suministrados (Cto_{InsD} , \$/gramos/día) se define como:

$$[Cto_{InsD}] = [P_{Ins}] * [Q_{InsD}] \quad [26]$$

Donde, P_{Ins} es el precio de cada insumo (\$/gramo ó \$/ml); Q_{InsD} es la cantidad de gramos o mililitros de cada insumo suministrados por día (véase Fuente de Datos).

Por lo tanto, el costo diario de las medicinas (Cto_{Md} , \$/día) se define como:

$$[Cto_{Md}] = [Q_{Md}] * [Cto_{InsD}] \quad [27]$$

Donde, Q_{Md} (cantidad diaria de medicinas) es el resultado de fórmula [25]; Cto_{InsD} (costo diario de los insumos) es el resultado de fórmula [26].

Costo mensual de medicinas ($Cto_{Md\ mes}$, \$/mes) se define como:

$$[Cto_{Md\ mes}] = [Cto_{Md}] * D \quad [28]$$

Donde, Cto_{Md} (costo diario medicinas) es el resultado de fórmula [27]; D es el número de días que se proporciona cada insumo durante el mes.

Mano de obra: Dentro del modelo se considera que un trabajador a medio tiempo (4 horas de trabajo al día) es suficiente para encargarse del cuidado de una población inferior a 80 loritos entre reproductores y sus crías. Sin embargo, el número de trabajadores del aviario dependerá directamente del número de crías resultantes. Si la población (número de reproductores más el número de crías) es mayor que 80, entonces la fórmula asume la siguiente condición (Anexo 13):

si $[Pb] > 80$, entonces [1 trabajador],

si $[Pb] > 200$, entonces [2 trabajadores],

si $[Pb] > 400$, entonces [3 trabajadores],

si $[Pb] > 600$, entonces [4 trabajadores],

si $[Pb] > 800$, entonces [5 trabajadores], caso contrario [1/2 tiempo]

El costo de mano de obra mensual de un trabajador con una jornada diaria laboral normal (C_{toMO} , \$/mes), se define como:

$$[C_{toMO}] = [S_M] + [B_M] + [Al_M] \quad [29]$$

Donde, S_M es el sueldo mensual (\$); B_M es el valor proporcional mensual de los beneficios de ley (\$); Al_M es el valor de la alimentación mensual del trabajador (\$).

La fórmula asume la siguiente condición:

$$[T_{Mt}] = [C_{toMOH}] * 4 \quad [30]$$

Donde, T_{Mt} es el trabajador a medio tiempo (4 h/día); C_{toMOH} (costo hora de mano de obra) es el resultado de la fórmula [32]; 4 es el número de horas trabajadas por un trabajador a medio tiempo.

El costo diario de mano de obra (C_{toMOD} , \$/día) se define como:

$$[C_{toMOD}] = [C_{toMO}] / 30 \quad [31]$$

Donde, C_{toMO} (costo de mano de obra mensual) es el resultado de la fórmula [29]; 30 es el número de días por mes.

Costo hora de mano de obra (C_{toMOH} , \$/hora) se define como:

$$[C_{toMOH}] = [C_{toMOD}] / 8 \quad [32]$$

Donde, C_{toMOD} (costo diario de mano de obra) es el resultado de la fórmula [31]; 8 es el número de horas trabajadas por día.

Costos época reproductiva: Dentro del modelo se establece que los loritos reciben huevo duro como suplemento proteínico durante las dos épocas de reproducción anual.

Adicionalmente, la base de los nidos es recubierta con aserrín para evitar que los huevos se rompan durante la puesta (Anexo 13).

Por lo tanto, el costo época reproductiva (Cto_{EpRp} , \$/mes) se define como:

$$[Cto_{EpRp}] = [Cto_{Hv}] + [Cto_{As}] \quad [33]$$

Donde, Cto_{Hv} (costo mensual huevo duro) es el resultado de fórmula [35]; Cto_{As} (costo mensual aserrín) es el resultado de la fórmula [37].

Huevo duro: El costo diario del huevo duro (Cto_{HD} , \$/día) se define como:

$$[Cto_{HvD}] = \{[P_u] / [P_{gr}]\} * [Q_{Ind}] * [R] \quad [34]$$

Donde, P_u es el precio unitario de cada huevo (\$); P_{gr} es el peso del huevo en gramos; Q_{Ind} es la cantidad de huevo suministrado por individuo (gramos/día); R es el número de reproductores.

Por lo tanto, el costo mensual del huevo duro (Cto_{Hv} , \$/mes) se define como:

$$[Cto_{Hv}] = \{[Cto_{HvD}] * 30 * 2\} / 12 \quad [35]$$

Donde, Cto_{HvD} (costo diario huevo duro) es el resultado de la fórmula [34]; 30 es el número de días por mes; 2 es la constante que representa las dos épocas de reproducción al año; 12 es el número de meses por año, con el cual se calculó el costo proporcional mensual del huevo duro (véase costo época reproductiva dentro de Fuente de Datos).

Aserrín: El costo diario del aserrín (Cto_{AsD} , \$/día) se define como:

$$[Cto_{AsD}] = [P_{gr}] * [Q_{As}] * [P_j] \quad [36]$$

Donde, P_{gr} es el precio del aserrín (\$/gramo); Q_{As} es la cantidad de aserrín colocado en cada nido (gramos); P_j es el número de parejas de reproductores.

Por lo tanto, el costo mensual del aserrín (Cto_{As} , \$/mes) se define como:

$$[Cto_{As}] = \{[Cto_{AsD}] * 2\} / 12 \quad [37]$$

Donde, $C_{to_{ASD}}$ (costo diario del aserrín) es el resultado de la fórmula [36]; 2 es la constante que representa las épocas de reproducción al año; 12 es el número de meses por año, con el cual se calculó el costo proporcional mensual del aserrín (véase costo época reproductiva dentro de Fuente de Datos).

Costos de los servicios básicos: El costo de los servicios básicos mensuales ($C_{to_{SB}}$, \$/mes) se define como:

$$[C_{to_{SB}}] = [C_{to_{EI}}] + [C_{to_{Ag}}] \quad [38]$$

Donde, $C_{to_{EI}}$ (costo mensual de electricidad) es el resultado de la fórmula [36]; $C_{to_{Ag}}$ (costo mensual agua) es el resultado de la fórmula [39].

Luz eléctrica: Dentro del modelo se establece que el consumo de electricidad es constante para cada voladera, independientemente de la población de loritos presente en ella, hasta un máximo de 24 individuos por voladera. Si este número es excedido, se requerirá de una voladera adicional, con su igual consumo eléctrico. Se asume que la iluminación requerida equivale a 5 horas por día (Anexo13).

El consumo eléctrico mensual (Q_{kw} , kw/hora/mes) se define como:

$$[Q_{kw}] = 40 * 5 * 30 \quad [39]$$

Donde, 40 es el consumo eléctrico de dos focos fluorescentes por voladera (w); 5 es el número de horas por día; 30 es el número de días por mes.

La fórmula asume la siguiente condición:

$$[Pb_w] = [Pb] * [Ind_w] \quad [40]$$

Donde, Pb_w es el consumo eléctrico (w) de la población total; Pb es la población total; Ind_w es el consumo eléctrico (w) de cada individuo.

Por lo tanto, el costo mensual de electricidad ($C_{to_{EI}}$, \$/mes) se define como:

$$[C_{toEI}] = [Q_{kw}] * [P_{kw}] \quad [41]$$

Donde, Q_{kw} (consumo eléctrico mensual) es el resultado de la fórmula [39]; P_{kw} es el precio del kilovatio/hora (\$).

Agua: Al igual que para la iluminación, el consumo de agua es constante para cada voladera independientemente del número de loritos alojados en ella hasta un máximo de 24 individuos. Con cada voladera adicional, el consumo de agua se incrementa en igual proporción. Para efectos del modelo, el costo de agua potable es calculado con base en el consumo eléctrico de una bomba de 400 vatios requerida para bombear el agua desde un pozo durante media hora al día (Anexo13).

El consumo de agua mensual (QA_{kw} , kw/hora/mes) se define como:

$$[QA_{kw}] = 400 * 0.5 * 30 \quad [42]$$

Donde, 400 es el consumo de electricidad de la bomba (w); 0.5 es el número de horas por día; 30 es el número de días por mes.

La fórmula asume la siguiente condición:

$$[Pb_w] = [Pb] * [Ind_w] \quad [43]$$

Donde, Pb_w es el consumo eléctrico (w) de la población total; Pb es la población total; Ind_w es el consumo eléctrico (w) de cada individuo.

Por lo tanto, el costo mensual de agua (C_{toAg} , \$/mes) se define como:

$$[C_{toAg}] = [QA_{kw}] * [P_{kw}] \quad [44]$$

Donde, QA_{kw} (consumo de agua mensual) es el resultado de la fórmula [42]; P_{kw} es el precio del kilovatio/hora (\$).

Costo de manutención anual

El costo anual de manutención equivale tanto a los costos de reproducción anual de las crías (costos fijos y costos variables) así como a los costos de manutención anual de los reproductores (depreciación de la inversión y alimentación).

Por lo tanto, el costo de manutención anual (CtoM, \$/año) se define como:

$$[\text{CtoM}] = [\text{CtoF}] + [\text{CtoV}] \quad [45]$$

Donde, CtoF (costo fijo anual) es el resultado de la fórmula [13]; y CtoV (costo variable anual) es el resultado de la fórmula [20].

El costo de manutención anual por individuo (CtoM_{Ind}, \$/año/individuo) se define como:

$$[\text{CtoM}_{\text{Ind}}] = [\text{CtoM}] / [\text{Pbl}] \quad [46]$$

Donde, CtoM (costo de manutención anual) es el resultado de la fórmula [45]; y Pbl es la población compuesta por los reproductores y las crías.

Costo de producción cada cría vendible = costo manutención anual / número de crías vendibles

Número de crías vendibles = número de crías – reposición reproductores

Costo de producción anual por cría vendible

El costo de producción anual de las crías destinadas para la venta equivale al costo de manutención anual de la población de loritos cabeza gris (reproductores y crías) dividido por el número de crías destinadas para la comercialización en el mercado de mascotas por año. Es decir, dividido por el número de crías sobrantes después de haber separado las crías destinadas a la reposición de los reproductores que salen del sistema por mortalidad y por haber concluido su vida útil reproductiva.

A través del costo de producción anual de cada cría, el productor puede recuperar tanto el valor de la inversión depreciada a 10 años, así como los costos de manutención anual incurridos durante el año reproductivo. Este costo no contempla ningún porcentaje de ganancia, ni costos asociados con administración o mercadeo.

Por lo tanto, el costo de producción de cada cría ($C_{toP_{CR}}$, \$/individuo) se define como:

$$[C_{toP_{CR}}] = [C_{toM}] / [C_V] \quad [47]$$

Donde, C_{toM} (costo de manutención anual) es el resultado de la fórmula [45]; y C_V (crías destinadas para la venta durante este mismo año) es el resultado de la fórmula [12].

VALIDACIÓN DEL MODELO

ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El desempeño del modelo, expresado en la variable “número de crías para la venta” a lo largo de 30 años, es sensible en relación directa a una variación de ± 30 en los parámetros “número de huevos por nidada promedio” y “tasa de eclosión por nidada”, donde su efecto es un 10% mayor al del cambio previsto (30% vs. 33%) y es poco sensible en una relación indirecta a un $\pm 30\%$ de variación en el parámetro “mortalidad de los reproductores” (1%) y algo más en relación indirecta frente a la “tasa de mortalidad de crías eclosionadas por nidada” (7%) (Tabla 7).

SIMULACIÓN DE DIFERENTES TAMAÑOS DE UNIDADES DE PRODUCCIÓN

Una de las decisiones básicas de un productor de cualquier bien es establecer el tamaño de su operación. La teoría económica de producción establece que se puede realizar economías de escala con mayores producciones y así bajar los costos de

producción por unidad producida (Pindyck y Rubinfeld, 1992). Claro que al llegar a cierto tamaño este efecto económico decrece y vuelven a aumentar los costos de producción por unidad adicional producida (Reynolds, 1974). Por lo tanto, luego de elaborar el modelo base (20 parejas de reproductores), se planteó varios escenarios de unidades de producción más grandes (30, 50, 100, y 200 parejas de reproductores) (Tablas 8 y 9) para examinar los efectos sobre los costos de manutención anual por individuo (Tabla 10) y por ende sobre el costo de producción anual de cada cría vendible de un año de edad (Tabla 11). Este costo sirve de base para calcular un precio de mercado necesario. Para el cálculo de un precio de venta final, aún se debe incluir costos de administración y mercadeo, así como una tasa interna de retorno (TIR) razonable. Estos costos adicionales no son incluidos en el modelo.

En las Tablas 8 y 9 vemos que el número de crías para la venta se incrementa proporcionalmente con el incremento en el número de las parejas reproductoras. Al no incluir factores que modifican la producción basados en la densidad de los reproductores (por ejemplo, aumento del riesgo de enfermedades, pérdida de fertilidad debido a un incremento de estrés), el aumento es exactamente el mismo porcentualmente hablando que el aumento de parejas reproductoras para los diferentes escenarios durante los tres periodos del proyecto.

La variación del número de parejas reproductoras también tiene efectos sobre los costos de manutención anual por individuo y por ende sobre el costo de producción anual de cada cría vendible.

