

CIENCIA Y DIVULGACIÓN SOBRE LA SEXTA EXTINCIÓN MASIVA DE BIODIVERSIDAD, ¿ES REALMENTE EL CAMBIO CLIMÁTICO EL PRINCIPAL RESPONSABLE?

D. Antonio Alberto Rodríguez Sousa

Investigador en Formación

Departamento de Biodiversidad, Ecología y Evolución, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Complutense de Madrid

Resumen

Introducción: Actualmente estamos ante una sexta extinción masiva en cuanto a pérdida de especies a nivel planetario. Sin embargo, aún no existe un consenso absoluto respecto a la principal causa de este desastre natural, derivando esto en una imposibilidad de informar correctamente a la ciudadanía, dando lugar a errores conceptuales que impiden atajar de forma efectiva el problema.

Metodología-Desarrollo: Se procedió, tras la impartición de sesiones teóricas de carácter científico, a la realización de una serie de encuestas cerradas dicotómicas dirigidas a individuos con un grado superior clasificados acorde a su género y al medio informativo de uso mayoritario para ver, en primer lugar, si compartían la opinión de estar ante una sexta extinción masiva, pudiendo comprobar posteriormente el grado de conocimiento sobre las causas y efectos de dicha pérdida de especies.

Resultados: Mientras que no se evidenció una influencia clara del género en el estudio realizado, los distintos medios informativos analizados como vía principal de información recibida por parte de los encuestados sí formaron grupos diferenciados en cuanto al nivel de conocimiento sobre la problemática planteada.

Conclusiones: Si bien la tasa anual de pérdida de especies es realmente preocupante en la actualidad, a nivel divulgativo la principal preocupación ambiental es para con el cambio climático, no constituyendo sin embargo dicho fenómeno una causa principal de pérdida de biodiversidad, siendo en cambio la modificación de los usos del suelo el principal impulsor directo responsable de la fragmentación del territorio, motivo responsable de la elevada tasa de extinción biológica actual.

Palabras claves

Biodiversidad; Diversidad biológica; Impulsores de cambio; Medios de comunicación; Usos del suelo.

Introducción y justificación

Mientras que la diversidad biológica mide el grado de organización de los ecosistemas siendo un concepto asociado a una característica emergente de los mismos, constituyendo un indicador de cambio y una propiedad macroscópica, la biodiversidad no es más que un concepto asociado a una idea de potencialidad, constituyendo un valor en sí mismo que debe ser conservado (García Novo et al., 2006). El término biodiversidad, tal y como se explica en los medios de comunicación, hace referencia a la expresión de la variabilidad de la vida en la tierra, pudiendo ser analizada en distintos niveles de organización, por ello, en base a estos conceptos cabe destacar que su conservación se basa en el grado de estima que la gente tiene de los entornos naturales (McNeely & Schroth, 2006).

La biodiversidad del planeta presenta una serie de patrones evolutivos y ecológicos de distribución. Los patrones evolutivos demuestran que han existido varias diversificaciones y extinciones hasta el número actual máximo de biodiversidad, evidenciando además que cualquier especie tiene probabilidades de extinguirse, siendo su destino final (Castellanos, 2006). Por otro lado los patrones ecológicos se centran en fenómenos de dispersión y migración de la biodiversidad como responsables de la variabilidad actual (Gaston, 2000). Adicionalmente, existen una serie de patrones espacio-temporales de distribución de especies, entre los que destacan las relaciones especies/área (a mayor superficie mayor número de especies), patrones latitudinales (el máximo de especies se encuentra en el Ecuador, debido a factores meteorológicos), patrones de variabilidad ambiental, patrones altitudinales (a mayor altura menor número de especies) y otros patrones no dependientes del espacio-tiempo, si no de recursos como la luz, el agua, los nutrientes, y de factores como el pH o la temperatura (Ricklefs, 2004).

Cabe destacar que a lo largo del pasado geológico del planeta han tenido lugar cinco extinciones masivas (**Fig. 1**): 1) Período Ordovícico (hace 440 millones de años), extinción desencadenada por un cambio climático que provocó una fluctuación drástica del nivel del mar perdiéndose el 25 % de las familias de especies existentes; 2) Período Devónico (hace 370 millones de años), extinción causada por un calentamiento global y la pérdida de oxígeno del agua marina, se perdió el 19 % de las familias de especies existentes; 3) Período Pérmico (hace 250 millones de años), extinción a causa de la conjunción de un cambio climático junto a los movimientos de placas tectónicas perdiéndose el 54 % de las familias de especies existentes; 4) Período Triásico (hace 210 millones de años), extinción provocada a causa de actividad volcánica y el calentamiento global, se produjo la pérdida del 23 % de las familias de especies existentes; y 5) Período Cretácico (hace 65 millones de años), extinción causada por el impacto de un meteorito sobre la

corteza terrestre, se perdieron el 17 % de las familias de especies existentes, desaparecieron los dinosaurios y sobrevivieron los mamíferos (Raup, 1986). Sin embargo, aún con todas estas extinciones la Tierra presenta actualmente el máximo de diversidad biológica de todos los tiempos, debiéndose este fenómeno a que la respuesta a la pérdida de diversidad es una diversificación aún mayor, por ello cuando se produce una extinción masiva, el ecosistema deja de estar saturado, permitiendo la colonización de nuevas especies (Leakey & Lewin, 1996).

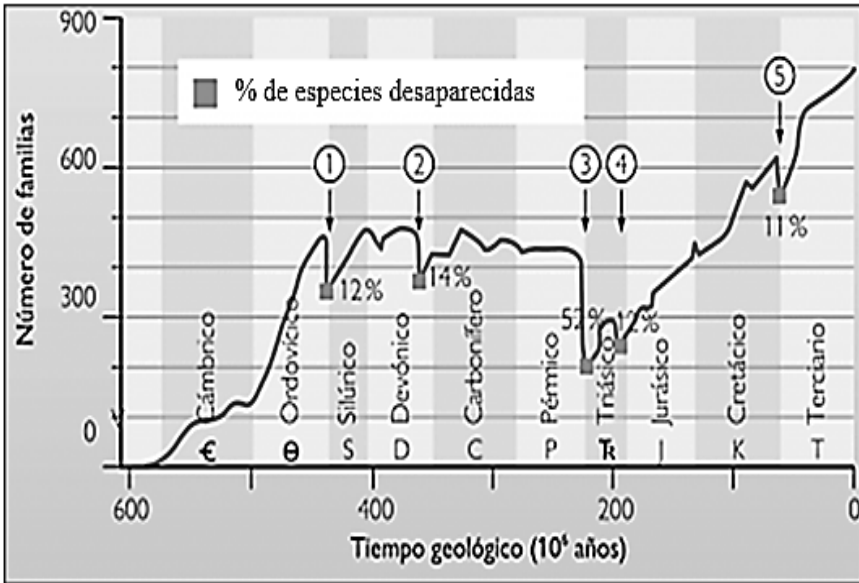


Figura 1: Principales extinciones masivas acaecidas durante el pasado geológico del planeta Tierra.

