

Análisis de los microcontextos de la investigación en microbiología desde la perspectiva de la sostenibilidad

Sara Milena Ortiz-Muñoz¹, Jorge Antonio Mejía-Escobar², Leonardo Alberto Ríos-Osorio^{1,*}, Walter Alfredo Salas-Zapata¹

Resumen: La microbiología ha contribuido a la sostenibilidad mediante el estudio de los microorganismos y su posible utilización para resolver problemas ambientales. No obstante, no existen estudios que traten los problemas, conceptos y ámbitos de la microbiología relevantes cuando se analiza un corpus de estudios de sostenibilidad relacionados con la microbiología. En esta investigación se analizaron los microcontextos de investigaciones que versan sobre este tema. Se describieron los problemas de la microbiología, usos de los microorganismos, conceptos de microbiología y el significado que, para los investigadores, tiene el concepto de sostenibilidad. El presente trabajo aporta un insumo para formar microbiólogos.

Palabras clave: Análisis de corpus; microcontextos; sostenibilidad; microbiología; desarrollo sostenible; formación.

Analysis of micro-contexts in microbiology research from the perspective of sustainability

Abstract: Microbiology has contributed to sustainability through the study of microorganisms and their possible use in solving environmental problems. However, no studies have been reported that explore the problems, concepts, and branches of microbiology that are relevant when analyzing a corpus of sustainability studies related to microbiology. This study examines the micro-contexts of microbiology research related to sustainability. Four aspects are considered: target problems, uses of microorganisms, basic concepts in microbiology, and the meanings of sustainability for researchers. The findings of the study may be of use in the training of microbiologists.

Keywords: Corpus analysis; micro-contexts; sustainability; microbiology; sustainable development; training.

Panace@ 2017; 18 (45): 19-29

Recibido: 08.VIII.2017. Aceptado: 17.XII.2017.

1. Introducción

El análisis o lingüística de corpus es un enfoque metodológico utilizado para entender el significado de las palabras a través de la descripción y análisis del uso (Parodi, 2008). Un corpus es una colección o conjunto de textos representativos de un tema específico que comparten rasgos definitorios (Parodi, 2008). Por su representatividad, un buen corpus permite identificar y representar estilos de pensamiento (Römer *et al.*, 2010), revelar tendencias en campos de conocimiento y reconocer usos y significados de los conceptos en un ámbito determinado de un saber.

En un análisis de corpus, el estudio de los significados de un concepto, la descripción de un campo de conocimiento, o de sus tendencias, se realiza por medio del análisis de microcontextos. Un micro-contexto es el entorno inmediato de las palabras (Reque, 2002). Su estudio se hace necesario porque este da cuenta del sistema conceptual que construye el significado de las palabras, que se revela a través del uso que estas tienen en diferentes ámbitos (Barzanallana, 2014).

Como perspectiva en investigación científica, la sostenibilidad se refiere al estudio de problemas relacionados con las interacciones dinámicas naturaleza-sociedad, que ponen en peligro el bienestar humano y el de los ecosistemas (Clark

et al., 2003). De ahí que los problemas de interés desde la perspectiva de la sostenibilidad, puedan agruparse en ámbitos como agricultura, energía, recursos hídricos, sistemas forestales y de pesca, salud y desarrollo humano, economía y negocios, sistemas urbanos y de transporte, y gobernanza de la deuda y política fiscal (Kajikawa *et al.*, 2014). Por esa razón, el estudio de este tipo de problemas desde abordarse desde diferentes disciplinas y supone cambios en el modo tradicional de hacer investigación (Kajikawa *et al.*, 2007; Martens, 2006).

La microbiología es una de las disciplinas que, en la perspectiva de la sostenibilidad, ha tratado el estudio de problemas relacionados con ámbitos como la agricultura y la energía (Fon *et al.*, 2013). Sin embargo, para impulsar cambios en el modo de hacer investigación en microbiología es necesario entender el significado que tiene la sostenibilidad para los investigadores y cómo este se traduce en intereses, propósitos y necesidades de la investigación con microorganismos.

Habida cuenta de lo mencionado anteriormente, es pertinente un análisis del corpus de investigaciones en microbiología desarrolladas desde la perspectiva de la sostenibilidad. No obstante, los análisis de corpus de estudios de sostenibili-

¹ Grupo de Investigación Salud y Sostenibilidad, Escuela de Microbiología, Universidad de Antioquia (Colombia)

² Grupo de Investigación Conocimiento, Filosofía, Ciencia, Historia y Sociedad, Instituto de Filosofía, Universidad de Antioquia (Colombia)

*Dirección para correspondencia: leonardo.rios@udea.edu.co

dad son, hasta el momento, muy escasos. Solamente se puede identificar un análisis lingüístico realizado por Fabbrizzi *et al.* (2016), orientado específicamente a profundizar en la evolución del debate de la investigación relacionada con la sostenibilidad y con la relación entre la alimentación y la sostenibilidad durante el periodo pre-Río y post-Río. En el primero se identifican sectores asociados a la agricultura con una visión en la que los aspectos ecológicos y ambientales son dominantes, mientras que, en el segundo, el sector energético y la sostenibilidad humana se convierten en el centro de atención. En el caso de la investigación sobre microbiología desde la perspectiva de la sostenibilidad no se han hallado estudios anteriores.

Un aspecto que hace aún más necesario este análisis de corpus es la polisemia del concepto «sostenibilidad». Este se ha asumido de formas tan diversas como ‘la capacidad para mantener algo que no ha disminuido más de un periodo de tiempo’ (Lele *et al.*, 1996), y ‘la habilidad para sostener, o un estado que puede ser mantenido a un cierto nivel’ (Kajikawa, 2008:218). Por otro lado, la expresión «desarrollo sostenible» (World Commission on Environment and Development, 1987) se define como: «(...) el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades».

Sobre la base de estos antecedentes, el objetivo de este trabajo fue analizar los microcontextos de la investigación en microbiología desde la perspectiva de la sostenibilidad. Particularmente, este estudio se aplicó al corpus correspondiente a los estudios de microbiología relacionados con la sostenibilidad. Se analizaron los microcontextos de los conceptos referidos a microorganismos y, a partir de este estudio, se identificaron los diversos significados del concepto clave así como los conceptos, usos y ámbitos problemáticos de la microbiología. Este análisis permitió identificar necesidades de formación de microbiólogos e investigadores y conceptos relevantes para orientar una transición de dicha formación hacia el logro de la sostenibilidad.

2. Materiales y métodos

El trabajo es la continuación del proyecto de caracterización metodológica de la ciencia de la sostenibilidad llevado a cabo por Salas *et al.* (2016).