La Tabla 10 y la Figura 5 muestran la variación del costo de manutención anual por individuo en respuesta al incremento del número de parejas presentes en el sistema productivo a lo largo de los 10 primeros años del proyecto. Al cabo de este tiempo todos los reproductores originales que aún sobreviven son reemplazados por igual número de individuos que inician su vida reproductiva. Estos reproductores son retirados del sistema

por haber concluido su vida útil reproductiva. En comparación al modelo base, donde los costos fijos deben ser absorbidos por un menor número de crías, los costos de manutención anual por individuo van disminuyendo conforme las unidades de producción se van incrementando. Nótese que al inicio y al final del periodo analizado (10 años), los costos de manutención por individuo son más altos en todos los escenarios planteados. Esto se explica por el hecho de que al inicio (año 1) los reproductores aún no han alcanzado su óptimo nivel reproductivo, mientras que entre los años 3 y 7 del modelo este nivel ha sido efectivamente alcanzado por una mayoría de los reproductores. Finalmente, los últimos tres años representan los resultados reproductivos de aves cuyo potencial va en franco descenso por la edad.

En la Tabla 11 se puede observar el efecto de la variación de las unidades de producción sobre el costo de producción anual por cría vendible de un año de edad durante los primeros 10 años del proyecto. El modelo muestra que el costo de producción anual promedio de cada cría vendible en todos los escenarios va disminuyendo en relación con el modelo base conforme se va incrementando el número de parejas. Esto significa que existe una relación inversa entre el número de parejas y el costo de producción anual de cada cría vendible. Esto se debe al hecho de que conforme el número de parejas va aumentando dentro del sistema, los costos de manutención anual por individuo incurridos en ese año (Tabla 10) van disminuyendo como resultado de la disponibilidad de un mayor número de crías totales, de las cuales se separará las crías requeridas para la reposición de reproductores, tanto por mortalidad como por haber concluido su vida útil reproductiva, y la diferencia será comercializada en el mercado de mascotas. Sin embargo, también se puede observar que sin importar el número de parejas que se utilice dentro del modelo, el costo de producción anual por cría vendible es negativo (“infinito”) en los años 1 y 10 del proyecto, debido a que el número de crías resultantes es insuficiente para reponer los

reproductores (Tabla 9) y, por lo tanto, el número de crías para la venta se torna negativo (nulo).

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

(V)

Durante la recopilación de datos para alimentar el diseño del modelo, se evidenció una completa carencia de información, especialmente en las áreas relacionadas con economías de producción. La información existente está dirigida a los aficionados de las aves como mascotas y a aquellos interesados en aspectos biológicos. Información acerca de productividad y fecundidad de los reproductores, tasas de eclosión, tasas de mortalidad tanto de crías como de reproductores, y vida útil reproductiva, es prácticamente inexistente.

Al no existir una extensa base de datos de investigación científica de la cual se pueda obtener información específica, la estimación de estos parámetros claves es la debilidad de este modelo. Es más, por lo general no existe un documento al cual se pueda referir directamente. Por lo tanto, los datos siguen siendo el resultado de adaptaciones, conjeturas y estimaciones de investigaciones cercanas al tema en un mayor o menor grado. El análisis de sensibilidad muestra que los vacíos más importantes a llenar dentro del modelo son “tasa de eclosión por nidada” ($\pm 30\%$ de variación con un efecto de $+33\%$ y -33%) y “número de huevos por nidada promedio” ($\pm 30\%$ de variación con un efecto de $+33\%$ y -33%) debido a que su efecto es mayor sobre la variable de interés (número de crías para la venta en el tiempo) que la variación realizada al modelo base. Aparentemente, tanto la fertilidad como la productividad tienen mayor influencia sobre el número de crías para la venta que la mortalidad de las aves a cualquier edad (véase Tabla 7, Análisis de sensibilidad del modelo base frente a un cambio de los parámetros de producción).

Debido a la falta de información bibliográfica que cuantifique las causas de mortalidad de los loros en cautiverio, dentro del modelo no se incluyó un factor de

corrección de la mortalidad en función de la densidad poblacional. De las observaciones empíricas realizadas en las instalaciones de la Hacienda Johanna, tanto en *A. weddellii* como en *A. erythrogegens*, se podría afirmar que la densidad poblacional influye en la productividad de estas especies. Es decir que a mayor número de individuos dentro de una misma voladera, menor sería el éxito reproductivo de la especie en cuestión. Esto podría deberse a la presencia de un número excesivo de individuos, los cuales impedirían el normal desarrollo del período de incubación (incrementan el nivel de estrés del grupo, infringen en los nidos y rompen los huevos) o mermarían el interés de los individuos sexualmente maduros por reproducirse. Según Grahl (1990), el tamaño de la voladera dependerá tanto del tamaño de la especie como del propósito de su mantención en cautiverio, ya sea como mascota o para fines reproductivos. Cuando se trata de la mantención de psitácidos para fines reproductivos, se recomienda la mantención por parejas. En el caso específico de *A. solstitialis*, Grahl (1990) recomienda mantener dos o tres parejas en una voladera grande. En el caso del modelo matemático se asume una mantención de una pareja por jaula, lo cual permite suponer una productividad óptima por reproductor, pero a costo de instalaciones posiblemente excesivas.

PLAN PILOTO DE REPRODUCCIÓN

NÚMERO DE HUEVOS POR NIDADA PROMEDIO

Durante el plan piloto se obtuvo 2,2 huevos por nidada promedio como resultado, cantidad considerablemente inferior al número de huevos promedio establecido en la literatura (3,5) (Robiller, 1990). Incluso en comparación con los resultados obtenidos de los periquitos australianos (*Melopsittacus undulatus*) (5,28 huevos promedio vs. 5,5 ó 5,0 ó 4,5 de la literatura) (Grahl, 1990; Alderton, 1998; 1993), los cuales fueron reproducidos

bajo las mismas condiciones climáticas y de manejo en las mismas instalaciones (G. Fischer, com. pers.), los resultados con los loritos cabeza gris son desalentadores, ya que en el caso de los periquitos el éxito reproductivo obtenido sí es similar al citado en la literatura. Esta baja tasa de fertilidad de los loritos podría ser atribuida a una falta de madurez de los reproductores a causa de sus diferentes edades (6 individuos recuperados de la población local y 7 crías nacidas en las instalaciones durante las observaciones empíricas), a problemas en su alimentación (algo no considerado probable), o a su estado de adaptación a las condiciones de manejo en cautiverio (estrés). Comparativamente, el periquito australiano puede ser considerado una especie domesticada que, por incontables generaciones no ha conocido más que la jaula como su mundo, mientras que en el caso del lorito cabeza gris ahora apenas inicia el trabajo con la generación F2 y este estudio se basa en datos obtenidos con individuos P y F1.

Para efectos de rentabilidad del proyecto (incremento eficiente de la producción), el número de huevos por nidada promedio debe ser mejorado continuamente a futuro para evitar que un pequeño número de crías para la venta (variable dependiente) absorba los costos fijos de inversión del proyecto productivo (depreciación de la infraestructura y adquisición de reproductores) y que, consecuentemente, el mercado no esté dispuesto a aceptar los precios requeridos para el funcionamiento del criadero.

TASA DE ECLOSIÓN POR NIDADA

En lo referente a “tasa de eclosión por nidada” no se ha encontrado publicaciones científicas con las cuales se pueda comparar los resultados obtenidos en el trabajo de campo. Sin embargo, en comparación con los datos recopilados de los periquitos australianos (G. Fischer, com. pers.), la tasa de eclosión total de *A. weddellii* (37,68%) basado en los datos recopilados tanto durante las observaciones empíricas como en el plan

piloto de reproducción, equivale tan solo a las tres cuartas partes de la tasa de eclosión determinada para los periquitos (53%), los cuales fueron mantenidos en las mismas instalaciones bajo las mismas condiciones climatológicas y de manejo.

Al analizar individualmente los resultados de los diferentes grupos sujetos a las mismas condiciones de manejo (reproductores mantenidos en las jaulas B51 y B52), se determinó que la pareja de la jaula B51 fue más exitosa en reproducirse que la pareja de la jaula B52, ya que de los 10 huevos que pusieron, eclosionaron 4 crías (40% tasa de eclosión) mientras que de la otra pareja eclosionaron tan solo 3 crías de los 19 huevos puestos (15,79%). Esta gran discrepancia entre las dos jaulas requiere de estudio futuro para determinar sus causas, ya que la tasa de eclosión es uno de los factores claves en determinar la viabilidad económica de un proyecto reproductivo de psitácidos. Al momento, posibles hipótesis incluyen una diferencia de edad entre los reproductores de las dos jaulas e incluso se podría pensar en una individualidad desconocida de los participantes (su adaptabilidad individual a condiciones en cautiverio, por ejemplo). Los individuos mantenidos en la voladera por su parte, mostraron un éxito reproductivo moderado, ya que de los 20 huevos puestos 7 crías eclosionaron, lo que equivale a una tasa de eclosión del 35%.

La baja tasa de eclosión (15,79%) registrada en la pareja de la jaula B52 significa que la pareja desperdició mucha energía y tiempo en la producción de huevos que desaparecieron, se rompieron, fueron comidos o simplemente abandonados por parte de los padres durante la incubación. Esto pudo deberse al estrés por un inadecuado manejo por parte del personal del aviario asociado al poco grado de adaptabilidad de esta pareja a la vida en cautiverio en comparación con la pareja de la jaula B51 o incluso a los individuos de la voladera. Para este caso específico, lo mejor hubiera sido retirar los huevos de los nidos para incubarlos artificialmente.

TASA DE MORTALIDAD DE LAS CRÍAS ECLOSIONADAS POR NIDADA

El objetivo de todo proyecto de crianza es evitar pérdidas por la muerte de las crías. En este caso particular, lo más difícil ya se alcanzó al lograr que los loritos se reproduzcan bajo condiciones de cautiverio (puesta de huevos y eclosión de las crías). Se piensa que la crianza efectiva de las crías debería poder ser controlada y manejada con mayor facilidad. Bajo este razonamiento, se esperaría reducir la tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por debajo de un 10%, como es el caso en los periquitos australianos (7%) (G. Fischer, datos no publicados), única información con la que se pudo comparar el 21,43% de mortalidad de las crías registrada durante el plan piloto. Al igual que para “tasa de eclosión”, no se logró encontrar una “tasa de mortalidad de las crías” en una fuente de información científica oficial.

Una mejora en el manejo por parte de los encargados del aviario de seguro aliviaría la presión sobre los reproductores, especialmente sobre aquellos que aún no están adaptados a cautiverio y así se evitaría una fuente de muerte fortuita de las crías. Las crías encontradas muertas dentro del nido durante el plan piloto parecían indicar una falla de alimentación por parte de sus padres. Sin embargo, no se debe descartar una mortalidad causada por intoxicación por las resinas del sustrato del nido (aserrín o viruta de maderas aromáticas inapropiadas) como ha ocurrido en el caso de las crías de cacatuillas (*Nymphicus hollandicus*), reproducidas igualmente en las mismas instalaciones (G. Fischer, datos no publicados).

De los resultados obtenidos, se puede deducir que las crías eclosionadas son susceptibles a morir durante su primer mes de vida. Esto puede ser atribuido tanto a un alto grado de estrés de los padres ocasionado por un mal manejo por parte del personal así como a la falta de experiencia de los reproductores jóvenes en el cuidado de sus primeras crías.

TASA DE MORTALIDAD ANUAL DE LOS REPRODUCTORES

Debido a que *A. weddellii* no es una especie domesticada, adaptada a cautiverio como el periquito australiano, no se tuvo control sobre la calidad de los individuos con los que se trabajó en el plan piloto, sobre todo en el caso de aquellos que fueron recuperados de la población local. Sin embargo, al comparar la tasa de mortalidad registrada para los periquitos australianos (28,28%) con la tasa de mortalidad anual del 10.26% de los loritos cabeza gris, vemos que estamos en un rango favorable. No se pudo determinar con precisión la edad a la que murieron los reproductores ni las razones específicas de su muerte (vejez, desnutrición, enfermedad, soledad, etc.). Sin embargo, se puede acotar que no murieron por influencias externas (depredación o accidente).

MODELO MATEMÁTICO

El modelo matemático requirió incluir datos provenientes de otras especies, otros ambientes, otros países. Sin embargo, esta es una práctica válida en la elaboración de modelos de simulación (Gillman, 1997; Starfield y Bleloch, 1991; Grant, 1986). Finalmente, el modelo fue validado frente al trabajo de campo para verificar la idoneidad de la información exógena analizada, adaptada e incorporada. Con el propósito de mejorar el modelo como herramienta predictiva de escenarios productivos, se hacen necesarias, sin embargo, futuras investigaciones encaminadas a identificar y resolver aspectos específicos de la manutención y reproducción en cautiverio de psitácidos en el Ecuador. Así se podrá mejorar la flexibilidad del modelo, así como su confiabilidad y versatilidad. Con el tiempo se podrá reemplazar estimaciones con datos concretos provenientes de series experimentales específicas.

MORTALIDAD DE LOS REPRODUCTORES

Debido a que al término de los primeros 10 años del proyecto de reproducción se debe reponer un 65% de las parejas de reproductores por haber concluido su vida útil reproductiva (26 loritos), el número de crías resultantes al término del mismo año no es suficiente para reponer el total de reproductores, mucho menos para destinarlos para la venta. Por lo tanto, los costos de manutención de los loritos de ese periodo reproductivo deberán ser asumidos por el productor, lo que desde el punto de vista económico sería considerado como una inversión obligada, sin mencionar que el productor deberá adquirir el número de reproductores necesarios para nuevamente completar su población de 20 parejas. Pero dentro del modelo se puede apreciar que conforme van pasando los años, el número de reproductores que deben ser reemplazados por haber concluido su vida útil reproductiva (18 individuos al término del año 20 y 13 al fin del año 30) decrece hasta el punto de ubicarse por debajo de la cuarta parte de la población total de reproductores (9 individuos al año 40 y 7 individuos al año 50). Esto se debe a que a lo largo del tiempo el número de reproductores se va distribuyendo entre las diferentes edades por la mortalidad que anualmente se reemplaza.

