

## EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y ECONÓMICA DE DOS CRIADEROS DE VENADO COLA BLANCA EN CAUTIVERIO<sup>11</sup>

### [NUTRITIONAL AND ECONOMICAL EVALUATION OF TWO FARMS FOR WHITE TAILED DEER IN CAPTIVITY]

Diana Patricia Urbina-Flores<sup>1§</sup>, Carlos Gómez-Medina<sup>2</sup>, Oscar Villarreal-EspinoBarros<sup>4</sup>, German David Mendoza-Martínez<sup>1</sup>, Fernando X. Plata-Pérez<sup>1</sup>, José Antonio Martínez-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Doctorado en Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. <sup>2</sup>Bienestar Animal. Parque Ecológico Zacango. Comisión Estatal de Parques Naturales y de la Fauna. Estado de México. <sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. <sup>4</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: (dian.urbina.flores@gmail.com).

#### RESUMEN

La alimentación representa uno de los porcentajes más altos de los costos de operación; Sin embargo, el análisis económico permite evaluar la sustentabilidad de un sistema de producción. Los objetivos del trabajo fueron: comparar dos sistemas de alimentación para venado cola blanca, realizando un diagnóstico nutricional y un análisis económico. El trabajo se realizó en las Unidades de Manejo animal para la conservación de la vida silvestre (Sierra Morelos y el Ocotál), localizadas en el Estado de México y caracterizadas por tener una alimentación con un diferente número de ingredientes y costo. Se determinó el valor económico de la ración, el consumo de materia seca (MS), energía metabolizable (EM), la energía neta de mantenimiento (ENm) y la proteína metabolizable (PM), Ca y P. Para el balance energético proteínico se estimó el gasto de EM, ENm y PM, se compararon los gastos de alimentación diarios y totales para determinar el retorno económico. Los resultados muestran que el consumo de MS, (1.049 vs 1.002) EM (2.83 vs 2.63) y PM (137.10 vs 136.0) fue similar ( $p>0.05$ ) y no hay cambios significativos en la condición corporal entre tratamientos ( $p>0.05$ ), por lo que, los egresos económicos del sistema Sierra Morelos son menores.

**Palabras clave:** *Odocoileus virginianus*, condición corporal, nutrición animal.

#### ABSTRACT

Food represents one of the highest percentages of operating costs; however, the economic analysis makes it possible to evaluate the sustainability of a production system. The objectives of the work were: to compare two feeding systems for white-tailed deer, carrying out a nutritional diagnosis and an economic analysis. The work was carried out in the Animal Management Units for the conservation of wildlife (Sierra Morelos and Ocotál), located in the State of Mexico and characterized by having a diet with a different number of ingredients and cost. The economic value of the ration, the consumption of dry matter (DM), metabolizable energy (EM), the net maintenance energy (ENm), and the metabolizable protein (PM), Ca, and P were determined. For the protein-energy balance, estimated the expenditure of ME, ENm, and PM, the daily and total food expenses were compared to determine the economic return. The results show that the DM feed intake, (1.049 vs 1.002) EM (2.83 vs 2.63) and PM (137.10 vs 136.0) were similar ( $p>0.05$ ) and there are no significant changes in body condition between treatments ( $p>0.05$ ) Therefore, the economic expenses of the Sierra Morelos system are lower.

**Key words:** *Odocoileus virginianus*, corporal condition, animal nutrition.

---

<sup>11</sup> Recibido: 4 de junio de 2021

Aceptado: 12 de noviembre de 2021

## INTRODUCCIÓN

El manejo de la alimentación para el desarrollo óptimo de herbívoros silvestres en cautiverio es una tarea compleja, que debe de considerar aspectos fundamentales, el consumo, los requerimientos nutricionales, la salud, y el manejo (Crissey, 2015). Por lo que, la formulación de dietas y su posterior evaluación nutricional, permite identificar deficiencias que de lo contrario ocasionan enfermedades, y así sostener la vida y la salud, puesto que una dieta integral resulta generalmente en una buena condición corporal y reproducción (Dierenfeld, 1997; Fidgett, y Plowman, 2009). El ajustar una dieta a las particularidades ambientales y económicas de un área, garantiza la viabilidad económica y permite solventar los requerimientos nutricionales, sin que los costos excedan los ingresos (Townsend, 2009).