2.1. Protocolo de la revisión sistemática

Se utilizó el protocolo propuesto por Salas *et al.* (2016). Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica, en las bases de datos Science Direct y EBSCO, usando una estrategia de selección para recuperar los artículos que contuvieran el término «*sustainability*» en el título, y los términos «*methods*» o «*methodology*» en cualquier parte del texto. La búsqueda se restringió al año 2013 y a artículos originales redactados en inglés. Posteriormente, se procedió a aplicarles los criterios de inclusión: en primer lugar, los artículos versan sobre investigaciones originales (no revisiones sistemáticas) y, en segundo, las secciones de «métodos» y de «resultados» debían estar claramente diferenciadas.

2.2. Elaboración del corpus

Para la elaboración del corpus se utilizaron los artículos de investigación seleccionados mediante el protocolo de revisión sistemática. Cada uno de estos artículos fue transformado a formato Word con la ayuda de un programa de conversión de PDF a ASCII, eliminando la bibliografía para que no causara interferencias en los análisis. Por último, fueron procesados en conjunto.

Para el análisis se usó AntConc, un software gratuito para el análisis lingüístico y de corpus, desarrollado por el profesor Laurence Anthony, director del Centro para la Educación del Idioma Inglés en la Universidad de Waseda (Japón). La versión usada en este trabajo fue la 3.4.4 (Anthony, 2005).

2.3. Selección en el corpus de las formas gráficas de microbiología

Con la herramienta Word list del programa de análisis, que permite contar todos los tipos (*types*) (cada una de las palabras diferentes que se encuentran en el corpus), los *tokens* (el número de palabras totales que aparecen en el corpus, independientemente de si están repetidas o no) y los *hapax* (aquellas palabras que aparecen solo una vez en todo el corpus) que se encuentran presentes en el corpus (Herrero, 1982) se pudo realizar una selección de los tipos que aludían a microorganismos. Se asumieron seis grupos para abarcar la microbiología; uno de ellos para incluir «microbios» y otros cinco referidos a otros tipos de microorganismos (bacterias, hongos, microalgas, virus y protozoos).

2.4. Selección de las colocaciones de los tipos o formas gráficas relacionadas con microbiología

Una colocación es una palabra que está relacionada con otra por su vecindad (Baker *et al.*, 2006). Para establecer las palabras asociadas a las formas gráficas (microbios, bacterias, hongos, microalgas, virus y protozoos) se realizó un análisis de colocaciones en AntConc usando la herramienta de búsqueda avanzada. Para el mismo se tomaron colocaciones con frecuencia mínima de tres, ya que aquellas inferiores no son significativas (Manning *et al.*, 2002). También se utilizó el indicador estadístico de medida MI (Mutual Information) y se estableció un rango de búsqueda de diez palabras a la izquierda y diez a la derecha de la forma gráfica para identificar las colocaciones.

Los datos arrojados por el software fueron guardados y luego transformados en un archivo de Excel, donde las colocaciones se ordenaron de mayor a menor. Esta lista fue sometida a un análisis que excluyó las palabras vacías como preposiciones, conjunciones, artículos, adverbios y nexos, quedando incluidas solamente las colocaciones que poseían un significado consistente, de tal manera que la lista solo contenía verbos, sustantivos, adjetivos y en algunos casos consonantes como por ejemplo «C» o «P», que podían ser abreviaciones de elementos químicos.

Finalmente, se sintetizaron en una sola colocación los términos que contenían un mismo significado como, por ejemplo, *biofuel* y *biofuels*, que se recogieron en su versión singular.

2.5. Elaboración de mapas conceptuales a partir del análisis de microcontextos

Las colocaciones son los elementos constitutivos de los microcontextos. Por esa razón para analizar el microcontexto de cada una de las palabras microbios, bacterias, hongos, microalgas, virus y protozoos (formas gráficas) se elaboró un mapa conceptual por cada una de estas formas gráficas. Los mapas fueron contruidos con las colocaciones respectivas de cada forma gráfica.

En cada mapa conceptual se identificaron los conceptos relevantes de la microbiología desde la perspectiva de la sostenibilidad y se analizó el lenguaje de los investigadores, el significado del concepto de sostenibilidad para estos, los sectores o ámbitos problemáticos en los que tiene lugar la investigación en microbiología y los usos de los microorganismos dentro de estas investigaciones.

3. Resultados

3.1. Descripción del corpus

El protocolo de revisión arrojó un resultado de 253 artículos de investigación. Con este se construyó un corpus de 50472 *types* (fg), 1896735 *tokens* (ocurr.) y 20609 *hapax*. De las 253 investigaciones (las cuales están clasificadas en

las áreas temáticas de estudios medioambientales, economía y negocios, ingeniería, agricultura, química, biología, ciencias sociales, ciencias de la tierra, educación, energía, física, administración pública, matemáticas, ciencias y obras integrales, tecnología, transporte, industria alimentaria, filosofía, recursos hídricos, entre otras) se encontraron 24 artículos (9,49%) relacionados con microbiología, que no entran en una clasificación por área temática como los demás, sino que se trata de investigaciones que tienen contenido microbiológico en su desarrollo (Figura 1).

En el corpus se encontraron seis tipos de formas gráficas (*types*) correspondientes a microorganismos. El primero, «Bacterias», incluye los términos *bacteria*, *bacterial*, *bacteriological* y *bacillus*; el segundo «Hongos», que incluye *fungi*, *fungus*, *fungus*, *hyphae*, *mycelium*, *fungicides*, *fungicide*, *candida*, *fusarium*, *mycorrhizal*, *mycorrhiza*, *mycorrhi*, *mychorriza*, *mycotoxin* y *mycotoxins*; el tercero, «Microbios», en el que se incluyeron formas gráficas como *microbial*, *microbes* y *microbiota*; el cuarto, «Microalgas», en el que se incluyeron las formas gráficas *alga*, *microalgae*, *algal* y *microalgas*; el quinto, «Virus» abarcó los términos *virus* y *viruses*; y el sexto grupo, «protozoos» aludió a protozoos (ver Tabla 1).

Artículos de investigación en sostenibilidad del año 2013.