En este sentido, una alta mortalidad tendría el efecto positivo de apresurar una mejora de la distribución de edades de los reproductores. Consecuentemente, entre menor sea la tasa de mortalidad de los reproductores, mayor será el número de parejas que se tendrá que reemplazar al final de la vida útil reproductiva de los loritos en un mismo año. Esto podría representar altos costos económicos para el proyecto en uno de los ciclos reproductivos, porque el número de crías resultantes no sería suficiente para cubrir los reemplazos, mucho menos para su comercialización.

El modelo nos indica que al final de los primeros 10 años del proyecto habrá que reemplazar una numerosa población que ha terminado su vida útil reproductiva, mientras

que durante estos mismos 10 años solo pocos individuos serán más jóvenes por haber ingresado al sistema productivo como reemplazos de la mortalidad natural anual de los reproductores. Aumentar la población de reproductores, o reemplazar prematuramente una proporción de los reproductores en un momento intermedio para así distribuir mejor las edades de la población reproductora se presentan como posibles escenarios de análisis dentro del modelo. Igualmente, se podría iniciar la producción con una población de reproductores con edades variadas para evitar el shock de reemplazar un mayor número de reproductores al final de su vida útil reproductiva.

Es necesario aclarar que, aunque los reproductores ya no son considerados dentro del proyecto de reproducción por su baja productividad (número de huevos x nidada) y baja fertilidad (tasa de eclosión de las crías) al término de su 11er año de vida, son comercializables como mascotas, ya que se puede estimar una esperanza de vida en cautiverio de 20 años, basándose en datos generales de congéneres (Anexo 2). Adicionalmente, en términos biológicos, la vida reproductiva de un ave siempre se extenderá más allá del período de reproducción económicamente rentable. Esto significa que los loritos gozarían de aproximadamente 8 años adicionales de vida para ser mantenidos como mascotas, por lo que igualmente se los considera idóneos para su comercialización junto con la producción anual de crías.

Al parecer, la influencia de una reducción de la mortalidad de los reproductores más allá del 4,21 % no tiene un efecto económicamente significativo, lo cual parece indicar que es una tasa de mortalidad que no justifica adicionales esfuerzos económicos para mejorar las condiciones de manutención en cautiverio (aunque la posición biológica/filosófica sería claramente la opuesta; toda mortalidad debe ser evitada). Un incremento de la producción debe ser buscado en el mejoramiento de otros factores de

producción como lo son un incremento en la tasa de eclosión por nidada y una disminución de la mortalidad de las crías eclosionadas.

EFFECTOS DE LA VARIACIÓN DE LOS FACTORES DE PRODUCCIÓN SOBRE LA VARIABLE “NÚMERO DE CRÍAS PARA LA VENTA” EN EL TIEMPO

Una variación en el orden del $\pm 30\%$ en la tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21%) ocasionó que el número de crías para la venta se mantenga básicamente igual durante los tres periodos reproductivos con una variación mínima equivalente al -0,98% y +0,80%, respectivamente (Tabla 7). Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos en los tres periodos, se observa que el mayor número de crías se presenta durante los primeros 10 años del proyecto, mientras que durante la tercera década se obtiene el menor número de crías para la venta (Tabla 7). Esto puede ser atribuido al hecho de que durante el primer periodo del proyecto un mayor número de parejas reproductoras está distribuido entre el rango de edades con una mayor productividad y fertilidad. Por su parte, el número de reproductores que deben ser retirados del sistema por haber concluido su vida útil reproductiva en un mismo año va decreciendo paulatinamente a través del término de cada década del proyecto, ocasionando que las parejas de reproductores se distribuyan mejor entre los diferentes rangos de edades.

Al correr el modelo hasta el año ochenta (Figura 6) se puede observar que el número de parejas que debe ser reemplazado al término de cada década por haber concluido su vida útil reproductiva va decreciendo de manera asintónica a través del tiempo. Este efecto se presenta tanto en el modelo base (4,21% mortalidad) como en el escenario donde se reduce la mortalidad en un 50% (2,2% mortalidad). Sin embargo, como muestra el gráfico, a menor mortalidad anual de los reproductores, mayor es el número de reproductores que deben ser reemplazados al término de su vida útil reproductiva. La

reducción de la tasa de mortalidad provoca que el número de crías para la venta varíe positivamente a través del tiempo (+1,13% durante el primer periodo y +1,29% en el quinto periodo) en comparación con el modelo base. Pero es importante recalcar que el mayor número de crías para la venta se concentra en los primeros diez años del proyecto en todos los escenarios planteados. En términos económicos la variación en el orden del -50% en la tasa de mortalidad anual de los reproductores provocó que el costo de producción anual por cría vendible de un año de edad durante los tres periodos reproductivos analizados disminuya o no varíe en comparación con el modelo base (-1,81%, -7,44% y 0%, respectivamente) (Figura 7). Esto significa que los costos de producción anual por cría vendible se estabilizan con el tiempo hasta el punto en que un lorito llega a costar \$134 tanto en el modelo base como en el escenario planteado, por lo que una reducción de la tasa de mortalidad no es significativa desde el punto de vista de rentabilidad a largo plazo. Sin embargo, al término de cada periodo los costos de producción anual por cría vendible se incrementan debido al mayor número de crías que deben ser separadas para reemplazar dichos reproductores. Estos reemplazos provocan que en los años 10 y 20 el déficit de crías sea mayor que en el modelo base, mientras que en los años 30 y 40 el número de crías para la venta no alcanza el 50%. Finalmente, en el año 80 el número de crías disponibles para la venta, una vez separadas las crías destinadas a la reposición de los reproductores por haber concluido su vida útil reproductiva, asciende al 70% en comparación con el modelo base. Cabe señalar que desde el punto de vista de planificación económica de un proyecto, la habilidad de ver 80 años hacia el futuro es completamente irrelevante y que este análisis más bien usa este extenso periodo para identificar con más claridad tendencias que ya trabajan desde el año 1.

Igualmente vemos que la variable "número de crías para la venta" es inversamente proporcional a la variable "tasa de mortalidad anual de los reproductores", ya que a mayor

mortalidad de los reproductores, menor número de crías para la venta y viceversa. Sin embargo, al modificar la “tasa de mortalidad anual de los reproductores” en un $\pm 30\%$ vemos que el efecto es menor, lo que demuestra que el modelo no es tan sensible a una estimación inexacta (dentro de los límites acotados arriba) de dicha variable.

Una primera mejora de la producción debe ser buscada en la optimización de otros factores de producción como son un incremento en el número de huevos por nidada promedio así como la tasa de eclosión por nidada.

Al modificar la variable de análisis “número de huevos por nidada promedio” en $\pm 30\%$ se observó que la variable de interés “número de crías para la venta” es directamente proporcional. No obstante, el número de crías para la venta se incrementa o decrece en un porcentaje mayor ($\pm 32,84\%$) que el cambio aplicado a la variable “número de huevos por nidada promedio”. Hay que destacar que el incremento porcentual en comparación con los datos del modelo base es ligeramente ascendente con el transcurso de cada periodo del proyecto (32,73%, 32,85%, 32,93%, respectivamente). Sin embargo, al comparar el número de crías obtenidas de periodo a periodo se puede observar que los mejores resultados se obtuvieron durante la primera década del proyecto, mientras que el menor número de crías para la venta se obtuvo en el tercer periodo (año 21 a 30). Lo mismo ocurre cuando se modifica la variable de análisis negativamente. La variable es igualmente sensible frente a un incremento como a un decrecimiento, pero en ambos casos es sensible ya que los resultados tanto del incremento (32,84%) como del decrecimiento (-32,84%) son mayores que la variación aplicada ($\pm 30\%$).

Para efectos de rentabilidad del proyecto a largo plazo, el número de huevos por nidada promedio debe ser mejorado a lo largo del tiempo para evitar que el número de crías para la venta sea menor que durante el primer periodo del proyecto. Un método utilizado en otros psitácidos consiste en retirar la nidada inmediatamente después de que la

hembra ha concluido la puesta “normal” y de esta manera estimularla para la puesta de una nueva nidada al término de dos a cuatro semanas (Reinschmidt, 2000). Además del manejo especializado requerido para la crianza de estas crías “huérfanas”, se debe incrementar el porcentaje de calcio y proteína (huevo duro) en la dieta de la hembra a fin de evitar problemas de salud (Robiller, 2001).

En comparación con los datos del modelo base, el “número de crías para la venta” es directamente proporcional a la variable “tasa de eclosión por nidada”. A un incremento o decrecimiento en la variable analizada también se presenta un incremento o decrecimiento en la variable de interés. Es más, dicho incremento o decrecimiento es mayor ($\pm 32,84\%$) que el aplicado a la variable analizada ($\pm 30\%$). Nótese que el “número de crías para la venta” reacciona idénticamente a la variación aplicada tanto a la “tasa de eclosión por nidada” como al “número de huevos por nidada promedio” (Tabla 7).

Por lo tanto, la variable “número de crías para la venta” es igualmente sensible a una variación en los parámetros “número de huevos por nidada promedio” y “tasa de eclosión por nidada”.

Al correr el modelo durante 80 años, planteamos como escenario un incremento de la tasa de eclosión por nidada (33%) en el orden del 60%, lo que en función del factor de corrección de la fertilidad influenciada por la edad de los reproductores asciende a un 98% en los años de mejor fertilidad de los loritos. Usando esta variación vemos que en comparación con el modelo base, el número de crías para la venta se incrementa en un porcentaje 6 puntos mayor (66%) a lo largo del tiempo, hasta el punto de que el número de crías para la venta se estabiliza a partir del año 40 (Figura 8). Este porcentaje supera en 6% a la variación efectuada. Por su parte, los costos de producción anual por cría vendible se reducen en un 28,94%, 32,38% y 30,39% en los tres periodos reproductivos analizados en comparación con el modelo base (Figura 9). Bajo este escenario, el costo de producción

anual por cría destinada para la venta se ubica en \$83, \$87 y \$94, respectivamente. Esto representaría una real ventaja económica para el productor en comparación con los altos costos de producción incurridos en el modelo base (Tabla 12) como consecuencia de una tasa de eclosión por nidada baja. Un incremento en la tasa de eclosión por nidada podría ser alcanzado a través de la incubación artificial. Los costos asociados con la adquisición de los equipos adicionales y la mano de obra adicional requeridos para el cuidado y alimentación de las crías podrían ser cubiertos con la diferencia entre los costos de producción disminuidos y el valor agregado al precio de venta por ofrecer loros amansados.

Finalmente, el modelo muestra que una variación de $\pm 30\%$ en la “tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada” es indirectamente proporcional a la variable de interés “número de crías para la venta”: obviamente, a mayor mortalidad de las crías eclosionadas menor número de crías para la venta.

Sin embargo, hay que destacar que el incremento o la reducción en el número de crías para la venta ($\pm 6,66\%$) es considerablemente menor que la variación aplicada a la tasa de mortalidad de las crías eclosionadas ($\pm 30\%$). No obstante, con el transcurso de los periodos reproductivos (1–10; 11–20; 21–30) el porcentaje de incremento o reducción del número de crías para la venta va decreciendo en comparación con los datos del modelo base. Al igual que en los casos anteriores, durante el primer periodo del proyecto se obtuvo la mayor cantidad de crías para la venta.

Finalmente, el modelo es relativamente sensible a un $\pm 30\%$ de variación en el parámetro “tasa de mortalidad crías eclosionadas por nidada” (Tabla 7).

EFFECTOS DE LA VARIACIÓN DEL NÚMERO DE PAREJAS REPRODUCTORAS SOBRE LA VARIABLE “NÚMERO DE CRÍAS PARA LA VENTA” EN EL TIEMPO

Los incrementos porcentuales registrados en la variable “número de crías para la venta” al modificar el número de parejas reproductoras, pueden ser interpretados como una consecuencia de la diferencia de magnitud de pérdida relativa que genera, por ejemplo, la muerte de 0,84 parejas en la población reproductiva de un ciclo al siguiente (4,21% mortalidad anual de los reproductores) en una población de 20 parejas vs. una población de 200 parejas. Mientras que en el primer caso, al no haber la posibilidad biológica real de funcionar con 19,16 parejas, el modelo asumía inicialmente la existencia de 19 parejas (pérdida real de 5%). En el segundo caso, la mortalidad de los reproductores involucra a 8,4 parejas, quedando 191,6 parejas, asumiéndose 191 parejas (pérdida sólo del 4,5%). Así el modelo trabaja porcentualmente con más parejas mientras la población de reproductores es mayor. Esto indica que en poblaciones grandes la pérdida de un individuo tiene una influencia menor que en poblaciones con un menor número de reproductores.

Aunque la lógica es clara –biológicamente 0,9 parejas equivalen a ninguna– el efecto de truncar la influencia de la tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21%) es que una pareja sufre una mortalidad real en el modelo del 100%. A través de los años este “error matemático” tergiversa completamente los efectos de mortalidad sobre la población en general y, por ende, sobre nuestra variable de análisis “número de crías para la venta”.

Por esta influencia de carácter matemático se tomó la decisión de trabajar con decimales para determinar con mayor “realismo biológico” los costos de producción de una población pequeña de reproductores y evitar así distorsiones en los efectos y resultados del modelo. Una vez corregida la pérdida relativa generada por la diferencia de magnitud, la variable de interés “número de crías para la venta” se incrementa en el mismo porcentaje

que la variación aplicada al número de parejas reproductoras a lo largo de los tres periodos del proyecto. Por ejemplo, si el número de parejas reproductoras es incrementado en un 50%, el número de crías para la venta también se incrementa en el mismo porcentaje, y así sucesivamente (Tabla 8).