Por otro lado, la oferta de muchos alimentos favorece el consumo selectivo de los mismos y puede volver incompleto el aporte de nutrientes (Crissey 2005). Adicionalmente, la cantidad de alimentos ofrecidos a los animales determina el costo de la dieta y el aumento de los ingredientes de una ración modifica la viabilidad económica del sistema. Por lo que, los objetivos de este trabajo fueron comparar dos sistemas de alimentación en venados cola blanca (*Odocoileus virginianus*) uno basado en una dieta elaborada con seis ingredientes y otra basada en solo dos ingredientes, mediante un diagnóstico nutricional y un análisis económico para determinar cuál sistema garantiza el mayor retorno económico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos parques estatales del Estado de México, ubicados en diferentes localidades, San Andrés Timilpan y Toluca de Lerdo. En el parque estatal El Ocotil, la altitud es de 2,759 m, clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg), precipitación media anual de 800 mm, la temperatura fluctúa de 6 a 16 °C (Rzedowski y Fryxell, 1982; INAFED 2010). El área de actividad de los venados es de 4,903 m<sup>2</sup> y ahí prevalece el pastizal. La segunda localidad fue parque estatal Sierra Morelos, el cual posee una altitud entre 2,400 a 3,000 m; clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano (Cwbg), precipitación media anual varía de 800 a 1,500 mm, la temperatura fluctúa de 4 a 14 °C (Rzedowski y Fryxell, 1982; INAFED 2010). En ambos sitios está disponible un área para comederos y agua *ad libitum*, sin embargo, los animales no coexisten con otras especies dentro del encierro.

La población de estudio comprendió dos grupos subespecies de venados cola blanca (*Ov. mexicanus* y *texanus*), con diferentes estructuras de población y un peso promedio grupal, en el parque El Ocotil 41.92 ± 7.79 kg y en el parque Sierra Morelos 37.69 ± 4.15 kg. El ensayo tuvo una duración de 60 días, y 10 días de adaptación. En el cuadro 1 se presentan las dietas que fueron suministradas en cada sitio. Las dietas solo se ofrecían una vez al día *ad libitum*. Se determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), calcio (Ca), fósforo (P) (AOAC, 1990), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) (Van Soest *et al.*, 1991) de la dieta.

El consumo de materia seca (CMS) se determinó como la diferencia entre lo ofrecido y lo rechazado en materia seca diariamente. Se realizó un balance energético y proteico; con base al consumo de materia seca se estimó el consumo de proteína cruda (PC), energía metabolizable (EM) y energía neta de mantenimiento (ENm). La concentración de EM y ENm se determinaron a partir de la composición proximal y la DAMS. La estimación de los requerimientos de energía neta de mantenimiento (ENm) y proteína metabolizable (PM) para venados maduros, se realizó con siguiendo las recomendaciones del NRC (2007).

Se evaluaron los cambios en la condición corporal con la metodología de puntaje de condición corporal de pequeños rumiantes (Thompson y Meyer, 1994), además de los costos financieros de la alimentación: el costo de alimentación diario, las pérdidas por rechazo, y los egresos por animal en US dólares (USDA-ERS, 2012). El análisis estadístico se realizó utilizando un modelo completamente al azar con 15 repeticiones por tratamiento y utilizando los valores de la digestibilidad previa a la colocación de los bloques como

covariable. Tanto los ANDEVAS como las pruebas de medias y la estimación del intercepto y la pendiente de cambio fueron realizados con el programa JMP 8.0 de SAS (2008).

