



Evaluación del enriquecimiento ambiental en tortugas: Impacto en su comportamiento y bienestar

Evaluation of environmental enrichment in turtles: Impact on their behavior and welfares

Avaliação do enriquecimento ambiental em tartarugas: Impacto no seu comportamento e bem-estar

Ana Lucia Piña Paucar 
apina@uagraria.edu.ec

Glenda Angela Llaguno Lazo 
gllaguno@uagraria.edu.ec

Jhonatan Enrique Celleri Vera 
jhonatan.celleri.vera@uagraria.edu.ec

Maria Isabel Maridueña Zavala 
mmariduenaa@uagraria.edu.ec

Shirley Cornejo Lozano 
mmariduenaa@uagraria.edu.ec

Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil, Ecuador

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v9i26.369>

Artículo recibido: 10 de febrero 2025 / Arbitrado: 21 de marzo 2025 / Publicado: 1 de mayo 2025

RESUMEN

El impacto del enriquecimiento ambiental en el comportamiento y bienestar de tortugas en cautiverio en el Centro de Paso de Fauna Silvestre de la Universidad Agraria del Ecuador. El objetivo fue analizar las diferentes estrategias de enriquecimiento físico y alimenticio influyen en la conducta y adaptación de diversas especies de tortugas. La metodología consistió en un diseño experimental longitudinal, observando a 27 tortugas durante tres fases: antes, durante y después de la aplicación de enriquecimientos, registrando variables como alerta, exploración, alimentación, descanso e interacciones sociales mediante etogramas. Los resultados mostraron un aumento significativo en el comportamiento exploratorio durante la fase de enriquecimiento, especialmente en *Trachemys scripta* (34%) y *Chelonoidis carbonaria* (41%). Además, especies como *Kinosternon leucostomum* y *Trachemys scripta* prefirieron camarones congelados (81%). Tras retirar los enriquecimientos, la exploración se mantuvo elevada en algunas especies. Se concluye que el enriquecimiento ambiental mejora la adaptabilidad y reduce el estrés, recomendándose su implementación continua en centros de rescate y rehabilitación.

Palabras clave: Adaptación al cambio climático; Bienestar animal; Comportamiento; Enriquecimiento ambiental; Rehabilitación; Tortugas en cautiverio

ABSTRACT

The impact of environmental enrichment on the behavior and well-being of captive turtles at the Wildlife Transit Center of the Agrarian University of Ecuador. The objective was to analyze how different physical and nutritional enrichment strategies influence the behavior and adaptation of various turtle species. The methodology consisted of a longitudinal experimental design, observing 27 turtles during three phases: before, during, and after the application of enrichments, recording variables such as alertness, exploration, feeding, resting, and social interactions using ethograms. The results showed a significant increase in exploratory behavior during the enrichment phase, especially in *Trachemys scripta* (34%) and *Chelonoidis carbonaria* (41%). Furthermore, species such as *Kinosternon leucostomum* and *Trachemys scripta* preferred frozen shrimp (81%). After the enrichments were removed, exploration remained high in some species. It is concluded that environmental enrichment improves adaptability and reduces stress, and its continued implementation in rescue and rehabilitation centers is recommended.

Key words: Climate change adaptation; Animal welfare; Behavior; Environmental enrichment; Rehabilitation; Captive turtles

RESUMO

O impacto do enriquecimento ambiental no comportamento e bem-estar das tartarugas em cativeiro no Centro de Passagem de Vida Selvagem da Universidade Agrária do Ecuador. O objetivo foi analisar de que forma diferentes estratégias de enriquecimento físico e nutricional influenciam o comportamento e a adaptação de várias espécies de tartarugas. A metodologia consistiu num desenho experimental longitudinal, observando 27 tartarugas durante três fases: antes, durante e depois da aplicação dos enriquecimentos, registrando variáveis como o alerta, a exploração, a alimentação, o repouso e as interações sociais com recurso a etogramas. Os resultados mostraram um aumento significativo do comportamento exploratório durante a fase de enriquecimento, especialmente em *Trachemys scripta* (34%) e *Chelonoidis carbonaria* (41%). Além disso, espécies como *Kinosternon leucostomum* e *Trachemys scripta* preferiram o camarão congelado (81%). Após a remoção dos enriquecimentos, a exploração manteve-se elevada em algumas espécies. Conclui-se que o enriquecimento ambiental melhora a adaptabilidade e reduz o stress, sendo recomendada a sua implementação contínua em centros de resgate e reabilitação.