EFFECTOS DE LA VARIACIÓN DEL NÚMERO DE PAREJAS REPRODUCTORAS SOBRE EL “COSTO DE MANUTENCIÓN ANUAL POR INDIVIDUO” EN EL TIEMPO

Al analizar los costos de manutención anual por individuo a lo largo del proyecto reproductivo resultantes de una variación del número de parejas, se puede observar que los costos de manutención se van incrementando de periodo a periodo, registrándose los más altos costos de manutención en el transcurso de los 10 últimos años del proyecto. La variación más alta (7,84%) en los costos de manutención ocurre entre el primero y el segundo periodo del modelo base donde se trabajó únicamente con 20 parejas, seguido por un 5,88% de incremento para el mismo periodo de tiempo pero con una población de 50 parejas. Sin embargo, con una población de 200 parejas el incremento entre el primero y segundo periodo no supera el 0,20%, mientras que entre el segundo y tercer periodo este incremento es el mayor (4,53%) en comparación con los otros escenarios.

En función del número de parejas, los costos de manutención van disminuyendo entre un 10,34% con una población de 30 parejas de reproductores hasta un 25,3% con un total de 200 parejas durante los primeros 10 años, mientras que entre los 10 últimos años del proyecto, estos porcentajes se ubican en -13,97% para 30 parejas y -30,22% para una población de 200 parejas.

El incremento de los costos de manutención a través de los diferentes periodos se debe a que un menor número de individuos (crías y reproductores) tiene que absorber una proporción mayor del valor de los costos fijos. Como se mencionó arriba, el número de

crías resultantes al término del segundo y tercer periodo del proyecto es decreciente como resultado de una población de reproductores mejor distribuidos entre los diferentes rangos de edades. Sin embargo, no hay que olvidar que si se dispone de un mayor número de parejas de reproductores, los costos de producción disminuyen.

Al analizar los costos de manutención durante los primeros diez años en todos los escenarios planteados, se puede observar que los costos de manutención más altos se registran en el año 1 y entre los años 8, 9 y 10. Esto es un claro resultado de un menor número de crías obtenidas durante esos años como consecuencia de una baja tasa de productividad y fecundidad de los reproductores. Al inicio, los reproductores aún no han alcanzado su nivel de reproducción óptimo, mientras que al final del periodo, el potencial reproductivo está en descenso. Consecuentemente, el costo de manutención anual por individuo es inversamente proporcional al número de crías resultantes. Entre mayor sea el número de crías resultantes menor será el valor proporcional de los costos fijos que cada individuo deba absorber y, por ende, más accesibles para que el aficionado de aves como mascotas pueda adquirir una cría.

EFFECTOS DE LA VARIACIÓN DEL NÚMERO DE PAREJAS REPRODUCTORAS SOBRE EL “COSTO DE PRODUCCIÓN ANUAL POR CRÍA VENDIBLE” EN EL TIEMPO

El costo de producción anual de cada cría vendible sirve de base para calcular un precio de venta adecuado que debería incluir costos administrativos y de mercadeo. Sin embargo, estos costos no están incluidos dentro del modelo, por lo que, para propósitos de análisis dentro de esta tesis, el costo de producción anual por cría vendible representará el "precio mínimo de venta", es decir, el precio que permitirá cubrir tanto los costos de manutención de los loritos así como la inversión en la infraestructura del proyecto.

La Tabla 11 muestra que el costo de producción anual por cría vendible o precio mínimo de venta promedio entre los años 2 a 9 se ubica en 76 dólares con una población de 200 parejas y 103 dólares con 20 parejas. Igualmente, se puede observar que en cualquiera de los escenarios planteados, el costo de producción anual por cría vendible más bajo se obtiene durante los años 5 y 6 del proyecto, mientras que los más altos se ubican en los primeros y últimos años (2 y 9) como consecuencia de una baja en el desempeño de los reproductores debido a la edad y al resultante menor número de crías disponible para la venta. También se puede observar que, en todos los escenarios planteados, durante los años 1 y 10 del proyecto, el costo de producción anual por cría vendible es negativo debido a que el saldo de crías vendibles arroja un déficit. Durante los primeros años las parejas reproductoras aún no han alcanzado su óptimo nivel reproductivo, mientras que en los últimos años el potencial reproductivo disminuye por la edad. Esto ocasiona que el número de crías resultante sea insuficiente para reponer reproductores y que se tenga que invertir en la adquisición de nuevas parejas. En esos años el productor tendrá que asumir los costos como una inversión obligada que podrá ser recuperada durante otros años como un componente ponderado del precio de venta final de las crías destinadas para su comercialización a lo largo del proyecto. Con el paso de los años (año 11 al 30) este problema se reduce paulatinamente a medida que las parejas reproductoras se van distribuyendo entre los diferentes rangos de edades y, al mismo tiempo, las fluctuaciones anuales de producción de crías van desapareciendo. De esta forma se deja de reemplazar un desproporcional número de reproductores al final de su vida útil reproductiva.

Al analizar los costos de producción anual por cría vendible a lo largo del proyecto reproductivo (Tabla 12) se puede observar que estos costos se incrementan de década en década en todos los escenarios planteados, registrándose los más altos costos de producción durante la tercera década (134 dólares con una población de 20 parejas y 93

dólares al trabajar con 200 parejas, en comparación a los 117 dólares y 86 dólares, respectivamente, durante el primer periodo, lo que representa un incremento del 4,49% y 5,10%, respectivamente). Como se mencionó anteriormente, el número de crías disponibles decrece de periodo a periodo como resultado de una población de reproductores redistribuidos en los diferentes rangos de edades, lo que provoca que los costos totales de producción tengan que ser absorbidos por un menor número de crías vendibles.

En relación al número de parejas, los costos de producción anual por cría vendible en comparación con el año base, van disminuyendo en un -12,22% con una población de 30 parejas de reproductores hasta un -26,61% con un total de 200 parejas durante los primeros 10 años del proyecto. Durante la segunda y tercera décadas, los costos de producción decrecen en un porcentaje similar (-15% para una población de 30 parejas y -31% para 200 parejas). Nótese que en comparación con el modelo base, los menores costos de producción anual por cría vendible son obtenidos al mantener una población de 200 parejas, el mayor número incluido en la comparación, y como una consecuencia lógica del decreciente efecto porcentual de los costos fijos sobre la producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

(VI)

La producción de psitácidos para el mercado de mascotas es una actividad avanzada, lucrativa y bien organizada en los países de Europa y Norteamérica. En el Ecuador, sin embargo, esta rama de la avicultura es prácticamente inexistente. Las instalaciones avícolas que se dedican a la reproducción, crianza y comercialización de psitácidos son empresas privadas con fines de lucro, lo cual conlleva a la existencia de secretos profesionales a los cuales no hay acceso. Y es esta la información clave que puede representar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un proyecto. La edad de los loros, durante la cual la productividad de los reproductores es rentable, cuál es una tasa de eclosión aceptable, qué hay que hacer para fomentar la productividad y aumentar la tasa de eclosión, todos estos son factores críticos, de cuya respuesta depende el éxito de un programa de reproducción comercial.

Las razones para incursionar en el ámbito de la reproducción de psitácidos son múltiples y van desde motivos altruistas como la preservación de especies en peligro, tanto por su caza directa como por la destrucción de su hábitat natural, hasta por razones comerciales, donde se piensa que puede haber una fuente de ingresos y empleo al satisfacer un mercado de mascotas. A la larga, los problemas enfrentados por ambos serán los mismos, aunque varíe su importancia relativa.

El modelo matemático, con todas sus falencias inherentes –lo moderno sería llamarlo una versión 1.0 o beta– nos permite de todas formas echar un primer vistazo a las economías de producción de *Aratinga weddellii*. Aunque igualmente se carece de datos estadísticos concretos en relación a lo que el mercado está dispuesto a pagar por un *A. weddellii* reproducido en cautiverio, podemos anticipar que con simplemente colocar una

cría en una jaula y ponerla en frente de un cliente y pedir los precios indicados por el modelo matemático (entre 117 y 134 dólares por cría con una población de 20 parejas o un precio mínimo de venta entre 86 y 93 dólares con 200 parejas) (Tabla 12) eso no nos llevará al éxito. En comparación con aves silvestres capturadas ilegalmente, cuyo precio de venta es mucho menor, el mercado siempre estará renuente a pagar más por un lorito reproducido en cautiverio a menos de que éste ofrezca una ventaja adicional para ser mantenido como mascota. Por lo tanto, el amansamiento o domesticación de un lorito reproducido en cautiverio se presenta como una alternativa real y necesaria para ofrecer un valor agregado. Sin embargo, este proceso implicaría inevitablemente un alto costo de mano de obra durante todo el tiempo requerido para su crianza, lo que inevitablemente se traduciría en costos de producción aún más altos. Sin embargo, al comparar con los precios de otras especies de psitácidos criados en cautiverio, específicamente en las instalaciones de Loro Parque, Tenerife, España (*Aratinga aurea* €290; *Pyrrhura rupicola sandiae* €250; *Pionus menstruus* €990; *Amazona ochrocephala ochrocephala* €1190; *Pionus senilis* €1390) y ofertados en una cadena de almacenes especializados en mascotas de Alemania (Kölle Zoo, Karlsruhe, 2006), vemos que los valores arrojados por el modelo son considerablemente más bajos. Esto se debe básicamente a nuestra ubicación geográfica (hábitat natural de *A. weddellii*) que no demanda instalaciones de control climático costosas y a la mano de obra no calificada barata de la que disponemos. No obstante, se debería explorar y cambiar las técnicas de crianza para mejorar la eficiencia y disminuir costos.

El “ave básica” ya tiene un valor añadido frente a la silvestre al tener su origen en un programa técnico de reproducción en cautiverio. Además, se sugiere que toda venta sea con los papeles pertinentes que acrediten su idoneidad legal como mascota. Pero habrá que ir más allá. Habrá que pensar en la remoción de la primera nidada y de su subsiguiente

incubación artificial. Confrontados con esta “pérdida”, los loritos tendrán el interés de una nidada adicional y pronto episodio reproductivo, como se lo practica en loros de diversos géneros (Reinschmidt, 2000), virtualmente duplicando la productividad.

Adicionalmente, para crear un valor agregado para las crías destinadas a la comercialización en el mercado de mascotas, sería interesante domesticar a cada cría. Es decir, criarlas manualmente, “artificialmente”, para que de esta manera las crías se vuelvan dóciles y aprendan a vocalizar un cierto número de palabras. Este proceso indudablemente encarecerá los costos de producción por individuo, pero el mercado estará más dispuesto a cubrir estos gastos, a fin de obtener una mascota especial.

Se podría decir que no es rentable reproducir los loritos en cautiverio de manera natural (ayuda de los padres) sino que hay que utilizar equipo especializado, tanto máquinas (incubadoras) como personal (personas dedicadas a su crianza manual). De esta manera se podrá añadir un valor agregado a estos loritos para que el “negocio” sea rentable (domesticación). Al reproducir loritos de manera natural (ayuda de los padres), se ha añadido un valor agregado desde el punto de vista ecológico, ya que no se está comercializando con aves silvestres. Sin embargo, eso no es suficiente como incentivo para que la reproducción en cautiverio sea considerada como una acción futura que ayude a frenar la presión sobre animales silvestres. Sobre todo en un país como el nuestro donde la conciencia ambientalista entre la población aun es precaria debido a que las necesidades básicas aún no están cubiertas. Esta actividad debe generar rentabilidad económica.

Desde el punto de vista económico, la reproducción de aves-mascotas en cautiverio no se limita únicamente a la mantención de reproductores dentro de jaulas y/o voladeras a la espera de que pongan huevos, los incuben y cuiden de sus crías eclosionadas hasta que éstas se independicen y alcancen la edad suficiente para ser comercializadas. Aunque ese podría ser el método preferido por todo reproductor ya que no conlleva a gastos adicionales

(adquisición de aparatos de incubación, incremento de los rubros de electricidad y mano de obra), desafortunadamente no necesariamente es el más exitoso. Por esta razón, tanto la incubación artificial de los huevos como la crianza manual de las crías es una alternativa cuya rentabilidad económica requiere ser analizada a fondo. Según Reinschmidt (2000), entre las razones por las que se toma la decisión de incubar los huevos artificialmente se puede mencionar el abandono de los huevos por parte de los padres (nerviosismo), la pérdida de los huevos porque los padres los rompen o se los comen, o la incapacidad de los polluelos de salir del cascarón (eclosionar). Por su parte, las principales razones que empujan a los reproductores a criar manualmente a las crías están: la no alimentación de las crías por parte de los padres ya sea por falta de experiencia de los padres o por perturbaciones externas, infanticidio o mutilación de las crías, muerte de uno o ambos padres, desnutrición de las crías más jóvenes debido a que las crías más grandes reciben la mayor cantidad de comida de los padres, el amansamiento (la domesticación) de las crías desde muy temprana edad (alrededor de la primera semana de edad) (Reinschmidt, 2000).

Un costo de producción anual entre 117 y 134 dólares por cría al tener 20 parejas de reproductores (Tabla 12), incluso sin considerar los costos de manejo y comercialización, parece un valor exagerado para despertar el interés del mercado nacional ecuatoriano por tener este psitácido como mascota. El efecto de mejorar las tasas de eclosión y de supervivencia inicial de las crías es clave para cualquier intento de producción. Sin embargo, a pesar de eventualmente poder gozar de tasas más favorables, sin el valor agregado representado por el amansamiento/la domesticación de las crías previa su comercialización, no habrá un mercado nacional dispuesto a cubrir los costos de criar *A. weddellii* como mascota. Como consecuencia, el mercado seguirá buscando alternativas mucho más económicas que son ofrecidas como producto de la cacería ilegal de aves.

BIBLIOGRAFÍA

ALDERTON, D. 1992. Parrots. TetraPress, Estados Unidos. 192 pp.

ALDERTON, D. 1993. The Handbook of Cage and Aviary Birds, Blandford, Inglaterra. 364 pp.