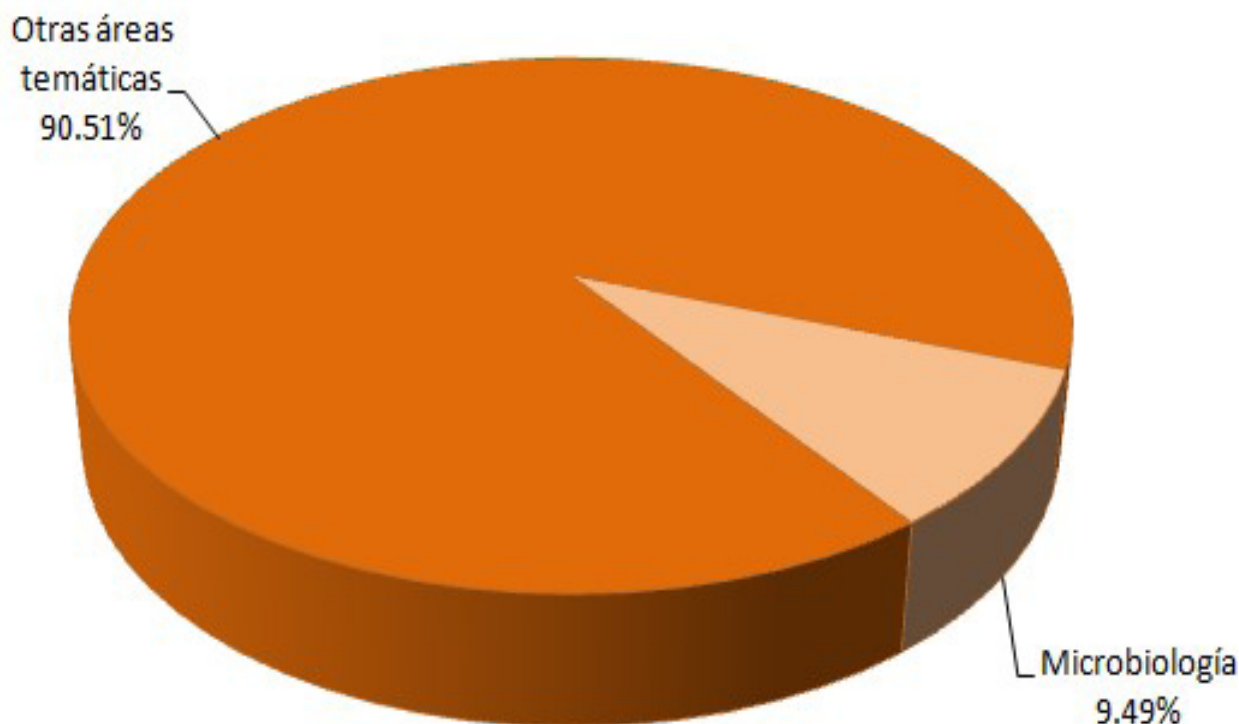


Figura 1. Porcentaje de artículos de investigación en sostenibilidad publicados en el año 2013, registrados en Science Direct y EBSCO

Tabla 1. Formas gráficas relacionadas con microbiología encontradas en el corpus

Autores	Formas gráficas	Frecuencias
(Dote <i>et al.</i> , 2013; Koefoed, 2013; Schramski <i>et al.</i> , 2013; Seleiman <i>et al.</i> , 2013; Taelman <i>et al.</i> , 2013; Zhang <i>et al.</i> , 2013)	Bacteria Bacterial Bacteriological Bacillus	9
(Schramski <i>et al.</i> , 2013; Seleiman <i>et al.</i> , 2013; Szolnoki, 2013; Thomsen <i>et al.</i> , 2013; Vasileiadis <i>et al.</i> , 2013)	Fungi Fungus Fungal Hyphae Mycelium Fungicides Fungicide Candida Fusarium Mycorrhizal Mycorrhiza Mycorrhhi Mychorriza Mycotoxin Mycotoxins	96
(Arnés <i>et al.</i> , 2013; Ferguson <i>et al.</i> , 2013; LeCorre <i>et al.</i> , 2013; Van Leeuwen <i>et al.</i> , 2013; Premi <i>et al.</i> , 2013; Seleiman <i>et al.</i> , 2013; Torres <i>et al.</i> , 2013; Vatalis <i>et al.</i> , 2013)	Microbial Microbes Microbiota	14
(Draganovic <i>et al.</i>, 2013; Holma <i>et al.</i>, 2013; Lundberg, 2013; Rodrigues <i>et al.</i>, 2013; Tadesse, 2013; Villagra <i>et al.</i>, 2013; Ziolkowska, 2013)	Algae Microalgae Algal Microalgas	275
(Dote <i>et al.</i> , 2013; Magigi, 2013)	Virus Viruses	3
(Magigi, 2013)	Protozoa	1
		398
* Estas formas gráficas se seleccionaron a partir de la lista de palabras que componen el corpus. La tabla describe la frecuencia de aparición de dichas palabras en todo el corpus y los autores de las investigaciones en las que aparecen.		

Entre las formas gráficas encontradas destacan dos grupos: el de microalgas y el de hongos. Las formas gráficas referidas a estos dos tipos de microorganismos se hallan, respectivamente, en nueve y seis de las 24 investigaciones. Dentro de las investigaciones referidas al grupo de microalgas, cuatro de ellas poseen el mayor número de frecuencias (Draganovic *et al.*, 2013; Holma *et al.*, 2013; Taelman *et al.*, 2013; Ziolkowska, 2013) y en el grupo hongos una investigación tiene más de la mitad de las frecuencias encontradas (Seleiman *et al.*, 2013) (Figura 2).

3.2. Análisis de corpus

En cada uno de estos grupos se encontró un número diferente de colocaciones: Microalgas (n = 258), Hongos (n = 116), Microbios (n = 8), Bacterias (n = 5) y Protozoos y Virus (n = 0). Debido a la baja frecuencia tanto de sus formas gráficas

como de sus correspondientes colocaciones, los grupos de Microbios, Bacterias, Protozoos y Virus no se tuvieron en cuenta para sintetizar sus colocaciones ni para analizar los microcontextos.

Después de realizar la síntesis de las formas gráficas de los grupos de Microalgas y Hongos se disminuyeron las formas gráficas que hacían parte de estos dos grupos, valores que bajaron de (n = 258) a (n = 169) y de (n = 116) a (n = 97), respectivamente. (Tablas 2 y 3).

3.3. Microcontextos

Con las colocaciones sintetizadas se construyeron dos mapas o sistemas conceptuales. Uno representa el microcontexto de las formas gráficas del grupo Hongos, y el otro el microcontexto de las formas gráficas del grupo Microalgas (Figuras 3 y 4).