No obstante, en la actualidad existe una gran preocupación científica por el declive, a escala global, de la biodiversidad terrestre y marina, que amenaza con tener un impacto sin precedentes sobre la dinámica de funcionamiento del planeta. Mientras que en base a extrapolaciones de parámetros conocidos se estima que la biodiversidad actual alcanzaría una cifra en torno a los 30 millones de especies, la tasa de pérdida actual de biodiversidad es del orden de 30.000 especies al año, lo que consolida la hipótesis de estar ante la sexta extinción masiva de la historia del planeta, tal y como ha sido notificado por parte del sector científico y de los medios divulgativos (Ceballos & Ortega-Baés, 2011).

Si bien todas las extinciones masivas han sido provocadas por causas naturales, esta sexta extinción presenta una causa biótica junto con una causa física, debido a la influencia de la actividad antrópica sobre la pérdida de

especies (Pievani, 2014). En este sentido, las principales amenazas derivadas de la acción humana que atentan en contra de la biodiversidad son: 1) Destrucción y fragmentación de ambientes naturales provocando que los rangos geográficos de distribución de especies se restrinja (Atmar & Patterson, 1993); 2) Sobreexplotación de especies, lo que deriva en impactos ecológicos en la estructura y funcionamiento del ecosistema (Rosser & Mainka, 2002); 3) Introducción de especies exóticas que, si se convierten en invasoras pueden desplazar a especies autóctonas (Gurevitch & Padilla, 2004); 4) Cambio climático, este impacto puede provocar la desaparición de ecosistemas, provocando alteraciones en los rangos de distribución de las especies (Pearson & Dawson, 2003); y 5) Otros factores como la sobrepoblación humana, la propagación de la agricultura y la contaminación.

Debido a las causas anteriormente descritas se adjudica al género humano la mayor responsabilidad en la degradación y pérdida de la biodiversidad en todos los ambientes del globo y en la extinción de especies animales y vegetales, ya que debido a la actividad del hombre y la transformación de los ambientes naturales se provoca una aceleración en el cambio climático que afecta en diverso grado a la supervivencia de los seres vivos (Ceballos et al., 2015).

Objetivos generales y específicos

Dada la problemática ambiental previamente expuesta y con la finalidad de evaluar el grado de conocimiento poblacional sobre la pérdida actual de especies incluyendo sus causas y efectos, se procedió a la realización de encuestas individuales a diversos sectores poblacionales clasificados en función del medio informativo mayoritario de uso, pudiendo evaluar la influencia de los diferentes medios divulgativos sobre el grado de información percibida por los encuestados en cuanto a la sexta extinción masiva de biodiversidad y sesgar los resultados estableciendo comparaciones acorde al sector poblacional estudiado y al género de los encuestados.

Método - Desarrollo del trabajo

Diseño muestral

Se planteó un estudio experimental con la finalidad de evaluar el nivel de conocimiento científico y la opinión poblacional respecto a la existencia de una sexta extinción masiva actual de biodiversidad, analizando sus efectos y sus causas, conformando dicha tasa de pérdida de especies la dimensión ecológica dentro del cambio global más afectada acorde al estudio de Rockström et al. de 2009, constituyendo por tanto una de las principales problemáticas de índole medio-ambiental en la actualidad. No obstante cabe

destacar que, pese a la representatividad relativa de las especies en la biosfera, diversos estudios como el de Santander et al., 2009 demuestran la existencia de un sesgo en las publicaciones científico-técnicas hacia aquellas especies más cercanas al ser humano desde un punto de vista filogenético y evolutivo o de especies que posean algún tipo de utilidad, ya sea medicinal, cultural o cualquier otra, que les haga susceptible de ser usadas por el ser humano en beneficio propio (**Fig. 2**).

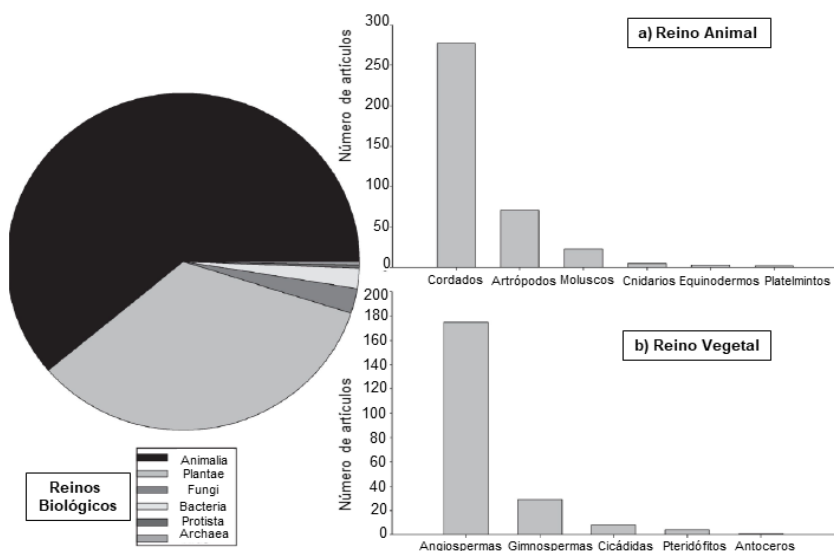


Figura 2: Valores absolutos en cuanto al número de artículos basados en cada grupo taxonómico tanto para el Reino Animal (a) como para el Reino Vegetal (b), considerando dentro de este último tanto a las plantas vasculares como a las criptógamas.

Con la finalidad de llevar a cabo dicha investigación se planteó un muestreo aleatorio simple equilibrado en el que se trabajó con un tamaño muestral de $n = 80$ individuos graduados de ambos sexos clasificados en función del medio informativo mayoritario empleado para documentarse en cuanto a temas de índole científica, dando lugar a cuatro grandes grupos ($n = 20$): 1) Revistas y documentación científico-técnica; 2) Medios de comunicación (prensa, radio y televisión); 3) Internet; y 4) Asociaciones de carácter ecologista.

Para dicho estudio se diseñó una breve encuesta de tipo cerrada dicotómica que fue ejecutada de forma aleatoria entre los individuos seleccionados (**Anexo 1**).

Dicho diseño muestral recogido de forma esquemática en la **Figura 3** nos permitió evaluar la posible existencia de diferencias significativas en cuanto al nivel de conocimiento sobre la problemática abordada teniendo en

cuenta el medio de información empleado por los individuos, pudiendo analizar además la posible existencia de diferencias significativas en cuanto a la percepción de dicha problemática acorde al género de los encuestados.