ALDERTON, D. 1997. You and Your Pet Bird – The Complete Owner's Guide to Cage & Aviary Birds: Their Care, Health, and Behavior. Alfred A. Knopf, INC, New York, Estados Unidos. 224 pp.

ALDERTON, D. 1998. The Complete Guide to Bird Care. Howell Book House, New York, Estados Unidos. 112 pp.

BLACK, R. G. 1988. Cockatiels, Their Care, Feeding and Breeding. Audubon Publishing Company, New York, Estados Unidos. 195 pp.

BISSONI, E. 1996. Cría de la Codorniz. Editorial Albatros Saci, Buenos Aires, Argentina. 115 pp.

COBORN, J. 1991. The Professional's Book of Conures. T.F.H. Publications, Inc, Neptune City, NJ 07753, Estados Unidos. 144 pp.

DELPY, K. 1993. Volieren - Planung, Bau und Einrichtung. Landbuch Verlag, Hannover, Alemania. 128 pp.

Fundación Pro-Bosque, 2005. El Papagayo de Guayaquil en Cerro Blanco. Grafipren. Guayaquil, Ecuador. 67 pp.

GALLERSTEIN, G. A. 1994. The Complete Bird Owner's Handbook. Howell Book Haus, New York, NY 10019-6785, Estados Unidos. 320 pp.

GILLMAN, M. 1997. An Introduction to Ecological Modelling: Putting Practice into Theory (Methods in Ecology Series). Blackwell Science Ltd., London, Great Britan. 202 pp.

GISMONDI, E. 1994. El gran libro ilustrado de los loros. Editorial De Vecchi, S.A. Barcelona, España. 223 pp.

GRAHL, W. de 1990. Papageien. Eugen Ulmer Verlag GmbH & Co. Stuttgart, Alemania. 295 pp.

GRANIZO, T. et al. 2002. Libro Rojo de las Aves del Ecuador. Tomo 2. Editorial SIMBIOE, Quito, Ecuador. 462 pp.

GRANT, W. E. 1986. Systems Analysis and Simulation in Wildlife and Fisheries Sciences. Wiley-Interscience Publication, New York, Estados Unidos. 338 pp.

HOPPE, D. 2003. Sittiche und Papageien. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Alemania. 127 pp.

LOW, R. 2001. Papageien sind einfach anders – Eigenheiten verstehen und Verhaltensprobleme lösen. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Alemania. 125 pp.

LOW, R. 2002. Gefiederte Welt. Auffallend und beliebt – Grünzügel- und Rostkappenpapageien. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co., Stuttgart, Alemania. pp. 271-273.

National Research Council, 1983. Nutrient Requirements of Warmwater Fishes and Shellfishes. Revised Edition. National Academy Press, Washington, D.C., Estados Unidos. 102 pp.

ORTIZ, F. C. y CARRIÓN, J. M. 1991. Introducción a las aves del Ecuador. FECODES, Imprenta Mariscal, Quito, Ecuador. 241 pp.

PACHECO, C. y BENAVIDES, N. H. 1990. Plan de Acción para la Conservación de Especies de Aves en el Ecuador Continental 1990-1994. Corporación Ornitológica del Ecuador (CECIA), Quito, Ecuador. 33 pp.

PINDYCK, R. y RUBINFELD, D. L. 1992. Microeconomics. Segunda edición. Macmillan, New York, Estados Unidos. 719 pp.

REINSCHMIDT, M. 2000. Kunstbrut und Handaufzucht von Papageien und Sittichen. Arndt-Verlag, Bretten, Alemania. 128 pp.

REYNOLDS, L. G. 1974. Introducción a la Economía. Editorial TECNOS S.A., Madrid, España. 829 pp.

RIDGELY, R. S. y GREENFIELD, P. J. 2001a. The Birds of Ecuador_Status, Distribution and Taxonomy_ Volumen I. Cornell University Press, Ithaca, New York, Estados Unidos. 848 pp.

RIDGELY, R. S. y GREENFIELD, P. J. 2001b. The Birds of Ecuador_Field Guide_ Volumen II. Cornell University Press, Ithaca, New York, Estados Unidos. 740 pp.

ROBILLER, F. 1990. Handbuch der Vogelpflege – Papageien (Mittel- und Südamerika). Vol. 3. Ulmer Verlag, Stuttgart, Alemania. 500 pp.

ROBILLER, F. 1997. Handbuch der Vogelpflege – Papageien (Neuseeland, Australien, Ozeanien, Südostasien, Afrika). Vol. 2. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, Alemania. 464 pp.

ROBILLER, F. 2001. Handbuch der Vogelpflege – Papageien (Australien, Ozeanien, Südostasien). Vol. 1, 2da. Ed. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart, Alemania. 485 pp.

STARFIELD, A. M. y BLELOCH A. L. 1991. Building Models for Conservation and Wildlife Management. Second Edition. Burgess International Group, Inc., Minnesota, Estados Unidos. 253 pp.

STARFIELD, A. M., SMITH K. A. y BLELOCH A. L. 1994. How to Model It –Problem Solving for the Computer Age. Interaction Book Company, New York, Estados Unidos. 206 pp.

VRIENDS, M. M. 1984. Simon & Schuster's Guide to Pet Birds. Fireside Book, New York, Estados Unidos. 320 pp.

VOREN, H. 1998. Birds USA Annual 1998/99. Parrots of the New World. Fancy Publications, Estados Unidos, pp. 4-22.

www.arndt-verlag.com/conures.htm; visitado 30/agosto/2005.

www.birdieboutique.com/duskyconures.html, visitado 30/agosto/2005.

www.cites.org, visitado 15/noviembre/2003.

www.ecuadorinvest.org/ecuadorinvest/docs/10_9RegimenTributario.pdf, visitado 05/octubre/2007.

Base de datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, 2003. Ministerio del Ambiente.

Base de datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, 2004. Ministerio del Ambiente.

Base de datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, 2005. Ministerio del Ambiente.

Base de datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, 2006. Ministerio del Ambiente.

Registro Oficial, Decreto N°. 3516, 31 de marzo de 2003. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Tomo I.

TABLAS

Tabla 1. Rangos nutricionales utilizados por el Zoológico de Guayllabamba, basados en los requerimientos del NRC para aves domésticas y dietas empleadas en zoológicos, 2003.

Rangos Nutricionales	
Componente	%
Proteína	12-22
Grasa	1
Ca	0.6-2.75
P	0.4-0.6
Vit A (IU/kg)	1500-4000
Vit D (IU/kg)	200-500
Vit E (IU/kg)	10-25

Tabla 2. Las cuatro áreas de la ecología y sus rangos de aplicación dentro de la simulación mediante modelos matemáticos (Gillman, 1997).

Áreas de la ecología	Rangos de aplicación
Ecología fisiológica	Alimentación, tasas de digestión, crecimiento, tasas de transportación y transpiración.
Ecología de poblaciones	Control biológico, cosecha de especies, propagación de especies invasoras, incluyendo enfermedades entre humanos.
Ecología de comunidades	Estabilidad y diversidad de comunidades, coexistencia y abundancia de especies.
Ecología de ecosistemas	Ciclo de nutrientes, efectos del cambio climático global.

Tabla 3. Composición de la dieta suministrada a los loritos cabeza gris durante el plan piloto de reproducción. Los valores de la dieta están basados en porcentajes de proteína, grasa, Ca, P, y vitaminas contenidos en cada ingrediente. Basado en los requerimientos nutricionales según el NRC, 1983.

Composición dieta			
Semillas	%	Frutas	%
Maní	10	Plátano	40
Trigo	10	Guayaba/papaya	30
Arroz integral	10	Zanahoria	30
Fréjol	5		
Maíz	10		
Avena	10		
Balanceado 40 %	35		
Quinoa	10		

Tabla 4. Distribución de la productividad influenciada por la edad de los reproductores y expresada en el factor de corrección que modifica el número de huevos por nidada promedio (2,38 huevos).

	Edad (años)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factor de corrección	0	0,4	1,3	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,3	0,8	0,4	0

Tabla 5. Distribución de la fertilidad influenciada por la edad de los reproductores y expresada en el factor de corrección que modifica el número total de huevos eclosionados por año.

	Edad (años)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factor de corrección	0	0,5	1,5	1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,4	0,6	0

Tabla 6. Calidad del cuidado proporcionado por los reproductores a las crías como consecuencia de su experiencia (edad) y expresada en el factor de corrección que modifica el número total de crías eclosionadas que mueren por año.

	Edad (años)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Factor de corrección	0	2,4	1,3	0,6	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0

Tabla 7. Sensibilidad del modelo base frente a un cambio de $\pm 30\%$ respecto a “tasa de mortalidad anual de los reproductores”, “número de huevos por nidada promedio”, “tasa de eclosión por nidada”, y “tasa de mortalidad de las crías eclosionadas por nidada”. La influencia de estos cambios sobre el número de crías para la venta (C_v) es presentada para tres periodos consecutivos de 10 años cada uno, tiempo en el cual los reproductores deben ser retirados del sistema productivo por haber concluido su vida útil reproductiva. Valores en paréntesis representan el porcentaje de cambio ($100\% = \text{sin cambio}$) frente al valor correspondiente del modelo base (20 parejas).

Parámetros de Producción	Número de crías para la venta (C_v) y el porcentaje correspondiente en relación al modelo base							
	Periodo (años)							
	1-10	%	11-20	%	21-30	%	Total	%
Modelo Base	471	(100)	470	(100)	470	(100)	1411	(100)
+ % mortalidad padres	466	(99)	466	(99)	465	(99)	1397	(99)
- % mortalidad padres	475	(101)	474	(101)	474	(101)	1423	(101)
+ # huevos por nidada promedio	625	(133)	625	(133)	624	(133)	1875	(133)
- # huevos por nidada promedio	317	(67)	316	(67)	315	(67)	948	(67)
+ % eclosión por nidada	625	(133)	625	(133)	624	(133)	1875	(133)
- % eclosión por nidada	317	(67)	316	(67)	315	(67)	948	(67)
+ % mortalidad crías eclosionadas	440	(93)	439	(93)	439	(93)	1317	(93)
- % mortalidad crías eclosionadas	503	(107)	502	(107)	501	(107)	1505	(107)

Tabla 8. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre la variable “número de crías para la venta” en el tiempo. Valores en paréntesis representan el porcentaje de cambio frente al valor correspondiente del modelo base (20 parejas).

Tamaño de la Unidad reproductiva	Número de crías para la venta (C_v) y el porcentaje correspondiente en relación al modelo base							
	Periodo (años)							
	1-10	%	11-20	%	21-30	%	Total	%
Modelo Base (20 parejas)	471		470		470		1411	
30 parejas (150)	707	(150)	705	(150)	705	(150)	2117	(150)
50 parejas (250)	1178	(250)	1176	(250)	1174	(250)	3528	(250)
100 parejas (500)	2356	(500)	2351	(500)	2348	(500)	7056	(500)
200 parejas (1000)	4712	(1000)	4703	(1000)	4697	(1000)	14112	(1000)

Tabla 9. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre la variable “número de crías para la venta” durante 10 años. Valores negativos representan déficit de crías destinadas para la venta.

Tamaño de la Unidad productiva	Número de crías para la venta (C_v)									
	Tiempo (años)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo Base (20 parejas)	0	33	64	69	73	73	69	57	38	-5
30 parejas	0	49	95	104	109	109	104	86	57	-7
50 parejas	0	82	159	173	182	182	173	143	95	-12
100 parejas	-1	164	318	346	365	365	347	287	191	-25
200 parejas	-2	329	635	692	730	730	693	573	382	-50

Tabla 10. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el costo de manutención anual por individuo durante 10 años.

Tamaño de la Unidad productiva	Costo de manutención anual por individuo (\$)									
	Tiempo (años)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Modelo Base (20 parejas)	79	52	60	59	58	59	60	66	54	65
30 parejas	64	60	48	48	47	47	48	53	62	74
50 parejas	69	46	52	52	51	51	53	57	48	58
100 parejas	68	45	45	45	44	44	45	49	48	57
200 parejas	59	45	41	41	41	41	42	45	48	56

Tabla 11. Efectos de la variación del número de parejas reproductoras sobre el costo de producción anual por cría vendible de un año de edad durante 10 años.

* Se carece de crías para la venta.

Tamaño de la Unidad productiva	Costo de producción anual por cría vendible (\$)										
	Tiempo (años)										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	2-9 años
Modelo Base (20 parejas)	*	118	100	95	92	92	96	114	114	*	103
30 parejas	*	136	80	76	73	74	78	91	129	*	92
50 parejas	*	104	87	83	80	80	84	99	101	*	90
100 parejas	*	103	74	72	69	70	73	85	100	*	81
200 parejas	*	102	68	66	64	64	67	78	99	*	76

Tabla 12. Costos de producción anual promedio por cría vendible durante los tres periodos del proyecto reproductivo. Valores en paréntesis representan el porcentaje de cambio frente al valor correspondiente del modelo base (20 parejas).