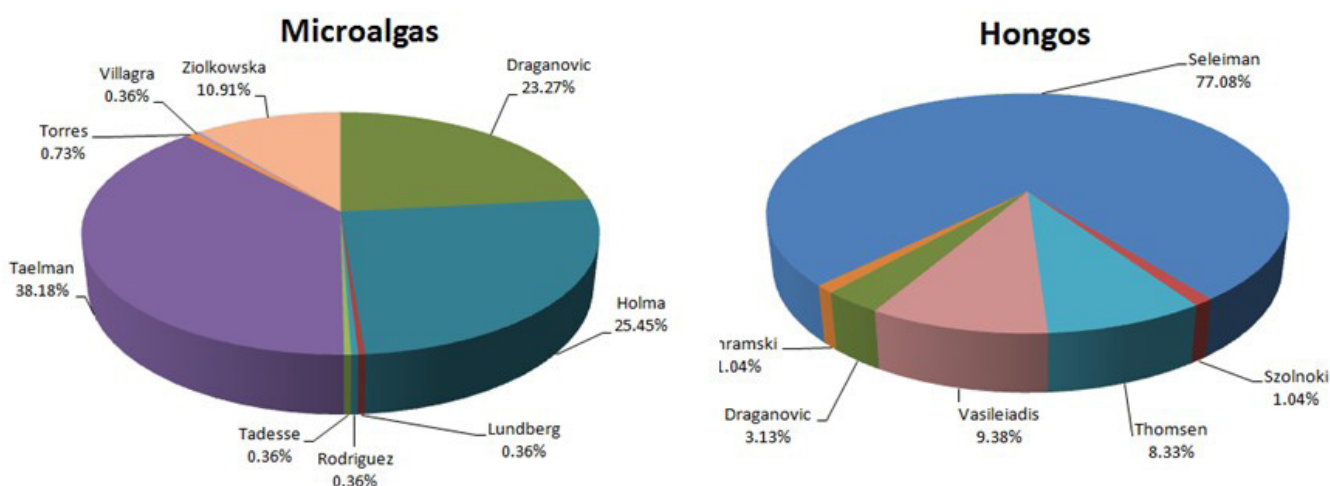


Figura 2. Frecuencia relativa porcentual por autor de las formas gráficas que componen los grupos Microalgas (izquierda) y Hongos (derecha).

Tabla 2. Colocaciones sintetizadas con su respectiva frecuencia ≥ 3 del grupo formas gráficas relacionadas con algas (<i>algae, microalgae, algal</i> y <i>microalgas</i>)							
Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate
118	product	11	water	5	costs	3	arable
93	oil	10	alternatives	5	degradation	3	available
56	fish	10	carbon	5	efficiency	3	biodiversity
44	biomass	10	dehulled	5	industrial	3	breeding
43	exergy	10	life	5	lardon	3	categories
39	meal	9	crop	5	large	3	cellulosic
38	algae	9	cycle	5	one	3	centrifuge
34	feed	9	gluten	5	pea	3	climate
33	biofuel	9	growth	5	purposes	3	composition
28	energy	9	protein	5	quality	3	contribution
28	scenario	9	source	5	raw	3	conversion
27	cultivation	9	total	5	times	3	fertilisation
25	environmental	9	work	5	traditional	3	final
24	sustainability	8	case	5	upscaling	3	first
24	system	8	development	5	yield	3	forecast
22	emission	8	footprint	4	according	3	freeze
21	biodiesel	8	harvesting	4	contrast	3	fuel
21	dry	8	microalgae	4	crustaceans	3	future
21	switchgrass	8	ponds	4	culture	3	gas
20	soy	8	relatively	4	different	3	general
20	sunflower	8	requirements	4	during	3	hand
18	chain	8	residue	4	economic	3	little
18	plant	8	soil	4	fossil	3	long

Tabla 2. Colocaciones sintetizadas con su respectiva frecuencia ≥ 3 del grupo formas gráficas relacionadas con algas (algae, microalgae, algal y microalgas) (cont.)

Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate
16	diet	8	three	4	four	3	market
16	feedstock	7	analysis	4	important	3	materials
16	forest	7	aquaculture	4	main	3	much
15	corn	7	both	4	maximizing	3	panels
15	electricity	7	derived	4	method	3	parameters
15	krill	7	facility	4	open	3	performance
15	soybean	7	high	4	output	3	problem
14	land	7	kg	4	phosphorus	3	red
14	wheat	7	natural	4	photobioreactor	3	research
13	beans	7	scale	4	photosynthetic	3	salt
13	diesel	7	shows	4	policy	3	social
13	ingredients	7	sunlight	4	productivity	3	solar
13	input	6	assessment	4	pumped	3	thermal
13	objective	6	concentrate	4	ranking	3	uncertainty
13	potential	6	ethanol	4	setup	3	via
13	resource	6	nutrients	4	significantly	3	within
12	canola	6	technology	4	species	3	would
12	pilot	5	addition	4	stock		
12	value	5	allocation	4	terrestrial		
11	term	5	consumption	3	anthropogenic		

Tabla 3. Colocaciones sintetizadas con su respectiva frecuencia ≥ 3 del grupo formas gráficas relacionadas con hongos (Fungi, fungus, fungal, hyphae, mycelium, fungicides, fungicide, candida, fusarium, mycorrhizal, mycorrhizi, mycorrhiza, mycotoxin y micotoxins)

Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate
35	sludge	8	herbicide	4	coefficient	3	following
26	plant	7	content	4	different	3	germany
23	root	7	crop	4	digested	3	hemp
22	fertilizer	7	number	4	dressing	3	ions
21	fungi	7	solubilization	4	have	3	kg
21	soil	7	vesicle	4	herb	3	less
20	mycorrhizal	6	accumulation	4	host	3	may
20	sewage	6	availability	4	hyphae	3	metal
17	colonization	6	mineral	4	oilseed	3	most
15	synthetic	6	reduction	4	particularly	3	nitrogen
14	was	6	seed	4	simple	3	observed
12	fig	6	through	4	some	3	organic
12	spore	6	uptake	3	alder	3	ortas

Tabla 3. Colocaciones sintetizadas con su respectiva frecuencia ≥ 3 del grupo formas gráficas relacionadas con hongos (Fungi, fungus, fungal, hyphae, mycelium, fungicides, fungicide, candida, fusarium, mycorrhizal, mycorrhi, mychorriza, mycotoxin y micotoxins) (cont.)

Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate	Freq	Collocate
11	application	5	bacteria	3	analyses	3	pumped
11	can	5	correlation	3	associated	3	reactor
11	grown	5	dilute	3	based	3	relationship
11	maize	5	due	3	both	3	resulted
11	sand	5	improve	3	candida	3	spp
11	treatment	5	including	3	chen	3	streams
11	use	5	rape	3	clear	3	such
10	increase	5	shoots	3	comparison	3	translocates
9	arbuscular	5	table	3	considered	3	water
9	nutrient	5	utilis	3	converts		
9	smith	4	been	3	development		
8	ethanol	4	biomass	3	feedstock		