**Cuadro 1.** Composición nutricional de las dietas utilizadas en dos albergues de venado cola blanca en México.

Ingrediente	El Ocotil	Sierra Morelos	EEM
Alfalfa	51.67	65.64	1.17
Concentrado comercial	42.63	34.10	0.1.07
Zanahoria	0.802	-	0.015
Manzana	1.20	-	0.02
Minelaza	3.64	-	0.069
Suplemento	0.038	0.245	0.072
Costo alimento por Kg, US\$	0.38	0.28	0.003
Composición nutricional			
MS, %	80.34	89.88	0.199
PC, %	19.66	20.70	0.082
FDN, %	54.15	56.50	0.397
EE, %	2.63	2.8	0.018
Ca, %	3.83	3.28	0.010
P, %	0.71	0.58	0.007
Na, %	0.240	0.30	0.04
K, %	1.30	1.36	0.030
DAMS, %	72.40	70.49	2.64
ED, Mcal/Kg	3.27	3.18	0.119
EM, Mcal/Kg	2.68	2.61	0.098
ENm, Mcal/Kg	1.88	1.83	0.068
PM, g/kg	130.11	135.56	1.94

DAMS: Digestibilidad aparente de la MS, ED: Energía digestible, EM: Energía metabolizable, ENm: Energía neta de mantenimiento, PM: Proteína metabolizable, EEM: Error estándar de la media.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dietas

Las concentraciones de nutrientes y el costo de las dietas evaluadas se encuentran en el Cuadro 1. Se puede observar que, a excepción de la humedad, las concentraciones de nutrientes en ambas dietas no cambian en más del dos por ciento, y la diferencia entre el costo de las dietas representa más de diez centavos (US dólar). Sin embargo, la formulación de raciones con una gran cantidad de ingredientes está basada en recomendaciones puntuales para el manejo de la alimentación de animales en cautiverio. Estas recomendaciones sugieren que “Los alimentos deben presentarse en forma y frecuencia acordes a los requerimientos nutricionales y el comportamiento natural de la especie” (Fidgett y Plowman, 2009). En otras especies, (*Cervus elaphus*), este tipo de dietas aumentan la ingesta de especies de vegetación leñosa que permiten complementar la composición nutricional de la dieta (Miranda *et al.*, 2015). Por tanto, es probable que estos animales tengan una alimentación más equilibrada.

La concentración de PC en las raciones supera los niveles recomendados por el NRC (2007), para mantenimiento (9% PC), inclusive los porcentajes de PC en las dietas son suficientes para cubrir los requerimientos de N en épocas reproductivas y garantizan el adecuado estado de salud de hembras gestantes (16%) y el desarrollo de astas en machos maduros (11-18%). La inclusión de concentrado en la dieta hace que tanto la DAMS como los valores energéticos de las mismas se eleven. Sin embargo, el aporte de PM es

discretamente más alto en la dieta que no incluye frutos.

En la dieta con más componentes, estos no representan una pauta para diferenciar los aportes nutricionales, siendo así que los macronutrientes proteína, fibra y grasa, no muestran diferencias entre tratamientos, en cambio, en los aportes minerales sí hay diferencias, siendo mayores en el parque Ocotál, se provee más Ca y P. Es importante señalar que no obstante es menor el aporte de minerales en el Sierra Morelos, se cubren los requerimientos de mantenimiento diario para venados maduros en invierno (NRC, 2007), aspecto que toma relevancia porque ambos minerales son componentes estructurales del esqueleto y formación de las astas, que de no ser cubiertos estos requerimientos minerales, podría deteriorar la salud en general; en específico la deficiencia de fósforo afecta la salud de la microbiota ruminal (Brown y Cooper, 2006; Ramírez-Lozano *et al.*, 2010), afecta la reproducción y disminuye el apetito (Coates, 1994; Herd y Hooff, 2011).

### Consumo y digestibilidad

Los consumos registrados en este estudio son superiores a los definidos en el NRC (2007) (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Balance nutricional del alimento consumido en dos albergues de venado cola blanca en México.