Tamaño de la Unidad productiva	Costos de producción anual promedio por cría vendible (\$)					
	Tiempo (años)					
	1-10		11-20		21-30	
Base (20 parejas)	117	%	129	%	134	%
30 parejas (150)	103	(88)	109	(85)	114	(85)
50 parejas (250)	102	(88)	110	(86)	116	(86)
100 parejas (500)	92	(79)	97	(75)	101	(75)
200 parejas (1000)	86	(73)	89	(69)	93	(69)

FIGURAS

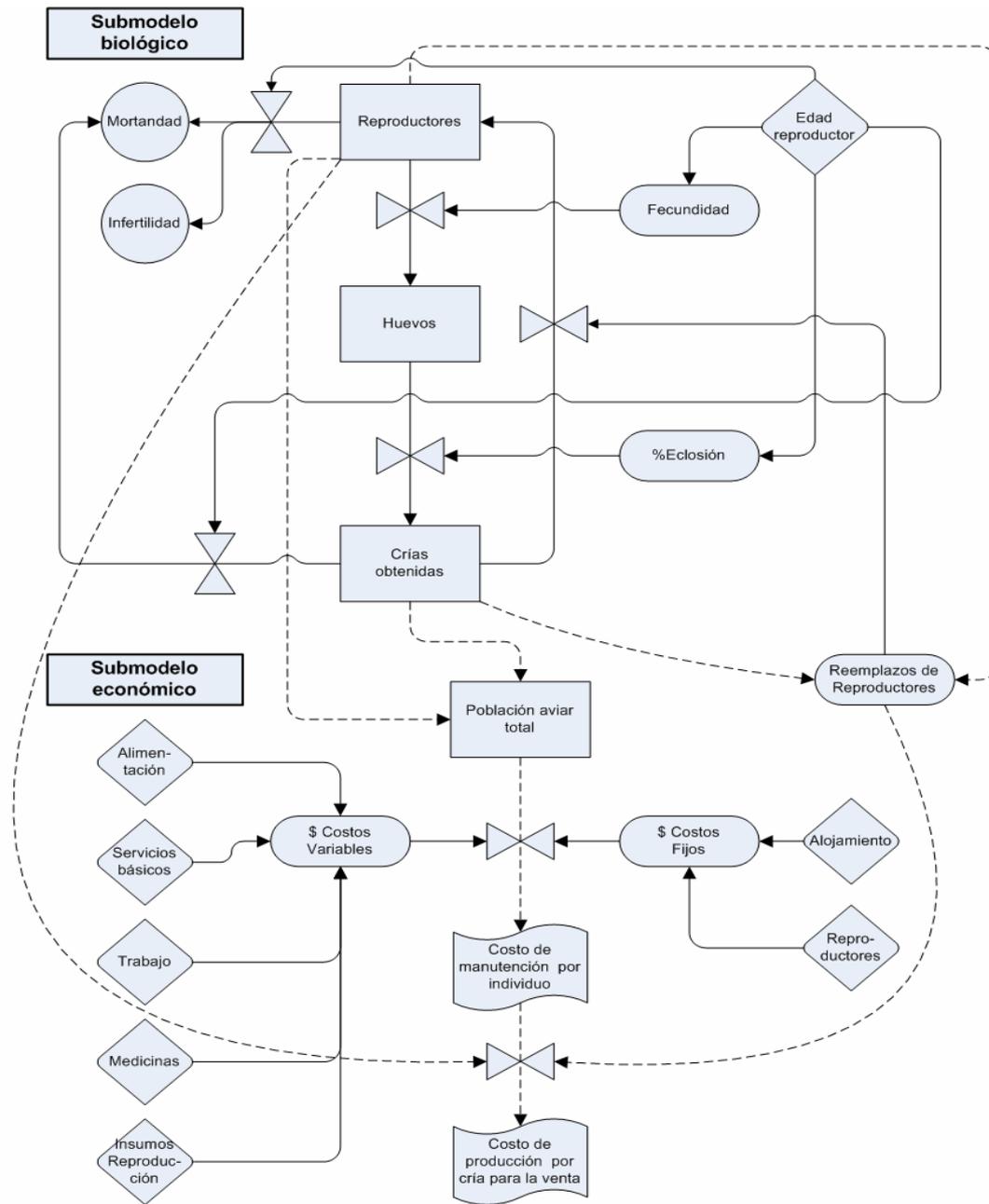


Figura 1. Diagrama conceptual del modelo matemático.

- > Transferencia física
- - -> Transferencia de información
- Reservorio de fin de transferencia (salida del modelo)
- ⊗ Regulador de flujo
- ◇ Insumos, variables externas que influyen al sistema
- ▭ Variable de bien producido
- ◡ Variable auxiliar, factor que influye sobre los reguladores de flujo
- ⌋ Variable económica

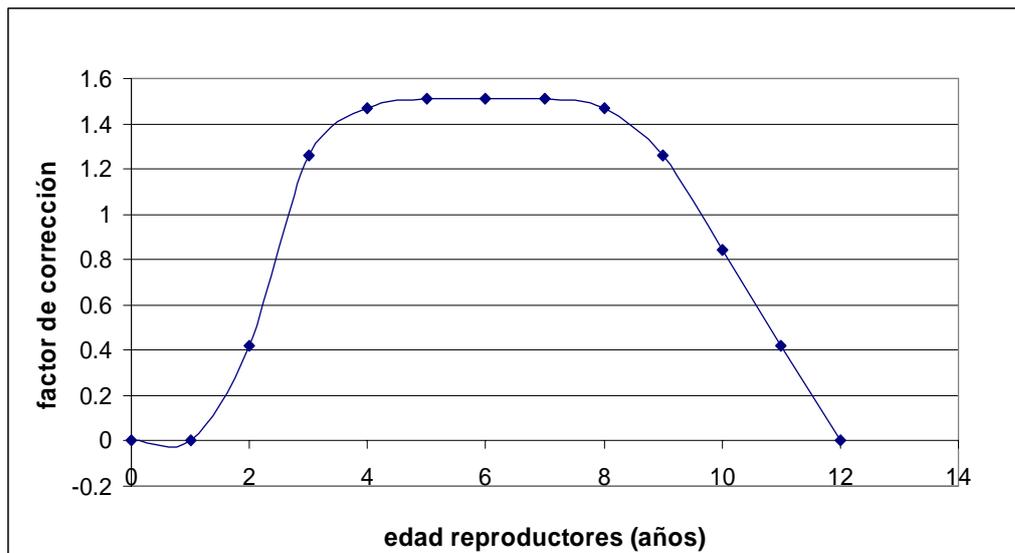


Figura 2. Distribución de la productividad de los reproductores influenciada por la edad, representado por un factor de corrección que permite modificar el número de huevos por nidada promedio (2.38).

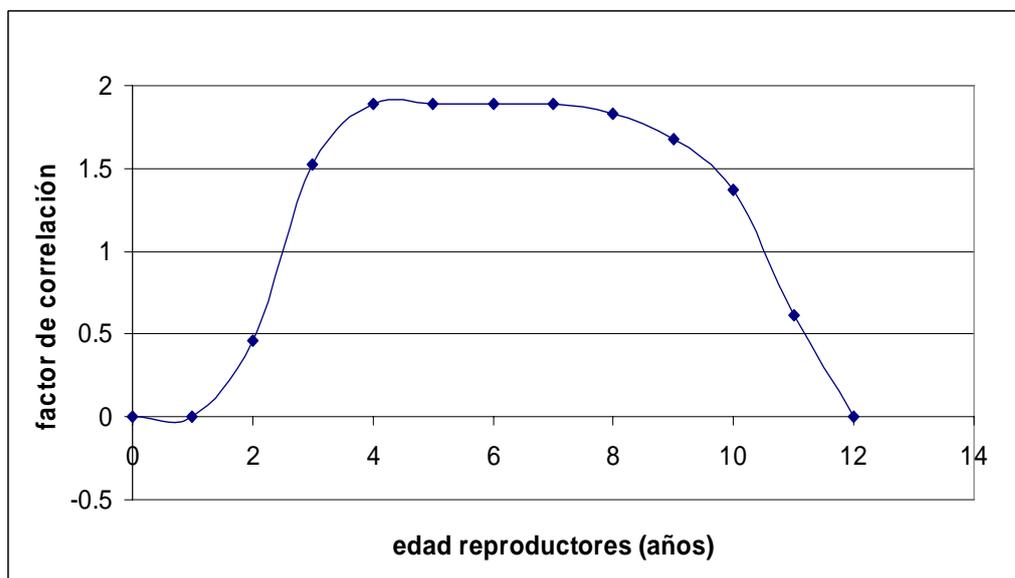


Figura 3. Distribución de la fertilidad de los reproductores influenciada por la edad, representada por un factor de corrección que permite modificar el número total de huevos eclosionados por año.

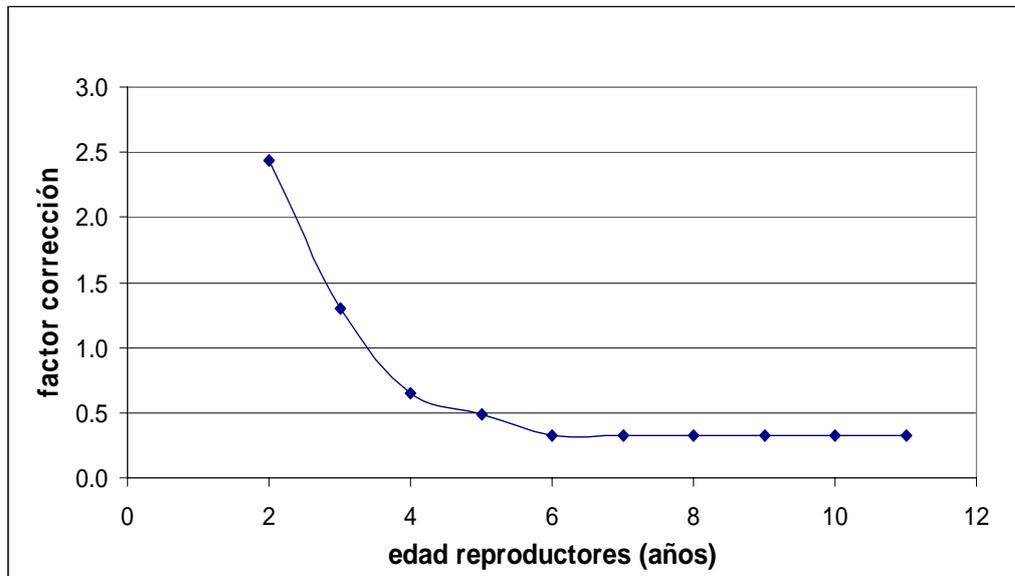


Figura 4. Distribución de la experiencia reproductiva de los reproductores en el cuidado de las crías influenciada por la edad, representada por un factor de corrección que permite modificar el número de crías eclosionadas que mueren por año.

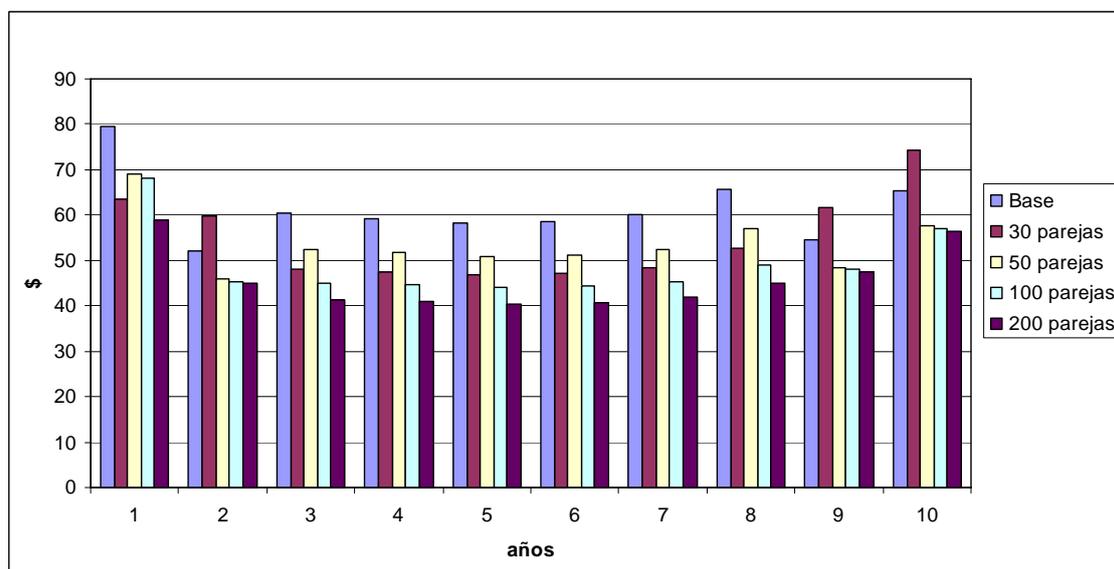


Figura 5. Efecto del número de parejas sobre el costo de mantenimiento anual por individuo durante 10 años.

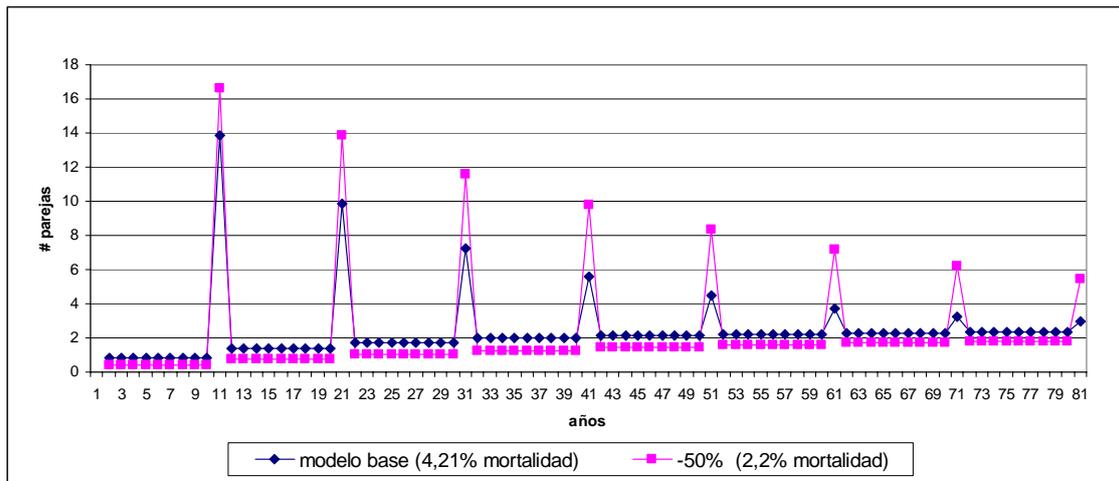


Figura 6. Necesidades de reposición del número de parejas reproductoras como consecuencia de la tasa de mortalidad anual de los reproductores (4,21% anual) y la culminación de su vida útil reproductiva (10mo año de vida). Comparación realizada entre los requerimientos del modelo base y un escenario planteado (-50% mortalidad anual de los reproductores) en el tiempo.