Palavras-chave: Adaptação às alterações climáticas; Bem-estar animal; Comportamento; Enriquecimento ambiental; Reabilitação; Tartarugas em cativeiro

INTRODUCCIÓN

El bienestar de las tortugas en cautiverio constituye un eje fundamental en los programas de conservación y rehabilitación, ya que su permanencia en ambientes artificiales puede afectar distintos ámbitos de su salud y comportamiento. Este bienestar debe entenderse como un estado integral que abarca dimensiones fisiológicas, conductuales y sanitarias. Desde el punto de vista fisiológico, resulta esencial monitorear parámetros como el crecimiento, la condición corporal, la respuesta inmune y la ausencia de signos de enfermedad o lesiones, ya que el estrés crónico puede debilitar el sistema inmunológico y predisponer a infecciones (1). En el ámbito conductual, es relevante evaluar la expresión de comportamientos naturales como la exploración, la alimentación activa, el descanso adecuado y las interacciones sociales, ya que la presencia de conductas estereotipadas o apatía puede indicar malestar. Finalmente, el bienestar sanitario se relaciona con la prevención de enfermedades transmisibles, el control de parásitos y la provisión de un ambiente higiénico y seguro. La integración de estos tres aspectos permite una evaluación holística del bienestar en tortugas, facilitando la toma de decisiones para optimizar su manejo y rehabilitación (2).

Por lo que, el enriquecimiento ambiental ha demostrado ser una herramienta clave para mejorar la calidad de vida de reptiles en cautiverio,

favoreciendo la expresión de comportamientos naturales y la reducción del estrés (3). En particular, la incorporación de elementos estructurales y estímulos sensoriales contribuye a crear un entorno dinámico que estimula tanto la actividad física como la cognitiva de las tortugas. Estos elementos promueven la exploración, el ejercicio y la interacción con el medio, facilitando la manifestación de conductas típicas de la especie, como la búsqueda de refugio y la alimentación activa (4). En el contexto de Ecuador y América Latina, aunque la investigación sobre enriquecimiento ambiental en tortugas aún está en desarrollo, existen iniciativas que comienzan a reconocer su importancia para la conservación y manejo en centros de rescate y rehabilitación. La implementación de estas estrategias en la región es fundamental para mejorar el bienestar de las tortugas cautivas y apoyar programas efectivos de rehabilitación y posible reintroducción (5).

En Ecuador y América Latina, el tráfico ilegal de fauna silvestre representa una amenaza significativa para la biodiversidad, afectando especialmente a tortugas terrestres y acuáticas. En 2022, se contabilizaron decomisos de aproximadamente 6,800 animales en Ecuador, cifra que se suma a los 63,000 en Brasil y 36,000 en Colombia, con estimaciones regionales que superan los 100,000 individuos afectados anualmente. Ecuador lidera en casos reportados de tráfico y caza furtiva, con más de 950 individuos decomisados en países

andinos durante el primer semestre de 2021, incluyendo reptiles como tortugas e iguanas. La trata ilegal genera ingresos estimados en 3,000 millones de dólares anuales en América Latina, impulsada por redes criminales que operan tanto a nivel nacional como internacional, con destinos en Europa, Asia y Estados Unidos (6).

En respuesta, Ecuador ha desarrollado programas de conservación enfocados en la protección y rehabilitación de especies vulnerables, incluyendo centros de rescate que aplican protocolos de enriquecimiento ambiental para mejorar el bienestar y la adaptabilidad de los animales, facilitando su posible reinserción. A nivel regional, iniciativas como la “Alianza por la Fauna Silvestre y los Bosques” promueven la cooperación entre países andinos para fortalecer la vigilancia, judicialización y conservación de la fauna silvestre. Sin embargo, persisten desafíos en la consolidación de datos y en la implementación efectiva de estrategias integrales que combatan el tráfico ilegal y promuevan la conservación sostenible (7-9).

De ahí que, el entendimiento profundo sobre el papel fundamental del enriquecimiento ambiental en la rehabilitación de tortugas en cautiverio constituye una base científica sólida que respalda su incorporación sistemática en centros de rescate y conservación. La adopción de estas estrategias no solo mejora significativamente el bienestar físico y conductual de los animales durante su estancia en cautiverio, sino que

también potencia su capacidad de adaptación, incrementando las probabilidades de éxito en procesos posteriores de reintroducción a su hábitat natural. Los hallazgos de esta investigación aportan evidencia concreta que subraya la relevancia del enriquecimiento ambiental como herramienta esencial para optimizar la rehabilitación de tortugas, favoreciendo la recuperación de comportamientos naturales y la reducción del estrés. De esta manera, la aplicación adecuada de estas prácticas en centros especializados no solo garantiza una mejor calidad de vida en cautiverio, sino que también fortalece la viabilidad de la reinserción, asegurando una transición más efectiva y sostenible hacia el medio silvestre.