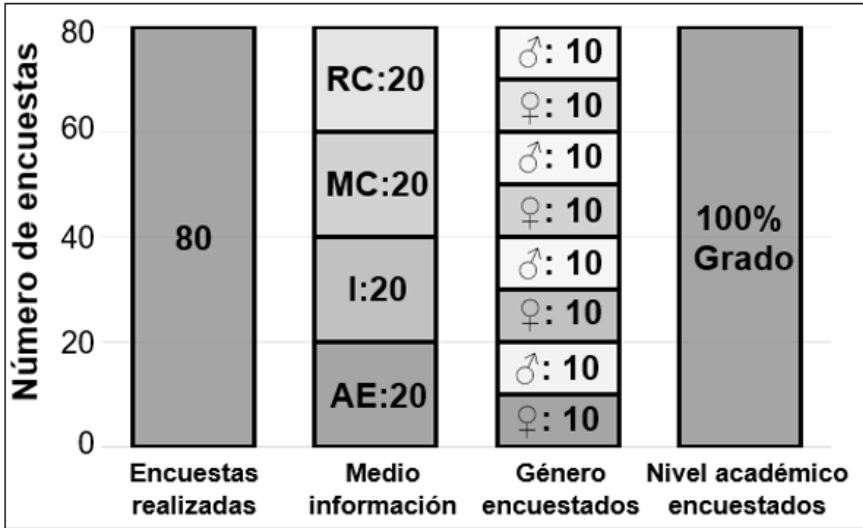


Figura 3: Encuestas realizadas representando su número total y la fuente de información principal de los encuestados (RC: Revistas científicas; MC: Medios de comunicación; I: Internet y AE: Asociaciones ecologistas), su género (♂: masculino; ♀: femenino) y su nivel académico, perteneciendo todas las encuestas ejecutadas a individuos graduados.

Teoría sobre diversidad biológica y biodiversidad. Clases de información sobre la pérdida de especies en las vías de comunicación

Al ser la diversidad biológica un concepto asociado a una característica emergente de los ecosistemas, siendo un indicador de cambio de los mismos, es fundamental comprender y modelar su funcionamiento, al constituir una propiedad macroscópica de los sistemas (García Novo et al., 2006). Por otro lado, el concepto de biodiversidad se asocia a menudo a la idea de potencialidad, constituyendo un valor en sí misma y debiendo centrar esfuerzos en su conservación como recurso para el bienestar humano (de Miguel et al., 2002). Es importante destacar la relación existente entre el número de especies de un sistema y su funcionalidad, cuestión que ha sido estudiada en profundidad, existiendo varios modelos que intentan explicar esta relación (**Fig. 4**): 1) Modelo de MacArthur, que establece una igualdad de importancia por parte de todas las especies dando lugar a una idea de estabilidad del sistema, no obstante, en la actualidad, este modelo está desmentido dada la existencia de especies clave y grupos funcionales en los

ecosistemas (MacArthur, 1955); 2) Modelo de Ehrlich & Ehrlich, conocido coloquialmente como modelo del remache, estipula la existencia de especies redundantes desde el punto de vista funcional postulando que un sistema puede mantener su funcionalidad a medida que se pierden de forma progresiva las especies, hasta un punto donde se produce una brusca pérdida de los procesos ecológicos presentes (Ehrlich & Ehrlich, 1981); 3) Modelo de Walker, conocido como modelo de la redundancia, que establece valores umbrales de la biodiversidad, existiendo grupos funcionales, por lo que si se eliminan especies de forma puntual la funcionalidad del sistema no se vería afectada, mientras que si se produce la eliminación de un grupo funcional se daría lugar a la aparición de una dinámica umbral que produciría el decaimiento total de la funcionalidad del sistema (Walker, 1992); 4) Modelo de Lawton, que establece una relación idiosincrática entre el número de especies y la tasa de procesos ecosistémicos, no pudiendo realizar acorde a este modelo generalizaciones, debiéndose estudiar cada caso de forma individual, no siendo posible su regularización (Lawton, 1994); y 5) Modelo nulo, en el que la pérdida de especies no afecta a la funcionalidad del sistema a menos que se eliminen todas las especies del mismo.

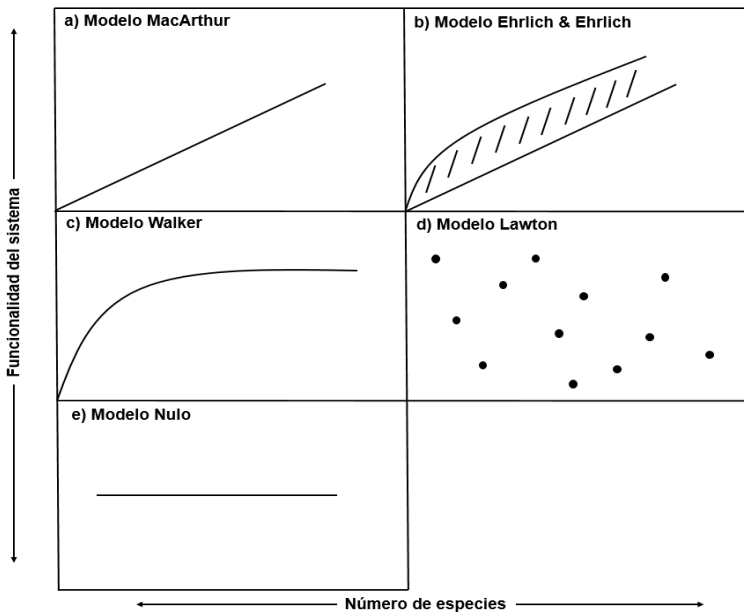


Figura 4: Representación gráfica de los principales modelos postulados en cuanto a la relación entre la pérdida de biodiversidad de un sistema y su funcionalidad.

En definitiva, la existencia de todos estos modelos manifiesta una relación difusa entre la funcionalidad del sistema y su diversidad de especies, pudiendo llegar a ser dicha relación particular para cada sistema de estudio. No obstante, cabe destacar que, analizando la relación diversidad-funcionalidad y acorde a la Estructura de Mundos Pequeños casi todos los sistemas funcionarían mediante la formación de múltiples conexiones regulares entre especies vecinas y algunas al azar entre especies más alejadas, otorgando de esta forma estabilidad al sistema (Strogatz, 2001).

Cabe destacar que existen múltiples tipos de diversidad biológica (Tuomisto, 2010), entre los que destacan: 1) Alfa (α), siendo la diversidad dentro de un hábitat o comunidad; 2) Beta (β), representando el cambio de diversidad entre hábitats; 3) Gamma (γ), siendo la diversidad a nivel de paisaje, y 4) Delta (δ), representando el cambio en diversidad entre paisajes. No obstante, a nivel biológico los tipos de diversidad mayormente usados son la alfa y la beta, de este modo debemos destacar que la diversidad alfa no informa de la distribución de las especies en el territorio, indicándonos simplemente la organización potencial de una comunidad, representando el número de especies por unidad de superficie y tiempo, un gran valor de este tipo de diversidad nos indica que el sistema presenta un gran potencial de organización posible (Legendre et al., 2005). Por el contrario, la diversidad beta se relaciona con la complejidad y la organización del ecosistema, siendo un parámetro que informa sobre la distribución de especies en el territorio, indicándonos la organización real de una comunidad, es decir, si existe un grado de organización espacial elevado, existirá un elevado valor de esta diversidad, lo que nos indica que las especies se distribuyen de una forma concreta que se aleja de una distribución al azar (Shmida & Wilson, 1985). Por ende, acorde a lo expuesto anteriormente, los valores puntuales de diversidad alfa presentan un interés relativo para la conservación de especies, siendo las variaciones en los valores de diversidad beta los que mejor expresan la organización real de los ecosistemas.

