



REVISIÓN DE SOLUCIONES DE TECNOLÓGICAS INTELIGENTES EN BIOLOGÍA (REVIEW OF INTELLIGENT TECHNOLOGY SOLUTIONS IN BIOLOGY)

Recibido: 27/04/2013 Aceptado: 10/10/2013

Mariño, Sonia

Universidad Nacional del Nordeste, Argentina

simarinio@yahoo.com

Dematteis, Massimiliano

Instituto de Botánica del Nordeste, Argentina

mdematteis@agr.unne.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo de tipo documental se analizaron los contenidos teóricos, metodológicos y prácticos de los resúmenes de 43 artículos en revistas científicas publicados en la Web y presentados en el periodo 1975-2012 con la finalidad de valorar la aplicación de tecnologías inteligentes artificiales en el área de las ciencias biológicas. Se evaluaron los títulos y resúmenes, para posteriormente realizar un análisis exhaustivo de cada uno de ellos. El trabajo está estructurado mediante la distribución en cuatro secciones. En la primera sección se hacen las generalidades y se introduce al tema de estudio. En la segunda se presenta la metodología empleada para el desarrollo del mismo y finalmente en la tercera sección se exponen los resultados obtenidos del estudio. Finalmente, se presentan derivadas del estudio realizado. La determinación de utilizar las tecnologías de información y comunicación en el campo de la botánica permitió identificar las bases de la investigación científica, a los efectos de facilitar futuros desarrollos conceptuales y tecnológicos para apoyar con las TIC esta área del conocimiento. Los resultados indicarían la necesidad de difundir el uso de las tecnologías de la inteligencia artificial en la comunidad científica, académica y profesional, tanto de la biología como de la botánica, atendiendo a la multiplicidad de aplicaciones y trabajos interdisciplinarios que podrían derivarse y nuevas formas de presentar el tratamiento de los datos.

Palabras clave: Tecnologías de la información, Tecnologías de la información en biología, Tecnologías inteligentes, Tecnologías inteligentes en biología.

ABSTRACT

In this documentary work analyzed the theoretical, methodological and practical summaries of 43 articles in scientific journals published on the Web and presented in the period 1975-2012 in order to assess the application of artificial intelligent technologies in the area of biological sciences. We assessed the titles and abstracts, later to make a thorough analysis of each. The work is structured by distribution into four sections. In the first section are generalities and introduces the topic of study. The second section presents the methodology used for its development and finally in the third section presents the results of the study. Finally, we have derived from the study. The determination to use



information and communication technologies in the field of Botany identified the foundations of scientific research, in order to facilitate future conceptual and technological developments in ICT to support this area of knowledge. The results indicate the need to spread the use of Artificial Intelligence technologies in the scientific community, academic and professional, both as of Botany Biology, considering the multiplicity of applications and interdisciplinary work that might arise and new form of present the data processing.

Keywords: Information technologies, Information technologies in biology, Intelligent technologies, Intelligent technologies in biology.

INTRODUCCIÓN

La Gestión del Conocimiento (GC) es el conjunto de procesos y sistemas que hacen que el Capital Intelectual (CI) de una institución crezca de forma significativa. Se logra mediante la gestión de sus capacidades para la resolución de problemas de modo eficiente, con el objetivo final de generar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Por lo expuesto, el conocimiento es uno de los activos más importante en las instituciones, además influye directamente en su competitividad.

En la implementación de la gestión de intangibles, las herramientas proporcionadas por las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) contribuyen en el desarrollo de conocimiento colectivo, aprendizaje continuo, comunicación, colaboración y generación de información y conocimiento y su difusión (Núñez, 2004; Flores, Palavecino y Montejano, 2011).

Los integrantes de una institución colaboran con los objetivos de la GC permitiendo explotar el conocimiento que estas poseen, renovar el conocimiento de sus recursos humanos y transformar el conocimiento tácito en conocimiento explícito. Algunos de los factores que impulsan la GC se vinculan con la necesidad de difundir y compartir las experiencias, incorporar técnicas existentes y reducir tiempos de respuesta (Ferracutti, 2011).

Las instituciones educativas de nivel superior, y aquellas dedicadas a la ciencia y la tecnología, promueven desde hace algunos años la incorporación de las TIC como soportes de sus actividades, preparando a los estudiantes, científicos y recursos humanos en formación y formados para un mejor acceso al conocimiento. Además, debe reconocerse las numerosas iniciativas que fomentan el desarrollo de capacidades para producirlo, como menciona Malbernat (2011).