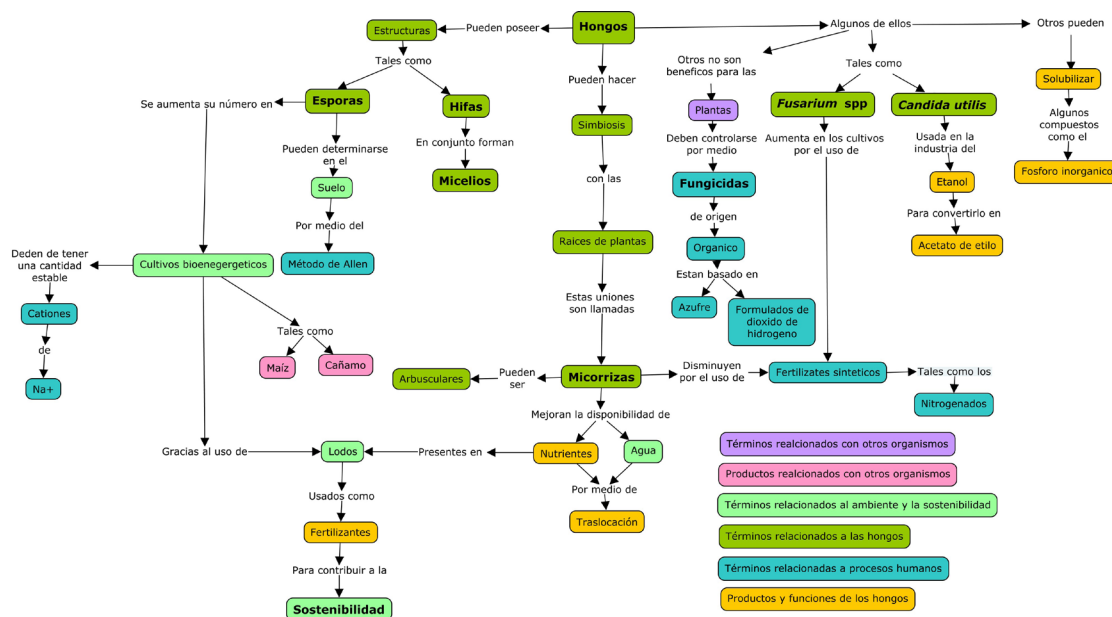


Figura 3. Micro-contexto de la forma gráfica Hongos (Formas gráficas: Fungi, fungus, fungal, hyphae, mycelium, fungicides, fungicide, candida, fusarium, mycorrhizal, mycorrhi, mychorriza, mycotoxin y micotoxins).

4. Discusión

4.1. Calidad del corpus

Se concluye que se ha obtenido un corpus apropiado para lograr el objetivo propuesto en este estudio, dado que los resultados obtenidos muestran que el número de *tokens* asciende a 1896735, lo que concuerda con el tamaño recomendado por Hunston (2002). Su embargo, según lo expuesto por Sinclair, el tamaño no determina la calidad del estudio, ya que los corpus pequeños pueden aplicarse a estudios que tienen objetivos de investigación muy específicos (Sinclair, 2001).

Según la clasificación realizada por Hunston sobre los tipos de corpus, el elaborado aquí es un corpus especializado, es decir, formado por textos especializados en un ámbito, en este caso, sostenibilidad (Hunston, 2002); desde el punto de vista de Sinclair, estaríamos ante un corpus específico. Por otro lado, este mismo autor también expone que casi la mitad de las palabras que aparecen en un texto, incluso en los textos muy largos, son *hapax* (Sinclair, 1991:18). El corpus creado tiene 50472 *types* y 20609 son *hapax*, resultados similares a los postulados por Sinclair.

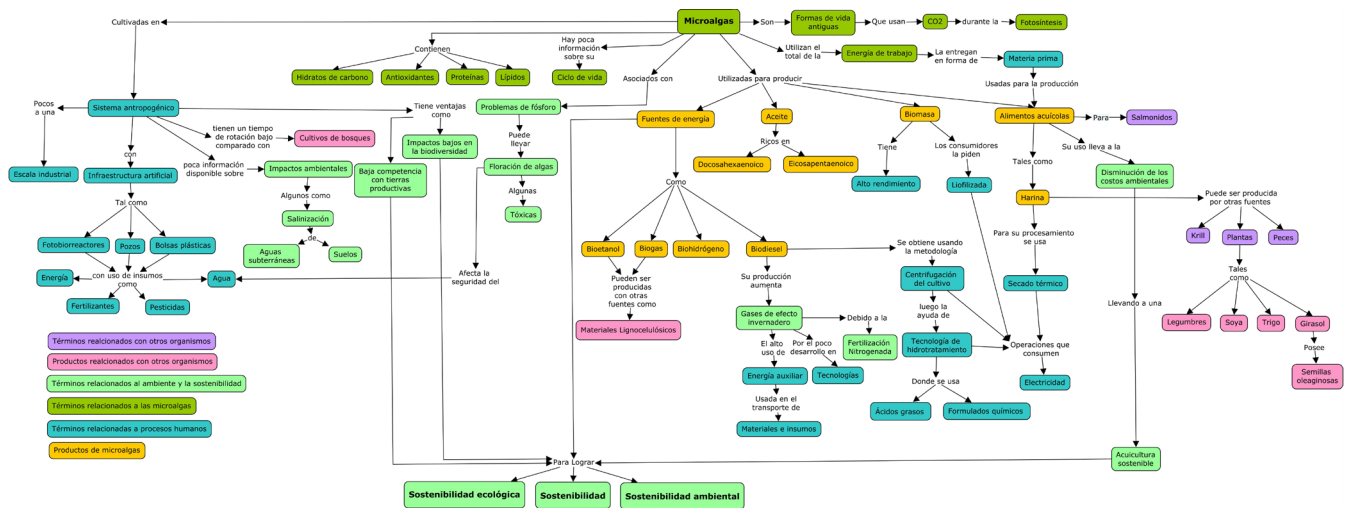


Figura 4. Micro-contexto de la forma gráfica microalgas (Formas gráficas: algae, microalgae, algal and microalgas)

4.2. Características conceptuales de las investigaciones en microbiología

Al desarrollar la descripción y el análisis del corpus se identificaron seis grupos de formas gráficas referidas a seis tipos de microorganismos: Microbios, Microalgas, Hongos, Bacterias, Protozoos y Virus. Sin embargo, de estos, solo cabe destacar el grupo de Microalgas y de Hongos por sus altas frecuencias, ya que, en el caso de las palabras (y formas gráficas sinónimas) «microbios», «bacterias», «protozoos», y «virus», las frecuencias de aparición fueron muy bajas. Las colocaciones de estos grupos también son escasas.

Este hallazgo llama la atención debido a que existen microorganismos diferentes a Hongos y Microalgas, que también participan en procesos importantes para la sostenibilidad de sistemas socio-ambientales. Entre ellos puede señalarse el reciclaje de nutrientes, producción de lípidos, acumulación de biopolímeros, degradación de compuestos tóxicos, desalinización y producción de hidrógeno (Zuluaga *et al.*, 2015). Sin embargo, en cuanto al reciclaje de nutrientes en los suelos se refiere, los hongos no son los únicos encargados de descomponer la materia orgánica, aunque si la parte más compleja de esta. En estos procesos de descomposición de la materia orgánica también adquieren importancia los protozoarios, por ejemplo, en el reciclaje de nitrógeno, que se libera en forma de amonio (NH4+) después de que estos se alimenten de las bacterias de los suelos (Vargas, 1990). También existen estudios sobre bacterias promotoras del crecimiento en diversidad de plantas (Compant *et al.*, 2005; Loredo *et al.*, 2004; Puente *et al.*, 2009) y estas, junto con los virus, se emplean como agentes de control biológico; entomopatógenos (Badii *et al.*, 2006; Chávez, 2007).