En la actualidad existen multitud de índices que se aplican para medir estos dos tipos de diversidad, entre los que acorde al criterio de Rau en 2002 destacan:

- Riqueza (S): índice de diversidad alfa, es el número de especies presentes en la muestra.
- Diversidad de Shannon (H'): índice de diversidad alfa insensible a la densidad de especies, aumenta acorde a la riqueza y/o equitatividad de especies. Para una riqueza concreta este índice toma su valor máximo si la equitatividad es máxima. Este índice usa probabilidades, siendo su expresión matemática:

$$H' = -\sum p_i * \log_2 p_i \quad (1),$$

donde “pi” es la abundancia de cada especie, empleándose el logaritmo en base dos para obtener un resultado expresado en bits.

- **Diversidad de Whittaker (B):** índice de diversidad beta que mide la organización real de un territorio.

$$B = (S \text{ total}/S \text{ media}) - 1 \quad (2)$$

- **Amplitud promedio de nicho (A):** índice de diversidad beta basado en el nicho espacial de las especies, dividiéndolas en especialistas o generalistas. Se calcula empleando el índice de Shannon y el teorema de la entropía total, como se detalla en el ejemplo a continuación (**Fig. 5a y b**):

		<u>Situación A</u>			<u>Situación B</u>		
Parcelas:		1	2	3	1	2	3
Especies:	a	x	x	x	y	-	-
	b	x	x	x	-	y	-
	c	x	x	x	-	-	y
		Total: w			Total: w		

Figura 5: Ejemplo de cálculo de la amplitud promedio de nicho como índice de diversidad beta en 3 parcelas (1, 2 y 3) cuya distribución de especies varía en dos situaciones distintas (A y B).

En la situación “A” las especies son generalistas, existiendo una mínima organización y una máxima amplitud de nicho, mientras que en la situación “B” las especies son especialistas, existiendo una máxima organización y una mínima amplitud de nicho; por ende, la situación “A” presentará un valor de diversidad beta bajo, al contrario de lo que sucede en la situación “B”. Para calcular el promedio de la amplitud de nicho es donde se emplea el índice de Shannon, tal que:

$$A_i = - (x/3x * \log x/3x + x/3x * \log x/3x + x/3x * \log x/3x) = X_i \quad (3),$$

con este valor “Xi”, si lo dividimos por el logaritmo del número de parcelas obtendremos un valor comprendido entre 0 y 1, indicándonos el carácter especialista (0) o generalista (1) de la especie. Aunque en el ejemplo de la fórmula se ha calculado sólo para la parcela “1”, también debe hacerse para las parcelas “2” y “3” (Bi; Ci), con la finalidad de calcular el promedio de los tres valores:

<u>Situación A</u>	<u>Situación B</u>
$A_i * 3x/w = Z_a$	$A'_i * y/w = Z'_a$
$B_i * 3x/w = Z_b$	$B'_i * y/w = Z'_b$
$C_i * 3x/w = Z_c$	$C'_i * y/w = Z'_c$

Figura 5b: Cálculo del valor de amplitud de nicho para cada parcela en el ejemplo propuesto.

De este modo, sumando Z_a , Z_b y Z_c se obtiene la diversidad beta promedio para la situación “A”, mientras que sumando Z'_a , Z'_b y Z'_c obtenemos el valor de diversidad para la situación “B”. Con ambos valores obtenemos finalmente la amplitud promedio de nicho (A), cuyo valor oscilará entre 0 (alta β) y 1 (baja β).

Pese a estos índices brevemente descritos, actualmente es muy empleada, para el cálculo de diversidad biológica, la Serie de Hill (Hill, 1973), mediante la que siempre se detectan cambios en la organización de las especies, tanto en su riqueza, como en su densidad o equitatividad. Dicha serie emplea una compilación de diversos índices de biodiversidad que la hacen progresivamente menos sensible a cambios en las especies raras y más en las especies abundantes.

Merece especial atención a la hora de hablar de diversidad biológica la Teoría del equilibrio dinámico (Huston, 1979), que explica la diversidad en función de tres dimensiones distintas: 1) la tasa de crecimiento poblacional; 2) la frecuencia e intensidad de las perturbaciones; y 3) los valores de diversidad biológica, factores que deben compensarse para obtener una biodiversidad máxima.

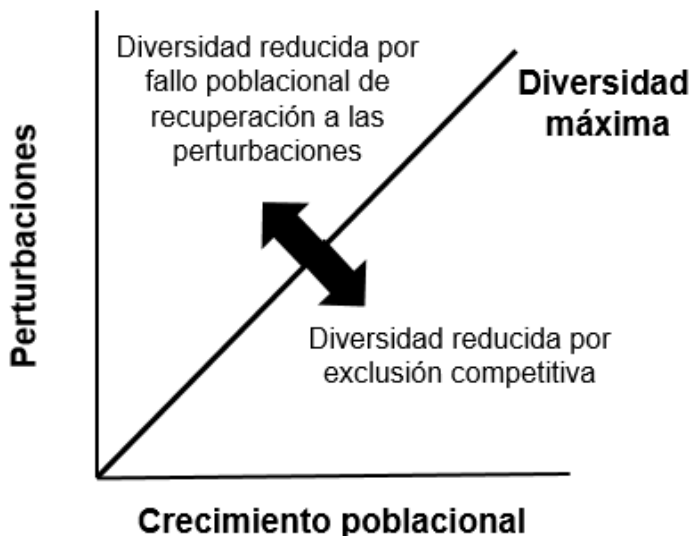


Figura 6: Representación gráfica de la Teoría del equilibrio dinámico, donde se observa que una elevada diversidad es posible ante elevadas tasas de perturbación siempre y cuando exista un elevado crecimiento poblacional o tasa de renovación.

Finalmente, tras este contenido teórico sobre la diversidad biológica y las formas principales de calcularla, podemos visualizar, a través de una revisión de la bibliografía existente, que existen diferencias en cuanto al tipo de información difundida entre las vías de concienciación sobre la tasa de pérdida de especies en la actualidad. De este modo, mientras que las revistas científicas suelen dar datos neutros, exponiendo hechos sin apenas sesgo, estos artículos se quedan, a menudo, en el nivel de la comunidad científica, no llegando a ser leídos por la sociedad (Quispe Gerónimo, 2004). Por otro lado, los medios de comunicación convencionales (prensa, radio y televisión) se encargan de la divulgación científica, ofreciendo, previo un correcto asesoramiento, una información de calidad disponible a nivel poblacional a través de lo que se denomina periodismo especializado (Belenguer Jané, 2003), hecho que no ocurre a través de internet como medio informativo, donde se solapa información fiable y contrastada con opiniones sensacionalistas que suelen derivarse de intereses económicos o políticos más que ecológicos (Vilches & Gil-Pérez, 2014). Por último, las asociaciones ecologistas cumplen también una labor de sensibilización pública, no obstante hay que tener en cuenta los intereses económicos de estas Organizaciones No Gubernamentales (ONGs), lo que produce un sesgo hacia la información ofrecida, donde se observa un predominio de acciones de concienciación enfocadas hacia especies emblemáticas pertenecientes en su mayoría a los mamíferos o aves, dado que son las especies que, en términos generales, la población desea conservar (Klier, 2016).