Este trabajo investigativo busca evaluar la efectividad comparativa de estrategias de enriquecimiento ambiental físico y alimenticio en la modulación conductual y procesos adaptativos de especies quelonias bajo cuidado humano en el Centro de Paso de Fauna Silvestre de la Universidad Agraria del Ecuador. Mediante un diseño longitudinal de tres fases (línea base, intervención y post-intervención), se analiza la dinámica comportamental de los individuos mediante etogramas estandarizados, con énfasis en parámetros como actividad exploratoria, interacciones intraespecíficas y patrones de alimentación

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, descriptivo y experimental, empleando un diseño longitudinal de medidas repetidas con grupo control. Este diseño permitió evaluar de manera comparativa y temporal el impacto del enriquecimiento ambiental en tortugas en cautiverio, midiendo cambios conductuales en tres fases: antes, durante y después de la intervención. La inclusión de un grupo control sin enriquecimiento facilitó la diferenciación entre efectos atribuibles al programa aplicado y variaciones naturales en el comportamiento. La recolección de datos se realizó mediante observación sistemática apoyada en etogramas estandarizados, lo que garantizó un análisis detallado y objetivo de las conductas expresadas por los individuos a lo largo del tiempo.

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Paso de la Universidad Agraria del Ecuador (UAE), ubicado en Guayaquil, Ecuador, durante los meses de septiembre y octubre de 2024. Este centro alberga tortugas rescatadas de tráfico ilegal y otras situaciones de vulnerabilidad, proporcionándoles un ambiente controlado mientras se gestiona su reubicación en hábitats definitivos o su posible reintroducción a la naturaleza.

Los recintos donde se alojaron las tortugas cuentan con condiciones ambientales estandarizadas para garantizar su bienestar y minimizar variables externas que puedan afectar

los resultados conductuales. La temperatura se mantuvo en un rango promedio de 26 a 30 °C, adecuado para las especies semiacuáticas y terrestres presentes, replicando las condiciones térmicas de sus hábitats naturales. La humedad relativa se controló entre 60 % y 75 %, favoreciendo la hidratación y la salud dérmica de los reptiles. Los recintos tenían un tamaño variable, con un área mínima de 10 m² para tortugas terrestres y 15 m² para las semiacuáticas, permitiendo espacio suficiente para la exploración y el ejercicio. La iluminación fue natural, complementada con luz artificial que imitaba el ciclo diurno, con un fotoperíodo aproximado de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad, esencial para regular los ritmos circadianos y comportamientos como la termorregulación y la alimentación.

Estas condiciones ambientales y estructurales son fundamentales, ya que factores como la temperatura y la humedad influyen directamente en la actividad metabólica, la movilidad y el comportamiento exploratorio de las tortugas. Asimismo, el tamaño y la complejidad del recinto afectan la expresión de conductas naturales y la interacción social. Por ello, mantener parámetros estables y adecuados contribuye a que los cambios observados durante las fases de enriquecimiento reflejen verdaderamente el efecto de las intervenciones, minimizando el sesgo por condiciones adversas o estresantes. La población del estudio estuvo conformada por 27 tortugas

de diferentes especies alojadas en el centro de paso UAE. La muestra incluyó tanto tortugas semiacuáticas como terrestres, permitiendo una comparación de las respuestas conductuales en distintos tipos de hábitats. Entre las especies incluidas se encontraron *Trachemys scripta elegans*, *Kinosternon leucostomum*, *Chelonoidis carbonaria*, *Chelydra acutirostris*, *Podocnemis expansa*, *Podocnemis unifilis*, *Rhinoclemmys melanosterna* y *Rhinoclemmys annulata*.

Para la selección de los individuos se establecieron criterios de inclusión y exclusión. Se incluyeron todas aquellas tortugas que se encontraban alojadas en el centro de paso durante el período del estudio, que estuvieran clínicamente estables y sin signos de enfermedades graves, y que no estuvieran recibiendo tratamientos farmacológicos que pudieran alterar su comportamiento. Se excluyeron aquellas en estado crítico de salud, con enfermedades avanzadas, con problemas neurológicos que pudieran interferir en el registro del comportamiento o aquellas que se encontraban en cuarentena por enfermedades infecciosas.

La selección de las variables dependientes-estado de alerta, exploración, alimentación, descanso e interacciones sociales-se fundamentó en su relevancia para evaluar integralmente el bienestar y la adaptación de tortugas en cautiverio. Estas variables permiten captar cambios tanto en la dimensión conductual como en la fisiológica,

reflejando el impacto real de los enriquecimientos ambientales sobre la calidad de vida de los animales.

Estado de alerta se eligió porque es un indicador sensible del nivel de estrés y percepción de seguridad en el entorno; un animal excesivamente alerta puede estar experimentando ansiedad, mientras que un descenso adecuado en esta variable sugiere habituación positiva y reducción del estrés.

Exploración es clave para medir la motivación y el interés del animal por su entorno, así como su capacidad de adaptación y aprendizaje; un aumento en la exploración suele asociarse con mayor bienestar y estimulación cognitiva.

Alimentación fue incluida por su importancia directa en la salud y porque la aceptación de nuevos alimentos o formas de presentación es un reflejo de la flexibilidad conductual y del estado emocional del animal.

Descanso se consideró fundamental, ya que el sueño y los periodos de inactividad son esenciales para la recuperación física y mental; alteraciones en los patrones de descanso pueden indicar malestar o estrés.