Variable	El Ocotál	Sierra Morelos	EEM	p=
PV, Kg	41.92	37.69	1.80	0.11
MS, Kg consumida	1.049	1.002	0.027	0.248
MS, Kg requerida*	0.908	0.860	0.041	0.413
Diferencia	0.14	0.142	0.049	0.981
PM, g/día consumida	137.10	136.47	5.71	0.93
PM, g/día requerida*	30.62	27.53	1.317	0.119
Diferencia	106.48	108.94	5.93	0.772
EM, Mcal/kg consumida	2.83	2.63	0.148	0.363
EM, Mcal/kg requerida*	2.13	1.97	0.069	0.115
Diferencia	0.69	0.66	0.164	0.8821
ENm, Mcal/día consumida	1.98	1.84	0.103	0.363
ENm, Mcal/día requerida*	2.05	1.89	0.066	0.115
Diferencia	-0.07	-0.05	0.124	0.921
Ca g/día consumidos	40.23	32.88	1.071	<0.0001
Ca g/día requeridos	1.95	1.87	0.052	0.287
Diferencia	38.28	31.00	1.072	<0.0001
P g/día consumidos	7.40	5.76	0.097	<0.0001
P g/día requeridos	1.46	1.34	0.055	0.143
Diferencia	5.93	4.42	0.115	<0.0001

PV: Peso vivo, PM: Proteína metabolizable consumida, EM: Energía metabolizable, ENm: Energía neta de mantenimiento; Ca: Calcio; P: Fósforo. EEM: Error estándar de la media. t student, P=95%,  $\alpha=0.05$ . \*NRC 2007 Pequeños rumiantes.

Dichos resultados muestran que los animales consumen suficiente MS para cubrir sus necesidades con base al peso corporal. Los reportes sobre la cantidad de materia seca y los nutrientes que se consumen son de utilidad para la formulación de dietas en animales (Crysey, 2005; Plata *et al.*, 2009; Villarreal Espino-Barros, 2011).

### **Balance energético y proteico**

El balance nutricional se refiere a como los animales alteran su consumo de alimento para alcanzar una meta nutricional específica seleccionando de forma balanceada y complementaria sus alimentos (Felton *et al.*, 2017). El balance nutricional expresado como la diferencia entre los nutrientes consumidos y los recomendados por el NRC (2007) se muestra en el cuadro 2. En dicho cuadro se muestra que los requerimientos de mantenimiento son aparentemente mayores a con los que el animal cubre con su dieta, sin embargo, en el cuadro 3 se muestra que la condición corporal mejora a lo largo del experimento. Lo anterior sugiere que los requerimientos de mantenimiento son menores a los predichos por el NRC (2007); y se ajustan más adecuadamente a los mismos utilizando el modelo ecológico de Moen (1978). El cálculo de estos utilizando este modelo muestra que los requerimientos durante los primeros tres meses del ensayo son menores a los que el animal obtiene por la ingesta de la dieta y ocasionan un balance positivo con retención de energía lo cual puede explicar el aumento de la condición corporal.

El balance de proteína metabolizable se realizó con base a Burroughs *et al.* (1974), que consideran que la síntesis de proteína microbiana es la fuente del 60-80% de aminoácidos que llegan al intestino (Van der Walt y Meyer, 1988), con los aportes de la dieta se encuentran blindados los requerimientos para otras etapas fisiológicas como la gestación, crianza y lactancia. Los niveles de proteína en la dieta también se relacionan en gran medida, con el alto consumo de hojas de leguminosa con alto porcentaje de proteína cruda (Pedroza *et al.*, 2010).

### **Cambios en condición corporal**

El cambio en la condición corporal después de la aplicación de los tratamientos (Cuadro 3). Para evaluar el cambio en la condición corporal de los venados se utilizó como covariable el peso corporal estimado inicialmente, ya que, las comparaciones entre las ingestas de diferentes grupos se hacen mejor sobre la base del peso corporal total del grupo, en lugar de los pesos de cada miembro del grupo (Fidgett, y Plowman, 2009). No se encontraron diferencias significativas entre sitios en el cambio de condición corporal concordando con el balance energético, ya que, se estima que no hay abundancia de energía para lograr ganancia que a su vez sea observable en un aumento en la condición corporal.