Metodología estadística

Se realizaron en primer lugar unos análisis descriptivos de los cuestionarios ejecutados para, posteriormente, realizar los análisis estadísticos correspondientes empleando el software IBM ® SPSS ® Statistics 21.0 (IBM Corp, 2012), testando las hipótesis de trabajo utilizando un nivel de significación de $\alpha = 0,05$. Dado que trabajamos con resultados de encuestas expresados en frecuencias asumimos que nuestros datos no se adecúan a una distribución normal, siendo además heterocedásticos con varianzas desiguales, por lo que debemos realizar análisis estadísticos no paramétricos (Osinki et al., 2000).

En primer lugar se analizó la posible influencia del medio informativo empleado en mayor medida por parte de los individuos encuestados para documentarse sobre hechos científicos, como es la pérdida actual de biodiversidad a escala global. Por tanto, para testar esta hipótesis partimos de datos no pareados procedentes de más de dos subpoblaciones independientes, en nuestro caso de $K = 4$ poblaciones, una por cada medio informativo analizado: 1) Revistas científico-técnicas; 2). Medios de comunicación (prensa, radio y televisión); 3) Internet; y 4) Asociaciones ecologistas. Por tanto, acorde a la tipología de nuestros datos y nuestro diseño se procedió a la ejecución de un test de Kruskal-Wallis, que contrasta la hipótesis nula de igualdad de medianas entre las poblaciones comparadas frente a la alternativa de que por lo menos una de ellas presentará una distribución diferente a las demás: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_n$; H_1 : no cierta H_0 , (Breslow, 1970). No obstante, si acorde al resultado obtenido observamos que al menos una de las poblaciones analizadas presenta diferencias significativas en cuanto a su mediana para con respecto al resto de las poblaciones, dicho test no nos informará de cuáles son las diferencias observadas, para lo que debemos recurrir a la realización de un test post-hoc con la finalidad de identificar adecuadamente dichas diferencias, test que en nuestro caso de estudio, al partir de varianzas desiguales, será el Test de Tamhane (Dunnnett & Tamhane, 1992).

Por último, se evaluó la posible existencia de diferencias significativas en cuanto a la sensibilización y al correcto conocimiento de la problemática planteada acorde al género de los encuestados. Dicha hipótesis se analizó para todos los encuestados en general, sin emplear el medio informativo utilizado como herramienta de sesgo, ya que nos interesa ver el efecto del factor género, de existir, de forma aislada. Para ello, al tener datos no pareados procedentes de dos subpoblaciones (varones y mujeres) se usó un test de la U de Mann-Whitney. Este test no paramétrico contrasta como hipótesis nula la igualdad de la suma de rangos de las dos variables analizadas (igualdad de medianas): $H_0: \mu_1 = \mu_2$, frente a la hipótesis alternativa contraria $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, (Nachar, 2008).

Resultados

Resultados descriptivos

Se realizó un estudio descriptivo en cuanto a la opinión de los encuestados sobre si realmente consideraban que estamos ante una sexta extinción masiva de biodiversidad observando que más de un 80% de los encuestados, 65 individuos, apoyaron este hecho científico (**Fig. 7**).

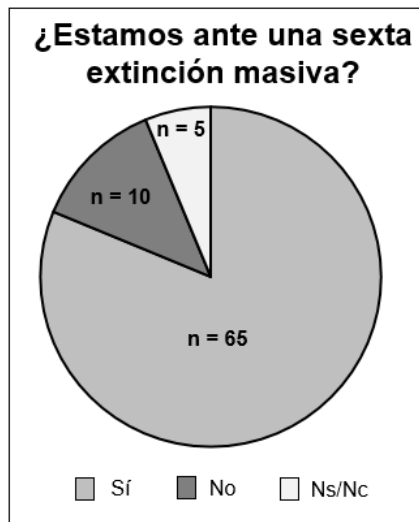


Figura 7: Opinión de los encuestados sobre si realmente estamos ante una sexta extinción masiva con una tasa de pérdida de especies sin precedentes.

Posteriormente se realizó un análisis descriptivo de los resultados medios de aciertos y fallos de las encuestas ejecutadas. El número de abstenciones no fue analizado debido a que no se produjeron, respondiendo todos los individuos a todas las preguntas formuladas. Dichos resultados compilados en la **Figura 8** se clasificaron acorde al medio informativo de uso predominante por los encuestados.

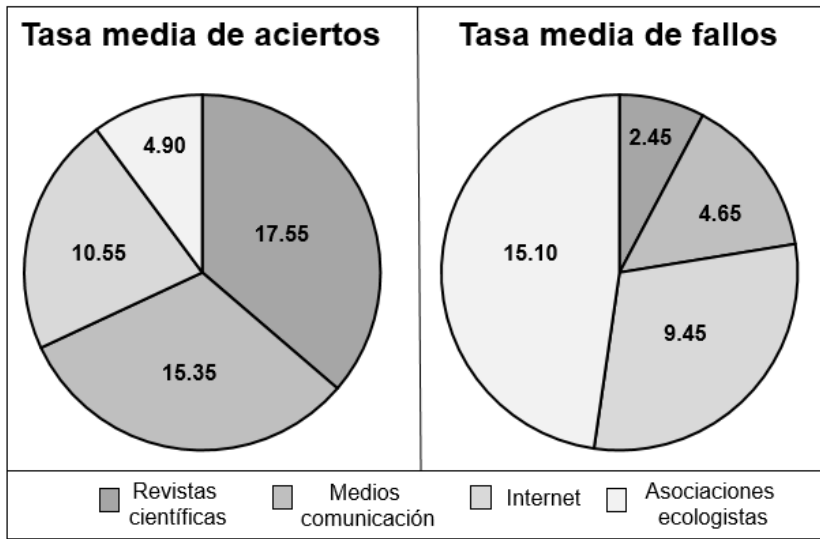


Figura 8: Resultados medios en cuanto al número de aciertos y fallos clasificados acorde al medio informativo de uso mayoritario por parte de los individuos encuestados.

Por último, se analizó el número medio de aciertos y fallos en función del género de los encuestados, sin apreciar aparentemente grandes diferencias entre ambos sexos (**Fig.9**).

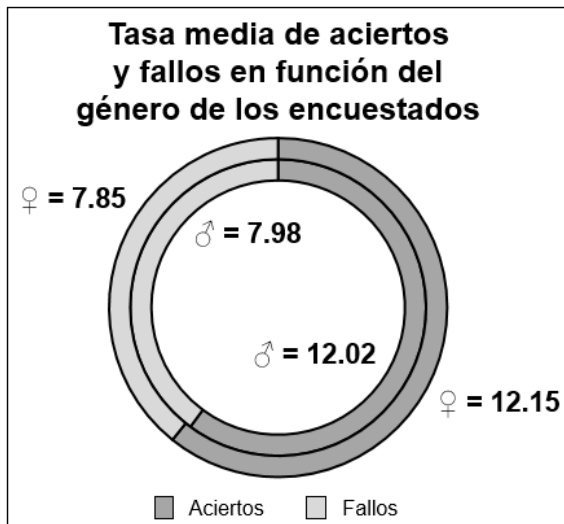


Figura 9: Resultados medios de aciertos y fallos sesgados en función del género de los individuos encuestados.