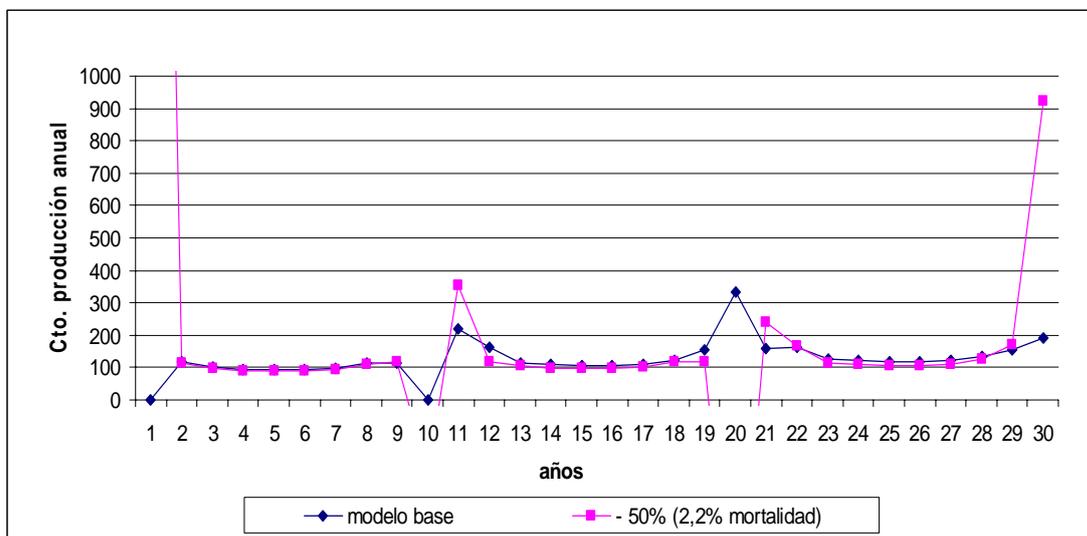


Figura 7. Efectos comparativos entre la disminución de la tasa de mortalidad anual de los reproductores (-50%) y el modelo base sobre la variable “costo de producción anual por cría vendible” de un año de edad a lo largo de los tres periodos de reproducción del proyecto.

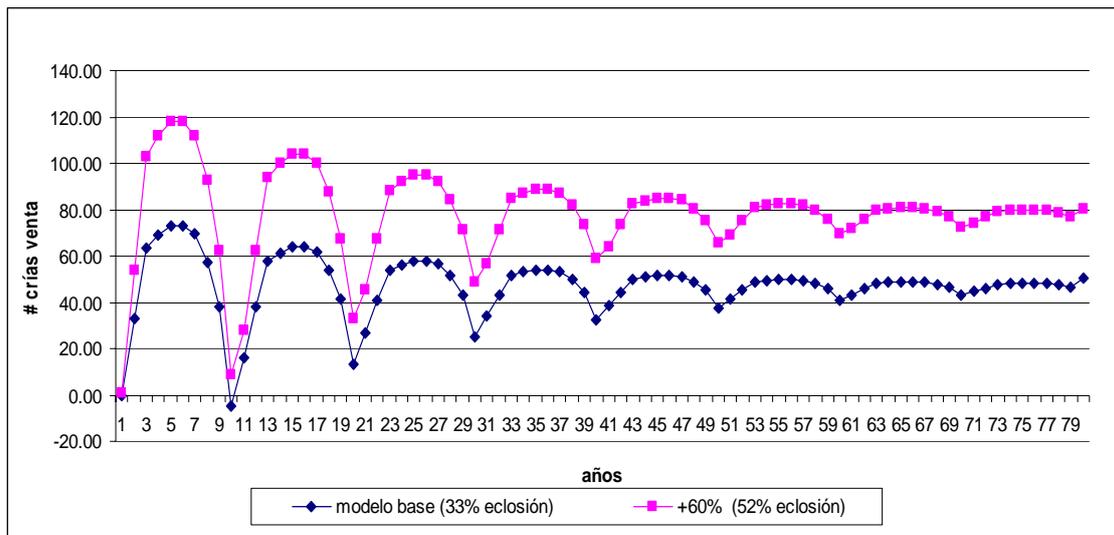


Figura 8. Efectos de la variación de la tasa de eclosión por nidada sobre el “número de crías para la venta” en el tiempo. Comparación realizada entre la tasa de eclosión por nidada del modelo base (33%) y un escenario planteado (mejora de la tasa de eclosión por nidada en un 60%) en el transcurso de 80 años.

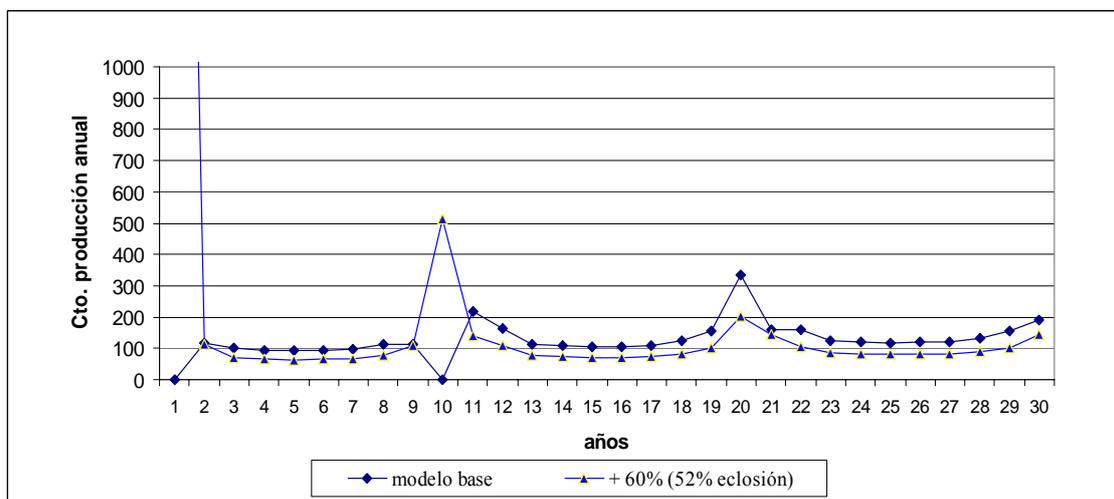


Figura 9. Efectos comparativos entre la variación de la tasa de eclosión por nidada (+60%) y el modelo base sobre la variable “costo de producción anual por cría vendible” de un año de edad a lo largo de los tres periodos de reproducción del proyecto.

ANEXOS

Anexo 1. Incautación de loros en los diferentes puestos de control fijo de la Amazonía Ecuatoriana (Familia: Psittacidae).

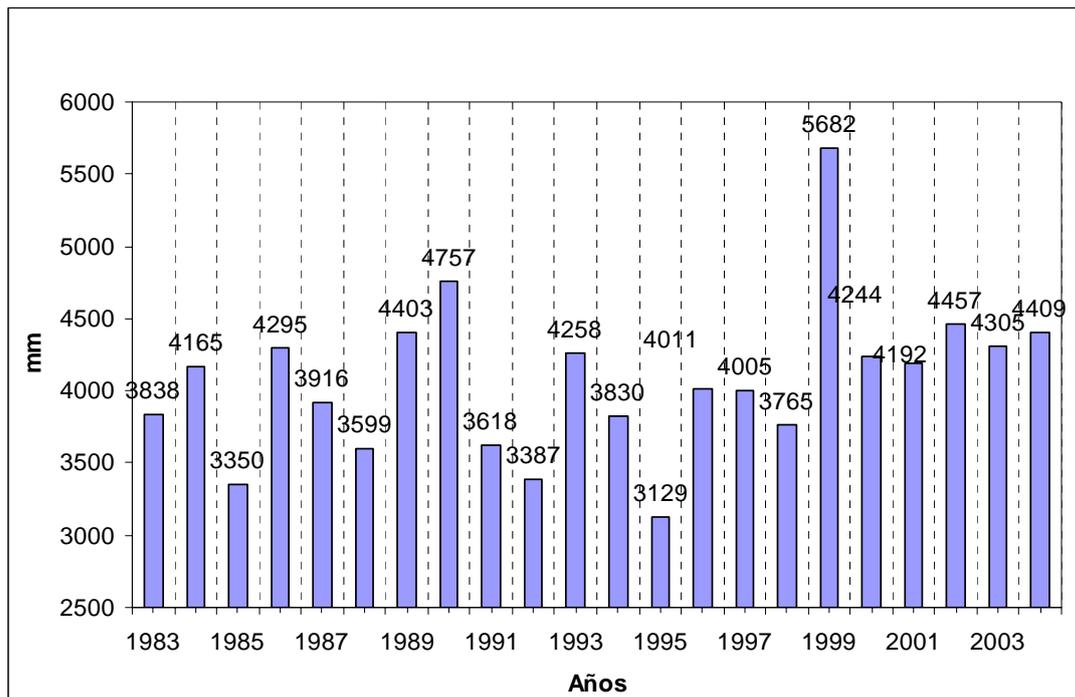
Fecha	Puestos de control fijo	Cantidad	Género	Especie	
enero-diciembre/2003	Baeza	1	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>	
		18	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		35	Otras sp.		
	Mera	16	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		11	Otras sp.		
	Loja Zamora	1	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		3	Otras sp.		
	Morona Santiago	1	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		3	Otras sp.		
	enero-diciembre/2004	Baeza	3	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>
			7	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>
			70	Otras sp.	
Mera		11	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		18	Otras sp.		
Loja Zamora		5	Otras sp.		
Móvil 5		1	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>	
Móvil 4, 5, 6		3	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
enero-diciembre/2005	Baeza	4	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>	
		28	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		121	Otras sp.		
	Mera	2	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		7	Otras sp.		
	Otros	7	Otras sp.		
enero-julio/2006	Baeza	1	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>	
		5	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		27	Otras sp.		
	Mera	2	<i>Aratinga</i>	<i>weddellii</i>	
		3	<i>Pionus</i>	<i>menstruus</i>	
		5	Otras sp.		
	Otros	26	Otras sp.		
	Total		445		

Fuente: Base de Datos Vigilancia Verde, Movilización de Fauna, Ministerio del Ambiente, 2004 – 2006.

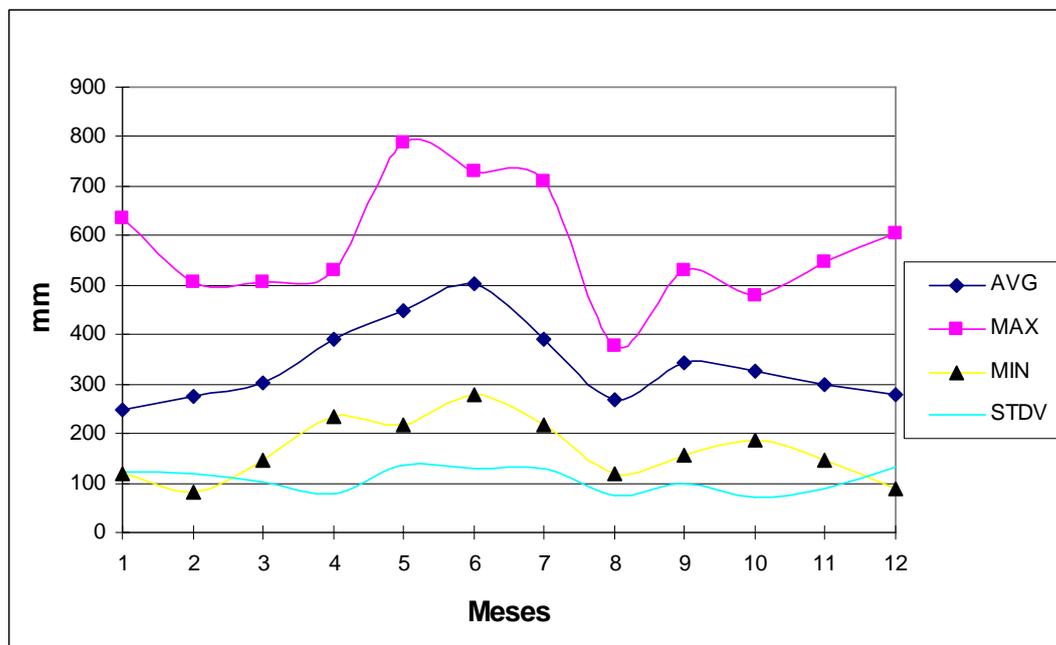
Anexo 2. Resumen de información dada por varios autores sobre determinados parámetros de producción de varios psitácidos.