Con base a estudios sobre el puntaje de condición corporal, sugieren que la diferencia entre una unidad de puntaje equivale en promedio al 13% del peso vivo en pequeños rumiantes destinados a la producción (Thompson y Meyer, 1994); sin embargo, en ungulados silvestres como el venado cola blanca es importante considerar que el mantenimiento y ganancia de peso se relacionada al gasto energético, la edad, las temporadas del año y las condiciones propias del individuo (Gallina, 2010).

### **Análisis económico**

Para hacer un análisis económico básico dirigido a evaluar la eficacia de la dieta, se debe considerar el estado de los animales, los cambios en peso o condición corporal, los costos de la dieta por periodo, las pérdidas por rechazo, mermas o malas condiciones de almacenamiento y los egresos del periodo (CIMMYT, 1998); todo lo anterior permite dar un uso eficiente a los bienes y tomar decisiones financieras responsables y transparentes (Townsend, 2009). En el presente estudio se estimaron variables para el análisis financiero con base a los costos o egresos por concepto de alimentación (Cuadro 3). Existen diferencias significativas en los costos de la dieta ( $p < 0.0001$ ), debido a la presencia de algunos componentes en una de las dietas que encarecen el costo, como la fruta, verdura y minelasa; sin embargo, estos no contribuyen a una diferenciación en los aportes nutricionales. Además, los costos de alimentación por animal por día, los costos de alimentación total por el periodo, las pérdidas por rechazo y el costo total por concepto de alimentación se incrementan de manera preponderante en El Ocotal, siendo al menos 50% mayores.

**Cuadro 3.** Consumo, cambios en la composición corporal y análisis económico del alimento consumido en

dos albergues de venado cola blanca en México.

Variable	El Ocotil	Sierra Morelos	EEM	Nivel de P
Consumo BH, kg/día	1.30	1.115	0.03	0.0002
Consumo MS, kg/día	1.049	1.002	0.027	0.248
Condición corporal inicial	2.66	2.91	0.1080	0.116
Condición corporal final	2.91	3.20	0.09	0.032
Cambio condición corporal	0.25	0.291	0.074	0.697
Costo de alimento consumido, kg/animal/día, US\$	0.493	0.312	0.006	<0.0001
Costo de alimentación, kg/animal/periodo, US\$	29.64	18.76	0.395	<0.0001
Pérdida por rechazo, animal/periodo, US\$	7.7	4.9	0.456	0.0003
Costos financieros totales, US\$	35.60	23.63	0.354	<0.0001
Costo de dieta consumida anual, US\$	180	114	2.40	<0.0001
Costo de rechazo anual, US\$	46.92	30.22	2.77	0.0003
Rentabilidad B/C	0.007	0.012	0.002	0.180

BH: Base húmeda, MS: Materia seca, B/C: Relación beneficio-costo, EEM: Error estándar de la media. Unidad US\$/día equivalente a tipo de cambio de \$19.99 MXN.

La baja rentabilidad de la relación beneficio-costo demuestra que no existe viabilidad financiera en los tratamientos, esto se debe básicamente a los altos egresos en alimentación. Una opción viable para reducir los costos es la de aumentar el consumo de insumos de oportunidad que provee el hábitat *per se*, procurando que la utilización de los recursos disponibles sea encaminada a la sustentabilidad financiera.

### CONCLUSIONES

El uso de dietas complejas con inclusión de ingredientes frutales o vegetales con gran cantidad de agua incrementa los costos de alimentación, pero no tiene un beneficio significativo ni en la condición corporal ni en el balance nutricional de los animales en cautiverio.