Resultados estadísticos

En primer lugar se contrastó la posible influencia significativa del medio de información empleado para documentarse ante las problemáticas ambientales del panorama actual, como la sexta extinción. Para ello, dado que partimos de datos no pareados procedentes de 4 subpoblaciones se realizó un test de Kruskal-Wallis de igualdad de medianas ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_n$; H_1 : no cierta H_0), obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 1. Resultados del test de Kruskal-Wallis para las variables dependientes analizadas (VD) mostrando su tamaño muestral (N), el estadístico Chi-cuadrado, los grados de libertad (gl) y la significación asintótica bilateral (Sig.), pudiendo obtener un resultado significativo (* Sig < 0.05), muy significativo (** Sig < 0.01) o altamente significativo (***) Sig < 0.001).

Test de Kruskal-Wallis				
VD	N	Chi²	gl	Sig.
Aciertos	Total: 80	61.534	3	0.000***
Fallos	Por medio infor-	61.534	3	0.000***
Abstenciones	mativo: 20	Ausencia de abstenciones		

Acorde a los resultados altamente significativos debemos rechazar la hipótesis nula de igualdad de medianas entre las subpoblaciones analizadas, por lo que al menos una población o medio informativo presenta diferencias significativas en cuanto a su mediana respecto a las demás. Para poder discernir cuáles son estas diferencias debemos proceder a la realización de un test post-hoc de Tamhane, al asumir la existencia de varianzas desiguales, pudiendo observar los resultados en la **Figura 10**:

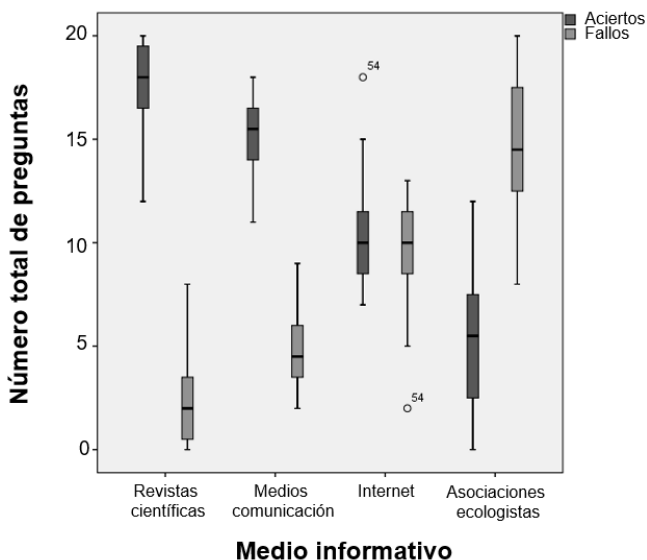


Figura 10: Resultados post-hoc sobre las diferencias observadas para las variables dependientes “Aciertos” y “Fallos” en cuanto a los individuos encuestados pudiendo comparar los medios informativos utilizados entre sí.

Observamos que cada medio informativo conforma un grupo bien diferenciado del resto en cuanto a las variables dependientes analizadas (número de aciertos y fallos), pudiendo recoger esta información en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación esquemática por similitud de medios informativos. Los grupos formados se representan en una escala ordinal, compartiendo la misma clasificación aquellos medios sin diferencias significativas para la variable dependiente (VD) de estudio.

VD	Medio Informativo			
	Revistas científicas	Medios comunicación	Internet	Asociaciones ecologistas
Aciertos	1	2	3	4
Fallos	1	2	3	4

Por último se testó la hipótesis general sobre si el género de los encuestados influenciaba el nivel de conocimiento sobre la problemática ambiental planteada, para lo que se usó un test de la U de Mann-Whitney basado en rangos y en la igualdad de medianas ($H_0: \mu_1 = \mu_2$; $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$), siendo un test

de comparación de muestras independientes procedentes de dos subpoblaciones distintas:

Tabla 3. Resultados del test de la U de Mann-Whitney acorde al género de los encuestados, especificando para cada variable dependiente (VD) sus niveles, tamaño muestral (N), estadístico de contraste (E), rango promedio, suma de rangos y la significación asintótica bilateral (* Sig. < 0,05; ** Sig. < 0,01; *** Sig. < 0,001).

Test de la U de Mann-Whitney						
VD	Ni- vel	N	E	Rango	Σ rangos	Sig.
Aciertos	♂	40	761.500	39.54	1581.50	0.710
	♀	40		41.46	1658.50	
	Total	80		---	---	
Fallos	♂	40	761.500	41.46	1658.50	0.710
	♀	40		39.54	1581.50	
	Total	80		---	---	
Abstencio- nes	♂	40	No se produjo ninguna abstención en las encuestas realizadas			
	♀	40				
	Total	80				

Acorde a nuestros resultados, expresados también de forma gráfica en la **Figura 11**, no se evidenció influencia alguna del género sobre el nivel de concienciación o conocimiento de los individuos encuestados para con la tasa de pérdida de biodiversidad y la sexta extinción.

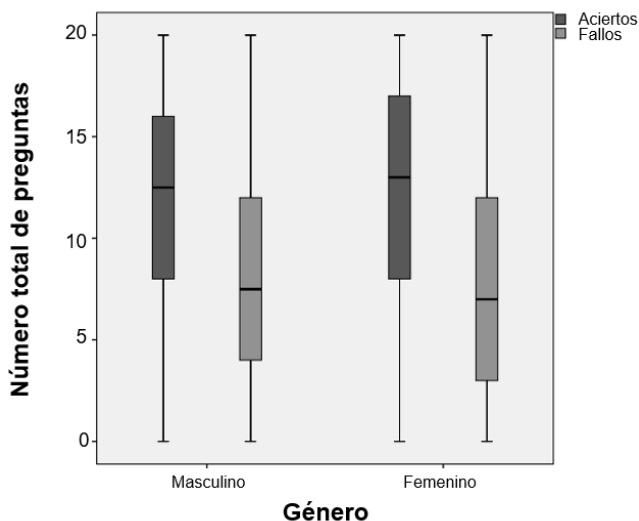


Figura 10: Resultados gráficos de la U de Mann-Whitney realizada para evaluar la posible influencia del género sobre el nivel de conocimiento en nuestro estudio.

Discusión y conclusiones

La elevada huella multiescalar que el ser humano está teniendo sobre la naturaleza a raíz, sobretudo, de la Revolución Industrial, conlleva una serie de impactos cuyas consecuencias, hasta la fecha, pueden llegar a ser impredecibles. De hecho a causa de la influencia antrópica se ha producido un cambio de era geológica, estando inmersos actualmente en lo que se denomina Antropoceno (Crutzen & Stoermer, 2000), cuya característica principal es la generación de una tecnosfera que está alterando la dinámica natural de la biosfera (Dergacheva, 2016).

Sin embargo, aunque en la mayoría de los medios informativos destaca el cambio climático como principal problema ecológico en la actualidad, cabe destacar que, según el estudio de Rockström et al. de 2009, el cambio climático no deja de ser una dimensión más, entre nueve distintas, que serían las causas primordiales del cambio global ante el que nos encontramos. De hecho, es de destacar que en realidad es la pérdida de biodiversidad a escala planetaria la variable mayormente afectada hasta el extremo de afirmarse, por parte de la comunidad científica, el hecho de estar ante una sexta extinción masiva con una tasa de pérdida de especies sin precedentes, cuyo origen reside en las actividades antrópicas (Pimm & Brooks, 2000).