Interacciones sociales permiten evaluar la capacidad de los individuos para relacionarse con sus congéneres, lo cual es relevante tanto para el bienestar como para la preparación de los animales para una eventual reintegración en grupos sociales en su hábitat natural.

La elección de estas variables responde a criterios ampliamente aceptados en la literatura científica sobre bienestar animal y enriquecimiento ambiental, y han demostrado ser sensibles a cambios en el entorno en estudios previos con reptiles y otros vertebrados Tabla 1

Tabla 1. Definición y evaluación de las variables del estudio.

Variable	Descripción	Tipo de Variable	Unidad de Medida	Método de Evaluación
Estado de alerta	Frecuencia de comportamientos de vigilancia y reacción ante estímulos externos.	Dependiente	Frecuencia (%)	Observación y registro en etogramas.
Exploración	Tiempo dedicado a la exploración activa del entorno.	Dependiente	Tiempo (min)	Tiempo cronometrado de actividades exploratorias.
Alimentación	Nivel de aceptación y consumo de los enriquecimientos alimenticios.	Dependiente	Frecuencia (%)	Registro del consumo de alimentos en etogramas.
Descanso	Períodos de inactividad registrados en cada fase.	Dependiente	Tiempo (min)	Tiempo acumulado en estado de reposo.
Interacciones sociales	Número de interacciones con otros individuos en el recinto.	Dependiente	Frecuencia (%)	Conteo de interacciones registradas por observación.

En cuanto a la **selección de los individuos**, se establecieron criterios rigurosos para garantizar la validez y la seguridad del estudio. Se incluyeron tortugas de diferentes especies (*Trachemys scripta elegans*, *Kinosternon leucostomum*, *Chelonoidis carbonaria*, entre otras), tanto semiacuáticas como terrestres, para comparar respuestas conductuales en distintos hábitats. Los individuos seleccionados debían estar clínicamente estables, sin enfermedades graves ni signos de estrés agudo, y no estar bajo tratamientos farmacológicos que pudieran alterar su comportamiento. Se excluyeron aquellos en estado crítico, con problemas neurológicos, enfermedades infecciosas en

cuarentena o condiciones que pudieran interferir en la observación objetiva del comportamiento. La muestra fue diversa en cuanto a edad y tamaño, permitiendo así una representación adecuada de la población alojada en el centro durante el periodo de estudio.

El muestreo utilizado en este estudio fue no probabilístico por conveniencia, dado que se seleccionaron los individuos disponibles en el Centro de Paso de Fauna Silvestre de la Universidad Agraria del Ecuador durante el periodo de estudio. Esta elección se fundamentó en las limitaciones propias del contexto, donde la población de tortugas en cautiverio es finita y

variable, y no es posible un muestreo aleatorio estricto debido a la disponibilidad y condiciones de los animales en el centro. Además, la selección por conveniencia permitió incluir a todos los individuos que cumplieran con los criterios de inclusión, optimizando el uso de los recursos y asegurando la viabilidad del estudio en un entorno real de manejo y rehabilitación.

Para garantizar la representatividad de la muestra, se trabajó con un conjunto de 27 tortugas que reflejaba la diversidad de especies presentes en el centro, incluyendo tanto tortugas semiacuáticas como terrestres, y abarcando diferentes rangos etarios y condiciones de salud clínica estable. Esta heterogeneidad permitió capturar respuestas conductuales variadas y representativas de la población total alojada, lo que fortalece la validez externa de los resultados. Asimismo, se mantuvieron condiciones ambientales y de manejo homogéneas durante el estudio para minimizar sesgos relacionados con factores externos. De esta manera, aunque el muestreo no probabilístico limita la generalización absoluta de los resultados, la cuidadosa selección y el control de variables garantizan que los hallazgos sean aplicables y relevantes para la población de tortugas en rehabilitación en el centro, y potencialmente extrapolables a contextos similares en la región.

El estudio se dividió en tres fases. En la fase pre-enriquecimiento se registró el comportamiento de cada tortuga en su hábitat sin modificaciones, estableciendo una línea base a partir de observaciones diarias de 60 minutos durante 10 días consecutivos. En la fase de enriquecimiento se aplicaron diversas estrategias de enriquecimiento ambiental y se registró la interacción de los individuos con los nuevos estímulos a lo largo de un período de 10 días. En la fase post-enriquecimiento se retiraron los enriquecimientos y se analizó si los cambios en el comportamiento se mantenían o si regresaban a los patrones observados en la fase inicial. Para minimizar el efecto del observador sobre el comportamiento de las tortugas, se implementó un período de habituación de 15 minutos antes de cada sesión de registro, y los observadores mantuvieron una distancia prudencial utilizando técnicas de observación no invasivas, reduciendo así posibles alteraciones conductuales por presencia humana. La duración total del experimento fue de 30 días consecutivos, abarcando desde mediados de septiembre hasta mediados de octubre de 2024, Tabla 2.

Tabla 2. Fases del estudio y registro del comportamiento de las Tortugas.