### LITERATURA CITADA

- Brown, R. D. and S.M. Cooper. 2006. The nutritional, ecological, and ethical arguments against baiting and feeding white-tailed deer. *Wildlife Society Bulletin*, 34(2), 519–524.
- Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 1988. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Un manual metodológico de evaluación económica. México DF. 80 p.
- Coates, D.B. 1994. The effect of phosphorus as fertiliser or supplement on pasture and cattle productivity in the semi-arid tropics of north Queensland. *Tropical Grasslands*, 28, 90-108.
- Felton, A.M., A. Felton, J.P.G.M. Cromsigt, L. Edenius, J. Malmsten, and H.K. Wam. 2017. Interactions between ungulates, forests, and supplementary feeding: the role of nutritional balancing in determining outcomes. *Mammal Research*, 62(1), 1–7.
- Fidgett, A. L. and A. Plowman. 2009. Zoo research guidelines: Nutrition and diet evaluation. BIAZA, London, UK. 23 p.
- Gallina, S. and J. Bello. 2010. El gasto energético del venado cola blanca (*Odocoileus Virginianus Texanus*) en relación a la precipitación en una zona semiárida de México. *Therya*, 1(1) 9–22.
- Herd, T.H. and B. Hoff. 2011. The use of blood analysis to evaluate trace mineral status in ruminant livestock. *The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice* 27, 255–283.
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo (INAFED). 2010. Estado de México. (Consultado: 19/02/2018) Disponible en:

- <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15018.html>;  
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM15mexico/municipios/15106.html>.
- Miranda, M., I. Cristóbal, L. Díaz, M. Sicilia, E. Molina-Alcaide, J. Bartolomé, Y. Fierro and J. Cassinello. 2015. Ecological effects of game management: Does supplemental feeding affect herbivory pressure on native vegetation? *Wildlife Research*, 42(4), 353–361.
- National Research Council (NCR). 2007. Nutrient requirements of small ruminants. Washington D.C. USA: The National Academies Press.
- Pedroza, S.I.M., A.H. Garay, J.P. Pérez, A.R.Q. Carrillo, J.A.S.E Estrada, J.L.Z Ramírez and O.R. Reynosoc. 2010. Respuesta productiva de la alfalfa a diferentes frecuencias de corte. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, 1(3), 287–296.
- Plata, F.X., S. Ebergeny, J.L. Resendiz, O. Villarreal, R. Bárcena, J.A. Viccon and G.D. Mendoza. 2009. Palatability and chemical composition of feeds ingested in captivity by Yucatan (*Odocoileus virginianus yucatanensis*). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 41, 123–129.
- Ramírez-Lozano, R.G.; H. González-Rodríguez, M.V. Gómez-Meza, I. Cantú-Silva and J.I. Uvalle-Sauceda. 2010. Spatio-temporal variations of macro and trace mineral contents in six native plants consumed by ruminants at northeastern Mexico Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12, 267-281.
- Rzedowski, J. and P. Fryxell. 1982. Vegetación de México. *Taxon*, 31(4), 793.
- Thompson, J. and H. Meyer. 1994. Body condition scoring of sheep. *In Practice*. 6(3)-91-93.
- United States Department of Agriculture-Economic Research Service (USDA-ERS). 2012. Commodity costs and returns. Economic Research Service.
- Van der Walt, J.G. and J.H.F. Meyer. 1988. Protein digestion in ruminants. *South African Tydsk. Veek*, 18(1), 30-41.
- Van-Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10) 3583–3597.
- Villarreal Espino-Barros, O.A., F.X. Plata-Pérez, J.C. Camacho-Ronquillo, J.E. Hernández-Hernández, F.J. Franco-Guerra, B. Aguilar-Ortega and G.D. Mendoza-Martínez. 2011. El venado cola blanca en la mixteca poblana. *Therya*, 2(2), 103–110.
- Burroughs, W., A. Trenkle and R.L. Vetter. 1974. A system of protein evaluation for cattle and sheep involving metabolizable protein (amino acids) and urea fermentation potential of feedstuffs. *Vet. Med./Small Anim. Clinician*. 69:713-722.
- Moen, A. 1978. Seasonal changes in heart rates, activity, metabolism, and forage intake of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 42:715–738.
- Dierenfeld, E.S. 1997. Captive wild animal nutrition: a historical perspective. *Proceedings of the Nutrition Society*, 56(3), 989–999.
- Crissey, S. 2005. The complexity of formulating diets for zoo animals: A matrix. *International Zoo Yearbook*, 39(1), 36–43.
- Townsend, S. 2009. Incorporating sustainable practices for zoos and aquariums: A Triple Bottom Line approach. *International Zoo Yearbook*, 43(1), 53–63.