Especie	Precio (\$)	Largo (cm)	Peso (gr)	Esperanza de vida (años)	Madurez sexual (años)	Vida útil reproductiva (años)	Época reproductiva	Huevos (n)	Nidadas/año (n)	Autor	Fecha
<i>A.weddellii</i>	180	28					Feb-Mayo; desde Julio (Bolivia y Colombia)	3-5	hasta 3	www.arndt-verlag.com/conures.htm	30/ag/05
<i>A.weddellii</i>		28	90-120	20-25	2-3					www.birdieboutique.com/duskyconures.html	30/ag/05
<i>A.weddellii</i>			90							www.avianweb.com/AverageBirdWeights.htm	30/ag/05
<i>A.weddellii</i>		30								Coborn, 1991	
<i>A.weddellii</i>		28					Primavera (Europa) durante el verano	3-4 (7)	hasta 3	Robiller, 1990	
<i>A.weddellii</i>							Primavera/verano (Europa)	2-6	2	Alderton, 1992	
<i>Aratinga spp.</i>							Primavera/verano	2-8 / 2-6		Reinschmidt, 2000	
<i>Aratinga spp.</i>					2-3					Gismondi, 1994	
<i>Aratinga spp.</i>		23-53		10-35	1-3					Gallerstein, 1994	
<i>Aratinga spp.</i>		24-42			1.5-2 ó 3-4		Primavera (Europa)	3-4 (7)	2 +	Robiller, 1990	
<i>Aratinga spp.</i>		18-36						2-6		Coborn, 1991	
<i>Aratinga spp.</i>		25-33		20				3-4		Alderton, 1993	
<i>Aratinga spp.</i>				25						www.concentric.net/~conure/conure.shtml#lifespan	05/Oct/05
<i>Aratinga spp.</i>				20 +						www.parrot-behaviour.info/library/faq.html	30/ag/05
<i>Aratinga spp.</i>				15-20						www.birdcagesgalore.com/index_008.htm	30/ag/05
<i>A.s.solstitialis</i>			100-120							Reinschmidt, 2000	
<i>A.s.solstitialis</i>		30	100-130	25						www.petbirdbreeder.com/sunconure.htm	30/ag/05
<i>A.s.solstitialis</i>	450	30	100-130	25						www.wfvavian.com/content/species	30/ag/05
<i>A.s.solstitialis</i>	300									www.petbirdbreeder.com/prices.htm	30/ag/05
<i>A.s.solstitialis</i>				15						Alderton, 1997	
<i>A.cyanogenus</i>		36	115-130	25-30	2-3					www.birdieboutique.com/blueconcon.html	30/ag/05
<i>A.acuticaudata</i>		36-38		30-40				3-4	hasta 3	www.conure.org/general_info.htm	30/ag/05
<i>A.acuticaudata</i>	475	36	150-180	30-40						www.wfvavian.com/content/species	30/ag/05
<i>A.leucopthalmus</i>		30-33		12-18						http://boneware.com/Nursery	30/ag/05
<i>Pyrrhura molinae</i>		25	75-90	10-15	1-2					http://birdieboutique.com/greencon.html	30/ag/05
<i>Pyrrhura molinae</i>		24	90	15-25				4-8		http://boneware.com/Nursery	30/ag/05
<i>Amazona agilis / A.collaria</i>						10-15	Fin Marzo y principios Abril			KOENIG, S., 1998. Jamaica Parrot Project. www.cockpitcountry.com/jppreport.html	30/ag/05

Anexo 3. Foto aérea hacienda



Anexo 4 a. Precipitación anual registrada en la Hacienda Johanna, Tena, Napo, Ecuador (1983-2004).



Anexo 4 b. Precipitación promedio mensual registrada en la Hacienda Johanna, Tena, Napo, Ecuador (1983-2004).

Anexo 5. Foto aviario

Anexo 6. Foto jaulas



Anexo 7. Foto voladera



Anexo 8: Distribución de la productividad de la codorniz (*Coturnix coturnix*) expresada en el número de huevos puestos en función de la edad, tanto en el primero como en el segundo periodo de postura. *En el duodécimo mes se produce una muda forzada para imitar el proceso de incubación (culequera) e incentivar a las codornices al inicio de un segundo periodo de postura productiva.

Producción de huevos codorniz (<i>Coturnix coturnix</i>)			
Primer periodo de postura		Segundo periodo de postura	
Edad	% productividad	Edad	% productividad
3ra. Semana	80%	12 meses	80%
3 meses	90%	13 meses	80%
4 meses	90%	14 meses	80%
5 meses	90%	15 meses	80%
6 meses	70%	16 meses	80%
7 meses	60%	17 meses	80%
8 meses		18 meses	80%
9 meses		19 meses	80%
10 meses		20 meses	60%
11 meses			
12 meses *	60%		

Fuente: Programa de Reproducción de Codornices, Granja María Elena, Tanda, Quito, Ecuador (Dr. Eduardo Uzcátegui, com. pers.).

Anexo 9. Tasa de eclosión por nacimiento registrada tanto en el primero como en el segundo periodo de postura de la codorniz (*Coturnix coturnix*). *El segundo nacimiento ocurre al segundo día y los polluelos que nacen son más débiles.

Eclosión de huevos codorniz (<i>Coturnix coturnix</i>)			
Primer periodo de postura		Segundo periodo de postura	
No. nacimientos	% fertilidad	Edad	% fertilidad
1er. nacimiento	85%	1er. Nacimiento	80%
2do. Nacimiento *	10-12%		

Fuente: Programa de Reproducción de Codornices, Granja María Elena, Tanda, Quito, Ecuador (Dr. Eduardo Uzcátegui, com. pers.).

Anexo 10. Costos de construcción de jaulas y voladeras requeridas dentro del proyecto productivo de *Aratinga weddellii*.

Materiales	V.unitario (\$)	Jaula (0.5 m2)		Voladera (6 m2)	
		Cantidad	Costo (\$)	Cantidad	Costo (\$)
Rollo malla electrosoldada (c/m lineal) (30 m L x 0.5 m Ach)	1.833	5	9.17	19	34.827
Piso de cemento (c/ m2)	15		0.00	5.4	81
Pared de bloque (c/m2)	5		0.00	15.5	77.5
Tubos galvanizados 6m largo (c/m)	15		0.00	3	45
Zinc (m2)	5		0.00	1	5
Madera para nidos (c/m)	0.9	2	1.80	6	5.4
Total			10.97		248.727
Mano de Obra			10.97		248.727
Costo de construcción por unidad			21.93		497.454

Anexo 11. Costo de manutención de las 20 parejas reproductoras de *Aratinga weddellii* (\$). * Los costos adicionales de la época reproductiva son calculados en función de los dos periodos reproductivos presentes durante el año (continúa siguiente página).

Descripción	Presentación	Peso (g)	Precio (\$)	V.unitario (\$/g)	Porción día (g)	Cto.día (\$)	Días (n)	Cto.mes (\$)
Ingredientes dieta								
Maní	Funda	500	0.76	0.00152	100	0.152	30	4.56
Trigo	Quintal	45000	18	0.0004	100	0.04	30	1.20
Arroz Integral	Funda	2000	1.6	0.0008	100	0.08	30	2.40
Fréjol	Funda	500	0.73	0.00146	50	0.073	30	2.19
Maíz	Quintal	45000	10	0.0002222	100	0.022	30	0.67
Avena forrajera c/cáscara	Quintal	45000	15	0.0003333	100	0.033	30	1.00
Balanceado 400	Saco	40000	28	0.0007	350	0.245	30	7.35
Quinoa	Funda	500	0.79	0.00158	100	0.158	30	4.74
Plátano (oritos) cabeza grd.	Cabeza	5000	1.2	0.00024	400	0.096	30	2.88
Guayaba/Papaya	Unidad	500	1	0.002	300	0.6	30	18.00
Zanahoria	Libra	454	0.2	0.0004405	300	0.13216	30	3.96
							Total	48.95
Medicinas (200 ml agua/loro/día)								
Cloro (2.5 ml/20 l agua) (10 ltr/día/40 loritos)	Frasco	2000	2.16	0.00108	1.25	0.00135	30	0.04
Vitaminas (Avisol- 1g/2 l agua) (10 ltr/día/40 loritos)	Sobre	500	8.45	0.0169	5	0.0845	8	0.68
Antiparasitario (Piperazina 1g/1 l agua) (10 l/día/40 loritos)	Sobre	200	4.6	0.023	10	0.23	1	0.23
Minerales (1 bloque/20 loritos)	Unidad	1	0.15	0.15	0.05	0.0075	30	0.23
							Total	1.17
Costos adicionales (época reproductiva) *								
Huevos duros (10 g/pareja/día)	Unidad	50	0.1	0.002	200	0.4	30	12
Aserrín (20 g/nido)	Saco	12500	3	0.00024	400	0.096	1	0.096
								12.096
							Total	2.02

Anexo 11 (continuación de la página anterior). Costo de manutención de las 20 parejas reproductoras de *Aratinga weddellii* (\$). * Los costos adicionales de la época reproductiva son calculados en función de los dos periodos reproductivos presentes durante el año.

Mano de Obra (4 h/d de trabajo)			Cto. Diario	Cto. Hora	h/d/loro		# días	Cto. Mes
Sueldos	Mensual	\$ 222	7.41	0.93	4		30	111.21
Alimentación (desayuno y almuerzo)	Mensual	90	3	0.375	4		30	45
							Total	156.21
Servicios básicos	vatios	\$/kw	h/luz/d/vol	w/vol	# w/h/d	# días	kw/h/m	\$/mes
Luz eléctrica (10 centavos/c kw)	40	0.1	5	80	400	30	12000	1.2
Agua (consumo eléctrico bomba 400 w)	400	0.1	0.5	800	400	30	12000	1.2
							Total	2.4
Costo manutención mensual	211							
Costo manutención mensual por individuo	5.27							
Costo manutención anual	2529							
Costo Manutención por individuo	63							

Anexo 12. Depreciación a 10 años del valor de la inversión del proyecto productivo (jaulas, voladeras y adquisición de reproductores) con una población de 20 parejas de *Aratinga weddellii* (\$). *La depreciación a 10 años equivale tanto a la vida útil de las instalaciones (jaulas y voladeras) como a la vida útil reproductiva en cautiverio de los reproductores.

Descripción	Unidades	V. unitario	V. total	Depreciación*	
				Anual	Mensual
Infraestructura		\$	\$	\$	\$
Jaulas	20	21.93	438.6	43.86	3.66
Voladeras (2 bodegas y 2 voladeras)	4	497.45	1989.80	198.98	16.58
Total			2428.40	242.84	20.24
Reproductores					
Costo adquisición reproductores	40	126.45	5058.0	505.80	42.15
Inversión total		7486.40			
Depreciación mensual total		62.39			
Depreciación anual total		748.64			

Anexo 13. Costos variables de manutención de la población de *Aratinga weddellii* (reproductores y crías) durante el primer año del proyecto (continúa siguiente página).

		Cantidad dieta (g/día/individuo)								
		No. Ind.	gr/ind.	mezcla	Semillas	Frutas				
		T.								
		Reproductores	40	50	2000	1000	1000			
		Crías	1	50	50	25	25			
		Total	41		2050	1025	1025			
Descripción	Presentación	Peso (g)	Precio (\$)	V.unitario (\$/g)	Composición Dieta		Costos			
					%	gr/día	\$/día	días (n)	\$/mes	
Ingredientes dieta										
Maní	Funda	500	0.76	0.00152	10%	103	0.16	30	4.67	
Trigo	Quintal	45000	18	0.0004	10%	103	0.04	30	1.23	
Arroz Integral	Funda	2000	1.6	0.0008	10%	103	0.08	30	2.46	
Fréjol	Funda	500	0.73	0.00146	5%	51	0.07	30	2.24	
Maíz	Quintal	45000	10	0.00022	10%	103	0.02	30	0.68	
Avena forrajera c/cáscara	Quintal	45000	15	0.00033	10%	103	0.03	30	1.03	
Balanceado 400	Saco	40000	28	0.0007	35%	359	0.25	30	7.53	
Quinoa	Funda	500	0.79	0.00158	10%	103	0.16	30	4.86	
Plátano (oritos) cabeza grd.	Cabeza	5000	1.2	0.00024	40%	410	0.10	30	2.95	
Guayaba/Papaya	Unidad	500	1	0.002	30%	307.5	0.62	30	18.45	
Zanahoria	Libra	454	0.2	0.00044	30%	307.5	0.14	30	4.06	
									Total	50.18
Medicinas (200 ml agua/loro/día)										
Cloro (2.5 ml/20 l agua) (1/4 ltr/día/lorito)	Frasco	2000	2.16	0.00108	0.0313	1.2833	0.0014	30	0.04	
Vitaminas (Avisol- 1g/2 l agua) (1/4 ltr/día/lorito)	Sobre	500	8.45	0.0169	0.1250	5.125	0.0866	8	0.69	
Antiparasitario (Piperazina 1g/1 l agua) (1/4 l/día/lorito)	Sobre	200	4.6	0.023	0.25	10.25	0.2358	1	0.24	
Minerales (1 bloque/20 loritos)	Unidad	1	0.15	0.15	0.05	2.05	0.3075	1	0.31	
									Total	1.28

Anexo 13 (continuación de la página anterior). Costos variables de manutención de la población de *Aratinga weddellii* (reproductores y crías) durante el primer año del proyecto.

Costos adicionales (época reproductiva)					gr/repr.				
Huevos duros (5 g/reproductor/día)	Unidad	50	0.1	0.002	5	200	0.4	30	12
Aserrín (20 g/nido)	Saco	12500	3	0.00024	10	400	0.096	1	0.096
								Total	2.02
Mano de Obra (4 h/d de trabajo)		sueldo	\$/día	\$/hora	h/d/loro			# días	Cto. Mes
Sueldos	Mensual	222	7.40	0.93	4			30	111
Alimentación (desayuno y almuerzo)	Mensual	90	3	0.38	4			30	45
								Total	156
Servicios básicos		vatios	\$/kw	h/luz/d/vol	w/vol	# w/h/d	# días	kw/h/m	\$/mes
Luz eléctrica (10 centavos/c kw)	kw	40	0.1	5	80	400	30	12000	1.2
Agua (consumo eléctrico bomba 400 w)	kw	400	0.1	0.5	800	400	30	12000	1.2
								Total	2.4
Costo manutención mensual	211.87								
Costo manutención mensual por individuo	5.17								
Costo manutención anual	2542								
Costo Manutención anual por individuo	62								