En las pocas investigaciones donde aparecen los grupos Bacterias, Protozoos y Virus puede notarse que existe una falta de integración del concepto sostenibilidad y del mismo modo, como lo expresa Shi y colaboradores (2013), hay problemas metodológicos para el aislamiento y clasificación taxonómica para el caso de los protozoos. En cuanto a los virus se refiere, siempre han sido tratados como agentes patógenos

de humanos, animales y vegetales cuando pueden, de igual manera, convertirse en agentes biocontroladores de otros organismos, como se mencionó anteriormente. En el caso de las bacterias, se sabe que solo el 1 % de estas son cultivables y, aunque hay estudios donde se habla del aislamiento de ciertos tipos a partir de suelos (Escobar *et al.*, 2012) y otros en lo se trata la producción de ciertos metabolitos a partir de las mismas (Borda *et al.*, 2009), no se han encontrado estudios donde se acometa una evaluación de la relación con procesos socioambientales importantes en la sostenibilidad. Incluir más criterios de selección, aumentar el número de artículos o el periodo de selección para que el campo sea mucho más amplio podría devolver estudios donde procesos ambientales importantes en la sostenibilidad estén presentes pero que no relacionados directa o explícitamente con ella

4.3. Análisis de los microcontextos de la investigación en microbiología

4.3.1. Los problemas relevantes para la microbiología desde el paradigma de la sostenibilidad.

Los microcontextos permitieron identificar dos sectores o ámbitos de actividades humanas que están siendo objeto de interés de los investigadores: el energético y el agropecuario. Estos hallazgos son consistentes con los de Kajikawa *et al.* (2007) quienes en una caracterización de los campos de estudio de las investigaciones en sostenibilidad encontraron sectores como la agricultura, la pesca y la silvicultura, junto a los de la energía y los suelos. Zuluaga *et al.* también encontraron estos dos últimos sectores entre los ámbitos que son de interés para las investigaciones sobre microbiología que abordan problemas de insostenibilidad (Zuluaga *et al.*, 2015).

De igual manera, los microcontextos descritos en las figuras 3 y 4 permiten inferir los problemas relevantes dentro de cada sector. Estos se pueden identificar al observar las zonas terminales de ambos mapas conceptuales. En el caso del microcontexto de «Hongos», las rutas están orientadas hacia términos como «fertilizantes» y «producción de etanol», lo que es indicativo de que los problemas relevantes en este caso

son la degradación de suelos y el agotamiento de fuentes de energía. En el caso del microcontexto de microalgas, los términos permiten identificar diferentes usos energéticos y agropecuarios de las mismas, lo que es indicativo de problemas como el agotamiento de fuentes de energía, la degradación de suelos y la necesidad de desarrollar alimentos acuícolas más sostenibles.

Kajikawa también halló los mismos factores a los que añadió la erosión, la fertilidad, la capacidad de recuperación del suelo, nutrientes, la productividad alimentaria, la biodiversidad vegetal (Kajikawa *et al.*, 2007).

Zuluaga *et al.* (2015) afirman que los problemas de insostenibilidad en el sector agropecuario están relacionados con la gestión de cultivos y el uso y la producción de biofertilizantes. En cuanto al sector energético, concluyeron que el agotamiento de fuentes energéticas era uno de los principales problemas de insostenibilidad.

4.3.2. El uso de los microorganismos en las investigaciones.

Los dos microcontextos analizados permiten identificar diferentes usos de los microorganismos en las investigaciones relacionadas con los sectores agropecuario y energético. En el sistema conceptual del grupo de microalgas, se da a entender que estas se están empleando para la producción de alimentos acuícolas; harina, biomasa, aceites y biocombustibles como el biodiésel, el biogás, el biohidrógeno y el bioetanol. Por su parte, el sistema conceptual del grupo de hongos revela que estos están cumpliendo un papel importante en la fertilización de suelos para cultivos bioenergéticos junto con la aplicación de lodos activados para el desarrollo de micorrizas. De igual manera, los microcontextos de este último grupo demuestran el uso de *Candida utilis* para la producción de bioetanol.

4.3.3 Conceptos y procedimientos de microbiología para incorporar la formación de microbiólogos.

Los microcontextos permiten identificar conceptos y procedimientos de microbiología con fines formativos al incluir sistemas antropogénicos a escala industrial como fotobiorreactores, pozos y bolsas plásticas así como el uso de la energía, fertilizantes, plaguicidas y agua.

Asimismo, para el diseño y orientación de programas de formación de microbiólogos hacia la sostenibilidad es indispensable considerar, al menos, dos aspectos: primero, los ejes problemáticos para orientar tal formación pueden ser la degradación de suelos y la necesidad de encontrar fuentes alternativas de energía; y segundo, los microorganismos más relevantes en este contexto son las microalgas y los hongos. En ese sentido, sería lógico asumir que en los programas de formación para microbiólogos, con orientación hacia la sostenibilidad, los participantes deben aprender a entender la complejidad de estos dos tipos de problemas y a utilizar microalgas y hongos para proponer soluciones a los mismos.

Por otro lado, se habla de metodologías para la identificación de esporas e iones en los suelos, así como la formulación de fungicidas orgánicos y la disminución del uso de fertilizantes sintéticos tales como los nitrogenados. Asimismo, se pueden incorporar procedimientos técnicos más amplios en

cuanto a su campo de aplicación pero que, de igual manera, se aplican en procesos de producción de ciertos metabolitos, a saber, la centrifugación de cultivos y las tecnologías de hidrotatamientos donde se usan los ácidos grasos y formulados químicos.

La mayor parte de las investigaciones que tienen como objeto de estudio la sostenibilidad muestran un lenguaje más axiológico. No obstante, los resultados hallados dan cuenta de que este lenguaje no es usado por los investigadores en microbiología aunque en este trabajo se haya incluido el término «sostenibilidad». Esto puede deberse a que tienen un enfoque positivista y la naturaleza de los datos que se presentan es cuantitativa.

4.3.4. El significado del concepto de sostenibilidad para los investigadores.

Al analizar la ubicación del término «sostenibilidad» dentro de los mapas conceptuales, y su relación con los demás términos, se puede inferir que para los investigadores se refiere a un fin o propósito en sí mismo y no se concibe como un objeto de estudio.