Si bien la causa de dicha pérdida de biodiversidad es, en muchos casos, difusa, a menudo se atribuye toda la responsabilidad al cambio climático, cuando en realidad no se debería olvidar que el modelo de desarrollo del

ser humano siempre se ha basado en la explotación de los recursos naturales, habiendo sobrepasado en las últimas décadas los límites del planeta, acabando con su sostenibilidad (Riera, 2005). Esta sobre-explotación humana de los ecosistemas, derivada del incremento exponencial de la población y de la necesidad de abastecer de alimento a toda la especie, ha conllevado múltiples impactos, entre los que se destaca el cambio en los usos del suelo, responsables de la fragmentación de hábitats naturales, enclaves de residencia de especies, que han visto destruido su hábitat, conformando esto una seria amenaza para su supervivencia (Zwick, 1992).

Acorde a nuestro estudio, el género de los encuestados no supuso la existencia de diferencias significativas en cuanto al conocimiento de la problemática de pérdida de biodiversidad, presentando un grado de información científica similar por parte de ambos sexos, corroborando de esta forma lo expuesto en trabajos como el de Aragonés et al., 2006 sobre la igualdad de concienciación ambiental por parte de ambos géneros. Por otra parte, el medio informativo empleado por los encuestados sí se evidenció como una herramienta de sesgo a la hora de mostrar un mejor conocimiento sobre la pérdida de biodiversidad. De este modo, aquéllos individuos cuya información presentaba un origen científico mostraron un conocimiento muy elevado de la problemática planteada, seguido de aquéllos cuyas vías de información se basaban en los medios de comunicación, donde juega un rol muy relevante el asesoramiento de los profesionales de las Ciencias Divulgativas por parte de expertos del sector, dando lugar a un periodismo especializado que consigue presentar un nivel de difusión mucho mayor en la sociedad que las revistas científicas de impacto (Belenguer Jané, 2003). Por otra parte, los individuos que mostraron una mayor predisposición a informarse a través de internet evidenciaron un grado de conocimiento intermedio para con la pérdida de biodiversidad, fruto seguramente de la mezcla en este medio de periodismo especializado junto a documentos que reflejan en mayor medida intereses políticos o económicos que puramente científicos (Edwards et al., 2004). Por último, fueron los individuos informados a través de Organismos No Gubernamentales y asociaciones ecologistas los que mostraron un mayor déficit de conocimiento de la situación, debido probablemente a que existe un sesgo por parte de dichas asociaciones a concienciar a la población sobre especies puntuales que son percibidas de forma más cercana por la sociedad (Martín-López & Montes, 2010), como los mamíferos o las aves (p. ej. Disneyficación de la naturaleza (Rotherham, 2015)), prevaleciendo de este modo un interés económico sobre un interés ecológico (Breachin et al., 2002).

En definitiva, a modo de conclusión solo queda destacar que pese a la elevada difusión del cambio climático como principal causa de la pérdida de especies y principal problema de índole ambiental no debemos olvidar que conforma una simple dimensión dentro del cambio global, debiendo por

tanto estudiar sus relaciones con el resto de factores y no de forma aislada a modo de problemática individual, pudiendo destacar la mayor relevancia de otros factores como la fragmentación de los ambientes naturales sobre los impactos en la biodiversidad, siendo un constructo social basado en lo que la población demanda conservar, siendo más prudente optar por una conservación basada en los procesos ecosistémicos, es decir, en la diversidad biológica, que en especies emblemáticas.

Referencias bibliográficas

- Aragónés, J. I., Sevillano, V., Cortés, B., & Amérigo, M. (2006). Cuestiones ambientales que se perciben como problemas. *Medio ambiente y comportamiento humano*, 7 (2), 1-19.
- Atmar, W. & Patterson, B. D. (1993). The measure of order and disorder in the distribution of species in fragmented habitat. *Oecologia*, 96 (3), 373-382. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00317508>
- Belenguer Jané, M. (2003). Información y divulgación científica: dos conceptos paralelos y complementarios en el periodismo científico. *Estudios sobre el mensaje periodístico*, (9), 43-53.
- Brechin, S. R., Wilshusen, P. R., Fortwangler, C. L., & West, P. C. (2002). Beyond the square wheel: toward a more comprehensive understanding of biodiversity conservation as social and political process. *Society & Natural Resources*, 15 (1), 41-64. doi: <https://doi.org/10.1080/089419202317174011>
- Breslow, N. (1970). A generalized Kruskal-Wallis test for comparing K samples subject to unequal patterns of censorship. *Biometrika*, 57 (3), 579-594. doi: <https://doi.org/10.1093/biomet/57.3.579>
- Castellanos, C. A. (2006). Extinción. Causas y efectos sobre la diversidad biológica. *Revista Luna Azul*, 23, 33-37.
- Ceballos, G. & Ortega-Baes, P. (2011). La sexta extinción: la pérdida de especies y poblaciones en el Neotrópico. In: Simonetti J y Dirzo R (eds.) *Conservación biológica: perspectivas de Latinoamérica*. Editorial Universitaria. Chile, pp. 95-108.
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M. & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1 (5), e1400253. doi: <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>
- Crutzen, P. J., Stoermer, E. F. (2000). Global change newsletter. *The Anthropocene*, 41, 17-18.
- de Miguel, J. M., Casado, M. A., Rodríguez, J. M., & Pineda, F. D. (2002). Claves para comprender la diversidad biológica y conservar la biodiversidad. In *La diversidad biológica de España* (pp. 7-32). Prentice Hall.
- Dergacheva, E. A. (2016). Sociotechnonatural globalization: consequences for society, nature and Humanity. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 6, 27-27.

- Dunnett, C. W., & Tamhane, A. C. (1992). A step-up multiple test procedure. *Journal of the American Statistical Association*, 87 (417), 162-170.
- Edwards, M., Gil, D., Vilches, A., & Praia, J. (2004). La atención a la situación del mundo en la educación científica. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 22 (1), 47-64.
- Ehrlich, P., & Ehrlich, A. (1981). *Extinction: the causes and consequences of the disappearance of species*. *The Quarterly Review of Biology*, 57 (3), 343.
- García Novo, F., Díaz Pineda, F. & Gómez Sal, A. (2006). *Diversidad biológica y biodiversidad*. Fundación Ramón Areces. Madrid.
- Gaston, K. J. (2000). Global patterns in biodiversity. *Nature*, 405 (6783), 220-227. doi: <https://doi.org/10.1038/35012228>
- Gurevitch, J. & Padilla, D. K. (2004). Are invasive species a major cause of extinctions?. *Trends in ecology & evolution*, 19 (9), 470-474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.005>
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54 (2), 427-432. doi: <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Huston, M. (1979). A general hypothesis of species diversity. *The American Naturalist*, 113 (1), 81-101.
- IBM Corp. Released. (2012). IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Klier, G. (2016). La naturaleza que se conserva: Una aproximación al concepto de biodiversidad. *Apuntes de Investigación del CECYP*, (27).
- Lawton, J. H. (1994). What do species do in ecosystems?. *Oikos*, 367-374.
- Leakey, R. & Lewin, R. (1996). *The sixth extinction: biodiversity and its survival*.
- Legendre, P., Borcard, D., & Peres-Neto, P. R. (2005). Analyzing beta diversity: partitioning the spatial variation of community composition data. *Ecological Monographs*, 75 (4), 435-450. doi: <https://doi.org/10.1890/05-0549>
- MacArthur, R. (1955). Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecology*, 36 (3), 533-536. doi: <https://doi.org/10.2307/1929601>