Fase del Estudio	Descripción	Tiempo de observación	Frecuencia de enriquecimiento
Pre-enriquecimiento	Se registró el comportamiento de cada tortuga en su hábitat sin modificaciones, estableciendo una línea base mediante observaciones diarias de 60 minutos durante 10 días consecutivos.	60 minutos diarios durante 10 días (total: 10 horas)	No aplicable
Enriquecimiento	Se aplicaron diversas estrategias de enriquecimiento ambiental y se registró la interacción de los individuos con los nuevos estímulos a lo largo de un período de 10 días.	60 minutos diarios durante 10 días (total: 10 horas)	Diaria, con rotación de enriquecimientos cada 2 días
Post-enriquecimiento	Se retiraron los enriquecimientos y se analizó si los cambios en el comportamiento se mantenían o si regresaban a los patrones observados en la fase inicial.	60 minutos diarios durante 10 días (total: 10 horas)	No aplicable

Para el análisis estadístico de los datos, se empleó el software IBM SPSS Statistics versión 26. Inicialmente, se realizó un análisis de frecuencia para describir la distribución de los principales comportamientos observados en las tortugas durante cada una de las tres fases del estudio (pre-enriquecimiento, enriquecimiento y post-enriquecimiento). Posteriormente, se aplicó un ANOVA de medidas repetidas para comparar las diferencias en las variables dependientes-estado de alerta, exploración, alimentación, descanso e interacciones sociales-a lo largo de las fases, considerando como variable independiente la implementación del programa de enriquecimiento ambiental. Además, se utilizó un análisis de correspondencia múltiple para explorar las asociaciones entre especies, fases del estudio

y patrones de comportamiento, permitiendo identificar relaciones específicas entre los tipos de enriquecimiento y la respuesta conductual de cada especie. Estas técnicas permitieron evaluar de manera integral el impacto del enriquecimiento ambiental sobre el bienestar y la adaptación de las tortugas en cautiverio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante la fase de enriquecimiento ambiental, se observó un aumento notable en la expresión de comportamientos exploratorios, especialmente en la especie terrestre *Chelonoidis carbonaria*, que alcanzó un 41 % de tiempo dedicado a la exploración activa. Este incremento supera al registrado en especies semiacuáticas, evidenciando una respuesta diferencial posiblemente relacionada con

las características ecológicas y comportamentales propias de cada especie. La mayor exploración en *Chelonoidis carbonaria* sugiere que los elementos estructurales y estímulos sensoriales introducidos en el recinto favorecieron la motivación para investigar el entorno, lo cual es un indicador positivo de bienestar y adaptación.

Por otro lado, la aceptación de enriquecimientos alimenticios mostró variabilidad inter-específica, destacando *Kinosternon leucostonom* y *Trachemys scripta* con una alta

preferencia por camarones congelados, alcanzando un 81 % de aceptación. Este dato indica que la incorporación de alimentos novedosos y nutritivos no solo estimula la alimentación activa, sino que también puede contribuir a mejorar la condición física y el estado general de salud de estos reptiles. La alta aceptación de estos alimentos sugiere además que las estrategias alimenticias adaptadas a las preferencias específicas de cada especie resultan efectivas para promover conductas naturales de búsqueda y consumo Tabla 3.

Tabla 3. Frecuencia de comportamientos por especie durante la fase de enriquecimiento.

Especies	fase de enriquecimiento, %				
	Exploración	Alimentación	Descanso	Alerta	Interacción social
<i>Trachemys scripta</i>	34	81	25	18	12
<i>Chelonoidis carbonaria</i>	41	65	30	15	9
<i>Podocnemis expansa</i>	38	72	22	20	11
<i>Kinosternon leucostonom</i>	29	81	35	14	7
Otras especies	31	68	28	19	10

Los análisis estadísticos respaldan la significancia de estos cambios conductuales. El análisis de frecuencia mostró que las especies terrestres, en particular *Chelonoidis carbonaria*, incrementaron significativamente su exploración en comparación con las semiacuáticas, lo que puede estar vinculado a diferencias en sus necesidades ambientales y comportamentales. Además, la preferencia alimenticia observada en *Kinosternon leucostonom* y *Trachemys scripta* resalta la importancia de diversificar la dieta para estimular la actividad y el bienestar.

En conjunto, estos resultados evidencian que el enriquecimiento ambiental tiene un impacto positivo y medible en el comportamiento de las tortugas en cautiverio, promoviendo la expresión de conductas naturales esenciales para su bienestar. La diferenciación en la respuesta entre especies subraya la necesidad de diseñar programas de enriquecimientos específicos y adaptados a las características ecológicas y etológicas de cada grupo, optimizando así la rehabilitación y preparación para una posible reintroducción al medio natural.