Ninguno de los investigadores de los 24 estudios definió «sostenibilidad» en sus artículos. Sin embargo, los microcontextos permiten señalar que la «sostenibilidad» es una meta. Para Draganovic *et al.* (2013) por ejemplo, debe alcanzarse a través de la disminución de los gastos energéticos y de recursos usados para la producción de fuentes alternativas de proteínas diferentes a la harina de pescado; no obstante, para la obtención de las mismas el gasto de energía debe ser menor que el que se está empleando para la obtención de estos productos por vía de la acuicultura, porque dichos procesos pueden tener repercusiones más importantes para el medioambiente. Con relación a la producción de biocombustibles, Holma *et al.* (2013) hacen referencia a la disminución de impactos ambientales y el agotamiento de los recursos naturales durante el ciclo de vida de los biocombustibles. Por su parte Ziolkowska (2013) habla de una producción de biocombustibles neutros en las emisiones de carbón que no afecten la cantidad y calidad de los recursos naturales, que no generen consecuencias sociales indeseables, no tengan consecuencias para la biodiversidad y contribuyan al desarrollo económico. Taelman *et al.*, (2013) propone una producción de microalgas en la que se minimicen los impactos ambientales. Por último, Seleiman *et al.* (2013) refieren el mantenimiento de nutrientes y reducción de contaminantes en los suelos utilizados para los cultivos bioenergéticos.

Según lo expuesto por Salas *et al.* la sostenibilidad puede tener para los investigadores tres acepciones diferentes que generan las correspondientes definiciones: la primera, una teleológica; la segunda, una ontológica y, la tercera y última, la sostenibilidad como enfoque (Salas *et al.*, 2016). De acuerdo con esta clasificación. Draganovic *et al.* (2013); Holma *et al.* (2013); Seleiman *et al.* (2013) y Taelman *et al.* (2013) tienen una definición teleológica para la sostenibilidad, donde se asume como un objetivo, propósito o el estado ideal de la sociedad y, por su parte, Ziolkowska (2013) toma la sostenibilidad como un enfoque al incorporar variables y criterios

ambientales, sociales y económicos en el análisis o diseño de un sistema dado (Salas *et al.*, 2016).

5. Conclusiones

A pesar de que este estudio pretendía analizar microcontextos relacionados con todos los ámbitos de la microbiología, solo fue posible hacerlo con dos tipos de microorganismos: microalgas y hongos. Aun cuando microorganismos como bacterias, protozoos y virus también tienen importancia agroindustrial y energética, no se hallaron estudios relacionados con estos tres tipos de microorganismos. Una alternativa para ampliar el análisis de microcontextos a estos ámbitos de la microbiología sería la realización de otro estudio que incorporase investigaciones de sostenibilidad relacionadas con bacterias, protozoos y virus, y sin límites temporales.

El lenguaje usado en las investigaciones permite entender conceptos y procedimientos que están siendo utilizados en el contexto microbiológico, los cuales brindan herramientas técnicas a los investigadores en formación. Sin embargo, no hay un lenguaje axiológico que permita una conexión entre la sostenibilidad y la microbiología para entender estos procesos de una manera integral.

Aun cuando el uso del término «sostenibilidad» es explícito por parte de los investigadores, no lo definen y hacen diferentes usos de este concepto. De este punto se desprende que el interés de los investigadores en ningún momento fue examinar la sostenibilidad de alguna actividad humana en particular, sino, más bien, utilizar este término para señalar un propósito que justifica las investigaciones de microbiología o para referir los aspectos ecológicos y ambientales a los que se vinculan los microorganismos.

El método utilizado en esta investigación permitió encontrar y organizar los términos relacionados con microbiología en diferentes campos de una manera eficiente, debido a que al momento de crear el corpus se incluyeron todos los artículos. De esta forma, se desarrolló de una manera más eficiente la búsqueda de los términos que fueron definidos para dicho estudio.

El análisis de corpus permite, sobre la base del escrutinio masivo de microcontextos, estudiar significados de un concepto, la descripción de un campo de conocimiento o de sus tendencias, no solo en el área de la lingüística donde ha sido mayormente utilizado, sino en cualquier campo donde surjan preguntas como la del presente estudio.

Referencias bibliográficas

- Anthony, Laurence (2005). «AntConc: Design and Development of a Freeware Corpus Analysis Toolkit for the Technical Writing Classroom.» IEEE International Professional Communication Conference, pp. 729–737.
- Arnés, Esperanza; Jesús Antonio; Ek del Val y Marta Astier (2013). «Sustainability y Climate Variability in Low-Input Peasant Maize Systems in the Central Mexican Highlands.» *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 181:195–205.
- Borda-Molina, Daniel; Juan Manuel Pardo-García; María Mercedes Martínez-Salgado y José Salvador Montaña-Lara (2009). «Producción de un biofertilizante a partir de un aislamiento de *Azotobacter nigricans* obtenido en un cultivo de *Stevia rebaudiana* Bert.» *Universitas Scientiarum*, 14(1):71–78.
- Clark, W. C. y N. M. Dickson (2003). «Sustainability Science: The Emerging Research Program.» *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14):8059–8061.
- Dote, Tadeu; Rommel Rocha; Ítalo Castelo; Gutemberg Costa y Francisco Farias (2013). «Brackish Shrimp Farming in Northeastern Brazil: The Environmental and Socio-Economic Impacts and Sustainability.» *Natural Resources*, 04(08):538–550.
- Draganovic, Vukasin; Sven Erik Jorgensen; Remko Boom; Jan Jonkers; Guido Riesen y Atze Jan van der Goot (2013). «Sustainability Assessment of Salmonid Feed Using Energy, Classical Exergy and Eco-Exergy Analysis.» *Ecological Indicators*, 34:277–289.
- Escobar, Natalia; Jairo Mora Delgado y Néstor Jaime Romero Jola (2012). «Identificación de poblaciones microbianas en compost de residuos orgánicos de fincas cafeteras de Cundinamarca.» *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(1):75–88.
- Fabbrizzi, Sara; Filomena Maggino; Nicola Marinelli; Silvio Menghini; Cecilia Ricci y Sandro Sacchelli (2016). «Sustainability and Food: A Text Analysis of the Scientific Literature.» *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 8:670–679.
- Ferguson, Bruce; Stewart Diemont; Rigoberto Alfaro-Arguello; Jay Martin; José Nahed-Toral; David Álvarez-Solis y René Pinto-Ruiz (2013). «Sustainability of Holistic and Conventional Cattle Ranching in the Seasonally Dry Tropics of Chiapas, Mexico.» *Agricultural Systems*, 120:38–48.
- Fon Sing, Sophie; Andreas Isdepsky; Michael A. Borowitzka y Navid Reza Moheimani (2013). «Production of Biofuels from Microalgae.» *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 18(1):47–72.
- Holma, Anne; Kati Koponen; Riina Antikainen; Laurent Lardon; Pekka Leskinen y Philippe Roux (2013). «Current Limits of Life Cycle Assessment Framework in Evaluating Environmental Sustainability – Case of Two Evolving Biofuel Technologies.» *Journal of Cleaner Production*, 54:215–228.
- Kajikawa, Yuya (2008). «Research Core and Framework of Sustainability Science.» *Sustainability Science*, 3(2):215–239.
- Kajikawa, Yuya; Junko Ohno; Yoshiyuki Takeda; Katsumori Matsushima y Hiroshi Komiyama (2007). «Creating an Academic Landscape of Sustainability Science: An Analysis of the Citation Network.» *Sustainability Science*, 2(2):221–231.
- Kajikawa, Yuya; Francisco Tacao y Kiyohiro Yamaguchi (2014). «Sustainability Science: The Changing Landscape of Sustainability Research.» *Sustainability Science* 9(4):431–438.
- Koefoed, Oleg (2013). «European Capitals of Culture and Cultures of Sustainability – The Case of Guimarães 2012.» *City, Culture and Society*, 4(3):153–162.
- LeCorre, Déborah; Catharina Hohenthal; Alain Dufresne y Julien Bras (2013). «Comparative Sustainability Assessment of Starch Nanocrystals.» *Journal of Polymers and the Environment*, 21(1):71–80.
- Van Leeuwen, Cornelis J. y Philipo C. Chandy (2013). «The City Blueprint: Experiences with the Implementation of 24 Indicators to Assess the Sustainability of the Urban Water Cycle.» *Water Science and Technology: Water Supply*, 13(3):769–781.