- Martín-López, B., & Montes, C. (2010). Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. *Guía científica de Urdaibai*, 1, 13-32.
- McNeely, J. A. & Schroth, G. (2006). Agroforestry and biodiversity conservation—traditional practices, present dynamics, and lessons for the future. *Biodiversity & Conservation*, 15 (2), 549-554. doi: <https://doi.org/10.1007/s10531-005-2087-3>
- Nachar, N. (2008). The Mann-Whitney U: A test for assessing whether two independent samples come from the same distribution. *Tutorials in Quantitative Methods for Psychology*, 4 (1), 13-20. doi: <http://dx.doi.org/10.20982/tqmp.04.1.p013>
- Osinski, I. C., Bruno, A. S. & Costas, C. S. L. (2000). Estudio de la potencia de los contrastes de medias con dos y tres grupos con tamaño de efecto pequeño y en condiciones de no normalidad y heterocedasticidad. *Psicothema*, 12 (Suplemento), 114-116.
- Pearson, R. G. & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global ecology and biogeography*, 12 (5), 361-371. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x>
- Pievani, T. (2014). The sixth mass extinction: Anthropocene and the human impact on biodiversity. *Rendiconti Lincei*, 25 (1), 85-93. doi: <https://doi.org/10.1007/s12210-013-0258-9>
- Pimm, S. L., & Brooks, T. M. (2000). The sixth extinction: How large, where, and when (pp. 46-62). *Nature and Human Society: The Quest for a Sustainable World*. Washington DC: National Academy Press.
- Quispe Gerónimo, C. (2004). ¿Es el Factor de Impacto un buen indicador para medir la calidad de las revistas científicas?: análisis de algunos problemas generados por su uso. *Infobib*, (3).
- Rau, J. R. (2002). Biodiversidad y su cuantificación. *Conservation Biology*, 16(6), 1666-1668. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2002.01664.x>
- Raup, D. M. (1986). Biological extinction in earth history. *Science*, 231 (4745), 1528-1533. doi: <https://doi.org/10.1126/science.11542058>
- Ricklefs, R. E. (2004). A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology letters*, 7 (1), 1-15. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00554.x>
- Riera, P. (2005). *Manual de economía ambiental y de los recursos naturales*. Editorial Paraninfo.

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F. S., Lambin, E., Timothy, M. L., Scheffer, M., Folke, C., Schellhuber, H. J., Nykcist, B., de Wit, C. A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R. W., Fabry, V. J., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and society*, 14(2). Recuperado de goo.gl/cYfs2c
- Rosser, A. M. & Mainka, S. A. (2002). Overexploitation and species extinctions. *Conservation Biology*, 16 (3), 584-586. doi: <http://www.jstor.org/stable/3061203>
- Rotherham, I. D. (2015). Eco-history: an introduction to biodiversity and conservation. *ECOS*, 36 (1), 66-71
- Strogatz, S. H. (2001). Exploring complex networks. *Nature*, 410 (6825), 268-276. doi: <https://doi.org/10.1038/35065725>
- Santander, T., González Novoa, J. A., Tapia, W., Araujo, E., & Montes del Olmo, C. (2009). *Tendencias de la investigación científica en Galápagos y sus implicaciones para el manejo del archipiélago*.
- Shmida, A. V. I., & Wilson, M. V. (1985). Biological determinants of species diversity. *Journal of biogeography*, 1-20.
- Tuomisto, H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33 (1), 2-22. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.05880.x>
- Vilches, A. & Gil-Pérez, D. (2014). Ciencia de la Sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y divulgación de las ciencias*, 11 (3), 436-438. Recuperado de goo.gl/kbGkLD
- Walker, B. H. (1992). Biological and ecological redundancy. *Conserv. Biol*, 6, 18-23.
- Zwick, P. (1992). Stream habitat fragmentation—a threat to biodiversity. *Biodiversity & Conservation*, 1 (2), 80-97. doi: <https://doi.org/10.1007/BF00731036>

Anexo 1: Modelo del cuestionario realizado

3) Preguntas de sesgo:

Género: Masculino Femenino

Nivel Académico: Graduado Máster Doctor

Medio informativo: Revistas científicas Medios de comunicación
 Internet Asociaciones ecologistas (ONGs)

4) Responda a la siguiente pregunta:

¿Considera que estamos ante la sexta extinción masiva en cuanto a pérdida de biodiversidad? Sí No

5) Primera parte del cuestionario dicotómico sobre la sexta extinción masiva como problemática ambiental. Responda si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F) acorde a su criterio:

Pregunta		V	F
1	La pérdida de biodiversidad es la segunda dimensión más afectada del cambio global tras la alteración de los ciclos biogeoquímicos.		
2	La tasa anual de pérdida de especies se estima que supera las 40,000 especies al año.		
3	La sexta extinción masiva tuvo su origen en el Holoceno como período geológico.		
4	La pérdida actual de biodiversidad afecta, predominantemente, a los mamíferos y las aves.		
5	El oso polar es la especie más afectada en cuanto a su declive poblacional debido al cambio climático.		
6	El medio acuático está más afectado en cuanto a pérdida de especies que el medio terrestre.		
7	La tasa de pérdida de especies durante la sexta extinción fue estimada por primera vez en 1993 por el biólogo E. I. Wilson.		
8	Es más preocupante la pérdida de procesos ecológicos en la actualidad que la pérdida de especies.		
9	El horizonte como catástrofe natural sin retorno de la sexta extinción masiva se sitúa en el año 2100.		
10	La sexta extinción masiva de biodiversidad es la segunda gran extinción causada por el ser humano.		

- 6) Segunda parte del cuestionario dicotómico sobre las causas y efectos de la tasa actual de pérdida de especies. Responda si las siguientes afirmaciones son verdaderas (V) o falsas (F) acorde a su criterio:

Pregunta		V	F
1	La pérdida de biodiversidad es un impulsor indirecto del cambio global.		
2	La principal causa de la sexta extinción masiva es el cambio climático.		
3	El cambio reciente en los usos del suelo no ha producido todavía una fragmentación del hábitat suficiente para que las especies se vean afectadas.		
4	Las grandes extinciones masivas del pasado geológico coincidieron con períodos en los que se alteró el ciclo del carbono.		
5	La huella de carbono es causa principal del cambio climático.		
6	Pese a la extinción actual de especies, su densidad de población no se ha visto alterada.		
7	Científicamente hablando es más adecuado hablar de defaunación más que de extinción.		
8	La sobreexplotación de las especies no es considerada un factor clave de la sexta extinción de biodiversidad.		
9	Todas las especies exóticas son invasoras, desplazando a especies autóctonas y comprometiendo su viabilidad.		
10	La sexta extinción no traerá consecuencias que comprometan la supervivencia del ser humano.		