El análisis ANOVA de medidas repetidas en la Tabla 4, permitió evaluar de manera rigurosa las diferencias en las variables dependientes estado de alerta, exploración, alimentación, descanso e interacciones sociales a lo largo de las tres fases del estudio: pre-enriquecimiento, enriquecimiento y post-enriquecimiento. Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables analizadas, lo que evidencia un impacto claro y positivo del programa de enriquecimiento ambiental sobre el comportamiento de las tortugas. Específicamente,

la variable exploración presentó el mayor valor F, indicando que la introducción de estímulos ambientales generó un aumento sustancial en la actividad exploratoria de los individuos durante la fase de enriquecimiento ($p < 0.001$). Este incremento sugiere que las tortugas respondieron activamente a los nuevos elementos estructurales y alimenticios, manifestando una mayor interacción con su entorno, lo cual es un indicador directo de mejora en su bienestar y motivación conductual.

Tabla 4. ANOVA de medidas repetidas para comportamiento exploratorio.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Entre fases	3245.67	2	1622.84	18.73	<0.001
Entre especies	1876.32	4	469.08	5.42	0.002
Interacción	987.45	8	123.43	1.42	0.215
Error	4156.78	48	86.60		
Total	10266.22	62			

El estado de alerta mostró una disminución significativa durante la fase post-enriquecimiento en comparación con la línea base, lo que puede interpretarse como una reducción del estrés y una mayor sensación de seguridad en el ambiente, resultado esperado tras la habituación a los enriquecimientos. La alimentación también evidenció cambios significativos, con un aumento en la aceptación y consumo de los alimentos presentados de forma novedosa durante la fase de enriquecimiento ($p < 0.01$), lo que refleja una mejora en la motivación alimentaria y posiblemente en el

estado nutricional de los animales. Por otro lado, las variables descanso e interacciones sociales también mostraron diferencias significativas, aunque con valores F menores en comparación con exploración y alimentación. El aumento en los períodos de descanso puede indicar una mejor regulación de los ciclos de actividad y recuperación, mientras que las interacciones sociales reflejan una mayor sociabilidad o tolerancia entre individuos, aspectos fundamentales para la adaptación en cautiverio y la preparación para una posible reintroducción.

No se detectaron interacciones significativas entre las fases del estudio y las especies, lo que sugiere que, aunque existen diferencias entre especies en la magnitud de sus respuestas, el patrón general de cambio conductual inducido por el enriquecimiento es consistente en los diversos taxones estudiados.

El análisis de correspondencia múltiple (ACM) Tabla 5, aplicado en este estudio permitió identificar patrones y asociaciones complejas entre las variables categóricas relacionadas con las especies de tortugas, las fases del estudio y los comportamientos observados. Los resultados indicaron que la primera dimensión del análisis, que explica el 32.5 % de la variabilidad total, está principalmente influenciada por la especie y la

fase del estudio, con contribuciones del 32.5 % y 28.9 % respectivamente. Esto implica que las diferencias entre especies y las etapas temporales del enriquecimiento (pre, durante y post) son los factores más determinantes para segmentar y diferenciar el conjunto de datos en esta dimensión. Por otro lado, la segunda dimensión, que explica un 31.6 % adicional de la variabilidad, está mayormente asociada con los comportamientos exploratorio y alimenticio, que contribuyen con un 31.6 % y 25.8 % respectivamente. Esto sugiere que estas conductas son las que mejor discriminan las respuestas conductuales dentro de las categorías analizadas y que están estrechamente relacionadas entre sí en el contexto del enriquecimiento ambiental.

Tabla 5. Contribución de las variables a las dimensiones principales.

Variable	Dimensión 1 (%)	Dimensión 2 (%)
Especie	32.5	18.7
Fase del estudio	28.9	15.3
Comportamiento exploratorio	22.4	31.6
Comportamiento alimenticio	10.2	25.8
Estado de alerta	6.0	8.6

En conjunto, estas dos dimensiones capturan más del 60 % de la variabilidad total, lo que indica un buen ajuste del modelo y una representación significativa de las relaciones entre las variables. La asociación entre especies y fases con los patrones conductuales revela que ciertas especies responden de manera diferenciada a las distintas

etapas del enriquecimiento, manifestando conductas exploratorias y alimenticias específicas que pueden estar vinculadas a sus características ecológicas y adaptativas. Por ejemplo, especies terrestres como *Chelonoidis carbonaria* se agrupan en la dimensión relacionada con mayor exploración, mientras que especies semiacuáticas

como **Trachemys scripta** presentan una fuerte asociación con la variable alimentación durante la fase de enriquecimiento. Estos hallazgos permiten concluir que el enriquecimiento ambiental no solo modifica el comportamiento general de las tortugas, sino que también genera respuestas específicas según la especie y el tipo de estímulo aplicado. Por lo tanto, los programas de enriquecimiento deben ser diseñados considerando estas diferencias para maximizar su efectividad y promover el bienestar y la adaptación individualizada de cada especie en cautiverio.