- Lundberg, Cecilia (2013). «Eutrophication, Risk Management and Sustainability. The Perceptions of Different Stakeholders in the Northern Baltic Sea.» *Marine Pollution Bulletin*, 66(1-2):143–150.
- Magigi, Wakuru (2013). «Urbanization and Its Impacts to Food Systems and Environmental Sustainability in Urban Space : Evidence from Urban Agriculture Livelihoods in Dar Es Salaam, Tanzania.» *Journal of Environmental Protection*, 4:1137–1148.
- Martens, Pim (2006). «Sustainability : Science or Fiction?» *Sustainability: Science, Practice, & Policy*, 2(1):36–41.
- Parodi, Giovanni (2008). «Lingüística de corpus: Una introducción al ámbito.» *RLA, Revista de lingüística teórica y aplicada* 46(1):93–119.
- Premi, O. P.; B. K. Kandpal; S. S. Rathore; Kapila Shekhawat y J. S. Chauhan (2013). «Green Manuring, Mustard Residue Recycling and Fertilizer Application Affects Productivity and Sustainability of Indian Mustard (*Brassica juncea* L.) in Indian Semi-Arid Tropics.» *Industrial Crops and Products*, 41(1):423–429.
- Reque, Ana (2002). «Análisis de estrategias y procedimientos de traducción utilizados en los títulos de la versión española de *Le Monde diplomatique*.» *Hermēneus. Revista de Traducción e Interpretación*, 4:1–9.
- Rodrigues-Filho, Saulo; Diego Lindoso; Marcel Bursztyn; Floor Brouwer; Nathan Debertoli y Vanessa de Castro (2013). «Regional Sustainability Contrasts in Brazil as Indicated by the Compass of Sustainability – CompasSus.» *Environmental Science & Policy*, 32:58–67.
- Römer, Ute y Stefanie Wulff (2010). «Applying Corpus Methods to Written Academic Texts: Explorations of MICUSP.» *Journal of Writing Research*, 2(2010):99–127.
- Schramski, J. R.; K. L. Jacobsen; T. W. Smith; M. A. Williams y T. M. Thompson (2013). «Energy as a Potential Systems-Level Indicator of Sustainability in Organic Agriculture: Case Study Model of a Diversified, Organic Vegetable Production System.» *Ecological Modelling*, 267:102–114.
- Seleiman, Mahmoud F.; Arja Santanen; Jouko Kleemola; Stoddard y Pirjo Makela (2013). «Improved Sustainability of Feedstock Production with Sludge and Interacting Mycorrhiza.» *Chemosphere*, 91(9):1236–1242.
- Szolnoki, Gergely (2013). «A Cross-National Comparison of Sustainability in the Wine Industry.» *Journal of Cleaner Production*, 53:243–251.
- Tadesse, Abebe (2013). «Rural Water Supply Management and Sustainability: The Case of Adama Area, Ethiopia.» *Journal of Water Resource and Protection*, 5(2):208–221.
- Taelman, S. E.; S. De Meester; L. Roef; M. Michiels y J. Dewulf (2013). «The Environmental Sustainability of Microalgae as Feed for Aquaculture: A Life Cycle Perspective.» *Bioresource Technology*, 150:513–522.
- Thomsen, Tobias Pape; Jesper Ahrenfeldt y Sune Tjalfe Thomsen (2013). «Assessment of a Novel Alder Biorefinery Concept to Meet Demands of Economic Feasibility, Energy Production and Long Term Environmental Sustainability.» *Biomass and Bioenergy*, 53:81–94.
- Torres, Carmen; Sergio Ríos; Carles Torras; Joan Salvadó; Josep Mateo-Sanz (2013). «Sustainability Analysis of Biodiesel Production from *Cynara Cardunculus* Crop.» *Fuel*, 111:535–542.
- Vasileiadis, V. P.; A. C. Moonen; M. Sattin; S. Otto; X. Pons; P. Kudsk; A. Veres; Z. Dörner; R. van der Weide; E. Marraccini; E. Pelzer; F. Angevin y J. Kiss (2013). «Sustainability of European Maize-Based Cropping Systems: Economic, Environmental and Social Assessment of Current and Proposed Innovative IPM-Based Systems.» *European Journal of Agronomy*, 48:1–11.
- Vatalis, K. I.; O. Manoliadis; G. Charalampides; S. Platias y S. Savvidis (2013). «Sustainability Components Affecting Decisions for Green Building Projects.» *Procedia Economics and Finance*, 5:747–756.
- Villagra, Nuria y Belén López (2013). «Analysis of values and communication of the Responsible Brands. Corporate Brand strategies for sustainability.» *Communication & Society*, 26(1):197–222.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*, Nueva York: Oxford University Press, p. 400.
- Zhang, Li-Xiao; Qiu-Hong Hu y Chang-Bo Wang (2013). «Emergy Evaluation of Environmental Sustainability of Poultry Farming That Produces Products with Organic Claims on the Outskirts of Megacities in China.» *Ecological Engineering*, 54:128–135.
- Ziolkowska, Jadwiga R. (2013). «Evaluating Sustainability of Biofuels Feedstocks: A Multi-Objective Framework for Supporting Decision Making.» *Biomass and Bioenergy*, 59:425–440.