Discusión

El presente estudio demuestra que la implementación de enriquecimiento ambiental en tortugas en cautiverio genera cambios significativos en su comportamiento, especialmente en la exploración, la alimentación y el estado de alerta, Tabla 3. Estos hallazgos son consistentes con investigaciones previas realizadas en reptiles, donde se ha documentado que la introducción de estímulos ambientales novedosos incrementa la actividad exploratoria y reduce conductas asociadas al estrés (10). Por otra parte, en estudios de **Trachemys scripta** reportó un aumento del 30% en la exploración tras la introducción de elementos estructurales, resultado que se asemeja al 34% y 41% observado en *Trachemys scripta* y *Chelonoidis carbonaria* en la presente investigación (11).

Además, la preferencia por ciertos enriquecimientos alimenticios, como los camarones congelados, observada en *Kinosternon leucostomum* y *Trachemys scripta*, coincide con lo reportado por Kanghae et al. (12), quienes identificaron que la variedad y presentación de la dieta es un factor clave para estimular la conducta alimentaria y prevenir la apatía en tortugas cautivos. Además, la alta aceptación de alimentos novedosos sugiere una mayor plasticidad conductual, lo que podría facilitar la adaptación de los individuos a entornos cambiantes, aspecto fundamental para su rehabilitación y posible reintroducción.

Mientras que, se evidenció diferencias significativas en las variables conductuales a lo largo de las fases del estudio, Tabla 4. Lo cual es respaldado por investigaciones como la de Learmonth et al. (13), quienes emplearon diseños similares en tortugas terrestres y hallaron que el enriquecimiento físico y alimenticio produce mejoras sostenidas en la exploración y la reducción del estrés, aun después de retirar los estímulos. La permanencia de altos niveles de exploración en la fase post-enriquecimiento, como se observó en *Podocnemis expansa* (38%), refuerza la hipótesis de que los efectos positivos del enriquecimiento pueden mantenerse en el tiempo.

El análisis de correspondencia múltiple, Tabla 5, reveló asociaciones claras entre

especies, fases del estudio y patrones de comportamiento, lo que indica que la respuesta al enriquecimiento es específica para cada taxón y tipo de estímulo. Resultados similares han sido reportados por Escobedo-Bonilla et al. (14), quienes encontraron que tortugas de diferentes especies muestran preferencias y respuestas conductuales diferenciadas ante distintos tipos de enriquecimiento, subrayando la importancia de diseñar programas adaptados a las necesidades ecológicas de cada especie.

En el contexto de Ecuador y América Latina, la aplicación de enriquecimiento ambiental en centros de rescate y rehabilitación es aún incipiente, aunque existen experiencias exitosas documentadas en otros países de la región. Por su parte, en Brasil, Andrade et al. (15) reportaron mejoras significativas en el bienestar y la adaptación de tortugas amazónicas tras la implementación de enriquecimientos estructurales y alimenticios en cautiverio. Estos resultados, junto con los obtenidos en el presente estudio, sugieren que la adopción sistemática de estas prácticas puede contribuir de manera sustancial a la conservación y manejo de especies vulnerables en la región.

Cabe destacar que, si bien el enriquecimiento ambiental ha demostrado ser eficaz para mejorar el bienestar animal, su éxito depende de una adecuada planificación, rotación y evaluación de los estímulos aplicados (16). Estudios recientes

recomiendan la integración de protocolos de monitoreo conductual y sanitario para ajustar las estrategias en función de la respuesta individual y colectiva de los animales (17). La presente investigación respalda esta recomendación, al evidenciar variabilidad en la respuesta según la especie y el tipo de enriquecimiento.

Finalmente, los resultados obtenidos refuerzan la necesidad de incorporar el enriquecimiento ambiental como una práctica estándar en los centros de rescate y conservación de tortugas en Ecuador y América Latina. La evidencia científica acumulada, tanto en este estudio como en la literatura internacional, indica que estas estrategias no solo mejoran el bienestar y la adaptación en cautiverio, sino que también aumentan las probabilidades de éxito en la reintroducción de individuos a su hábitat natural. Se recomienda la capacitación continua del personal y la colaboración entre instituciones para fortalecer la aplicación de estas prácticas en toda la región.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio evidencian que la implementación de enriquecimiento ambiental tiene un impacto positivo y medible en el comportamiento y bienestar de tortugas en cautiverio. Durante la fase de enriquecimiento, se observó un incremento significativo en la

exploración, con aumentos del 34 % en *Trachemys scripta* y del 41 % en *Chelonoidis carbonaria*, lo que indica una mayor actividad y expresión de comportamientos naturales. Además, la aceptación de enriquecimientos alimenticios fue alta, alcanzando un 81 % en especies como *Kinosternon leucostomum* y *Trachemys scripta*, lo que favorece la estimulación y la alimentación activa. Estos cambios contribuyen a mejorar la adaptabilidad y reducir el estrés, factores clave para el éxito en futuros procesos de reinserción al medio natural.

Para lograr una reinserción efectiva, es fundamental que los centros de rescate y conservación incorporen programas continuos y rotativos de enriquecimiento ambiental, que promuevan la expresión conductual y el bienestar integral de las tortugas. Se recomienda que estas prácticas formen parte obligatoria de las estrategias de manejo, asegurando así que los individuos mantengan habilidades necesarias para sobrevivir en su hábitat natural. Por ello, se insta a los responsables de centros de cautiverio y conservación a adoptar y estandarizar protocolos de enriquecimiento ambiental, basados en evidencia científica, para optimizar la rehabilitación y aumentar las probabilidades de éxito en la reintroducción de estas especies vulnerables

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses por la publicación de este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Broom D, Molento C. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas – revisão. Arch Vet Sci. 2004;9(2):1-11. https://www.researchgate.net/publication/287593530_BEM-ESTAR_ANIMAL_CONCEITO_E_QUESTOES_RELACIONADAS_REVISAO
2. Mellor D. Operational Details of the Five Domains Model and Its Key Applications to the Assessment and Management of Animal Welfare. Animals (Basel). 2017;7(8):60. <https://doi.org/10.3390/ani7080060>
3. Burghardt G. Environmental enrichment and cognitive complexity in reptiles and amphibians: Concepts, review and implications for captive populations. Appl Anim Behav Sci. 2013;147(3-4):286-298. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.04.012>
4. Newberry R. Environmental enrichment: Increasing the biological relevance of captive environments. Appl Anim Behav Sci. 1995; 44:229-243. https://www.researchgate.net/publication/233822156_Environmental_enrichment_Increasing_the_biological_relevance_of_captive_environments
5. Pincay C. Implementación de un programa de enriquecimiento ambiental en piscinas para tortugas marinas del centro de rehabilitación de fauna marina Manabí-Puerto López. Guayaquil: Universidad Agraria del Ecuador; 2021. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PINCAY%20MORALES%20CAMILA%20EUGENIA.pdf>
6. Baines F. Health and Welfare of Captive Reptiles, Second Edition - Edited by C Warwick, PC Arena and GM Burghart. Cham: Springer; 2023. <https://goo.su/ql49Pi>
7. Rose P. Ensuring a good quality of life in the zoo: Underpinning welfare-positive animal management with ecological evidence. 2018. <https://goo.su/hSNU50>

- 8.** Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador. Resolución Nro. 001: Plan de Acción para la Conservación de las Tortugas Marinas en Ecuador. Quito: Ministerio del Ambiente; 2021. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/resolucion_plan-de-accion-tortugas-marinas.pdf
- 9.** Estrada G, Parra J. Enriquecimiento ambiental de fauna silvestre sometida a cautiverio en el hogar de paso Uniamazonia - Corpoamazonia. *Rev CES Med Vet Zootec.* 2007;2(2):8-13. <https://www.redalyc.org/pdf/3214/321428098001.pdf>
- 10.** Howard D, Freeman M. Overlooked and understudied: a review of evidence-based enrichment in Varanidae. *J Zool Bot Gardens.* 2022;3(1):32-43. <https://doi.org/10.3390/jzbg3010003>
- 11.** Diggins R, Burrie R, Ariel E, Ridley J, Olsen J, Schultz S, et al. A review of welfare indicators for sea turtles undergoing rehabilitation, with emphasis on environmental enrichment. *Anim Welf.* 2022;31(2):219-230. <https://doi.org/10.7120/09627286.31.2.006>
- 12.** Kanghae H, Thongprajukaew K, Inphrom S, Malawa S, Sandos P, Sotong P, et al. Enrichment devices for green turtles (*Chelonia mydas*) reared in captivity programs. *Zoo Biol.* 2021;40(5):407-416. <https://doi.org/10.1002/zoo.21613>
- 13.** Learmonth M, Sherwen S, Hemsworth P. Assessing preferences of two zoo-housed Aldabran giant tortoises (*Aldabrachelys gigantea*) for three stimuli using a novel preference test. *Zoo Biol.* 2021;40(2):98-106. <https://doi.org/10.1002/zoo.21585>
- 14.** Escobedo-Bonilla C, Quiros-Rojas N, Rudín-Salazar E. Rehabilitation of marine turtles and welfare improvement by application of environmental enrichment strategies. *Animals (Basel).* 2022;12(3):282. <https://doi.org/10.3390/ani12030282>
- 15.** Andrade C, de Oliveira H, de Lima A, da Mota J, da Silva Azevedo S, de Oliveira A, et al. Community-based conservation and management of chelonians in the amazon. *Front Ecol Evol.* 2022; 10:769328. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.769328>
- 16.** Fernandez E, Martin A. Animal training, environmental enrichment, and animal welfare: A history of behavior analysis in zoos. *J Zool Bot Gardens.* 2021;2(4):531-543. <https://doi.org/10.3390/jzbg2040038>
- 17.** Zhang Z, Gao L, Zhang X. Environmental enrichment increases aquatic animal welfare: A systematic review and meta-analysis. *Rev Aquac.* 2022;14(3):1120-1135. <https://doi.org/10.1111/raq.12641>