Por lo expuesto, se considera a las universidades e instituciones de investigación como centros de generación y difusión de conocimientos, debido a que manejan su efectividad a partir del impacto interno y externo del CI, siendo este la materia prima fundamental para la GC, que comienza con el reconocimiento de los activos intangibles como son los conocimientos, las habilidades, los talentos, las ideas, las invenciones, las patentes, los sistemas, las aplicaciones y todo tipo de trabajo creativo (Flores, Palavecino y Montejano, 2011; Simó y Sallán, 2008).



En este sentido, internet brinda instrumentos y servicios que facilitan la implantación de la GC en las instituciones. Cabe destacar que la incorporación de las TIC en los procesos de la GC contribuye directamente al fortalecimiento del CI institucional, es decir, se comparten ideas, opiniones e informaciones más efectivamente. El CI y su apropiada gestión transforma a una institución en eficiente y competitiva (Flores, Palavecino y Montejano, 2011; Paulesky y otros, 2011).

Las Tecnologías de la Inteligencia Artificial o Tecnologías Inteligentes (TIn) constituyen una alternativa para proporcionar soluciones ante casos de identificación biológica, utilizando computadoras y emulando cómo actuarían especialistas en el área del conocimiento. Es por ello que resulta de interés determinar el estado del arte de las mismas en las ciencias biológicas, especialmente en la identificación de especies biológicas de organismos.

Con base en lo anterior, la principal finalidad de este trabajo es ofrecer una visión preliminar bibliométrica respecto a la identificación de taxones utilizando tecnologías informáticas, enfatizando en aquellas comprendidas por las tecnologías inteligentes, considerando a la aplicación de las mismas como un producto del capital intelectual de los miembros de las instituciones. Para ello, se seleccionaron y analizaron producciones científicas en el ámbito de la Biología, priorizando aquellas vinculadas con la Botánica, para determinar los autores de referencia y los principales temas de investigación aplicados en el  rea.

METODOLOGÍA

En esta sección se resume la metodología aplicada en el desarrollo del trabajo, la cual consta de diferentes fases para un mejor tratamiento de los datos.

- Fase 1. Relevamiento de información

La exploración y relevamiento de información se ejecut , en un primer nivel, dirigida a recuperar la información disponible en el tema de revisión con la mayor precisión posible y en otro, para la obtención de datos necesarios sobre aspectos relacionados con el objeto principal, la identificación de especímenes vegetales utilizando tecnologías inteligentes.

Se accedió al buscador Scholar de Google, considerándolo como herramienta apropiada para la localización y obtención de datos consistentes y efectivos. Además, se especificaron como criterios de indagación:

- Búsqueda amplia: "biological identification with computers"
- Búsqueda acotada: "biological identification with computers" + botanical

- Fase 2. Sistematización de la información

La búsqueda realizada con los términos antes especificados brindó un gran número de referencias de artículos de revistas, con resúmenes publicados en la web.



Se rescataron los resúmenes de los trabajos seleccionados -en inglés- y se realizó un estudio exploratorio. Se siguió el criterio de la representatividad exhaustiva, seleccionándose “toda la población indicada en la problemática a estudiar y no a una muestra” (Sagastizabal y Perlo, 1999 en Díaz y del Dago, 2008).

A partir de las publicaciones seleccionadas y considerando el marco teórico de referencia, se tabuló la información de manera sistemática, como paso previo a la fase de análisis.

- Fase 3. Análisis de la información

Se aplicó la técnica de observación documental considerando el “estudio de los documentos, de muy diversos tipos y de soportes muy variados, con la peculiaridad de que siempre nos darían una observación mediata de la realidad” (Aróstegui, 2001 en Díaz y del Dago, 2008). En este trabajo, la observación se centró en el análisis de los resúmenes publicados y accesibles en la web entre los años 1975 a 2012 referentes a la mencionada temática.

En el tratamiento de los datos se aplicó el análisis de contenido, es decir, el “conjunto de operaciones, transformaciones, reflexiones, comprobaciones que se realizan para extraer significados relevantes en relación con los objetivos de la investigación. El fin de este análisis es agrupar los datos en categorías significativas para el problema investigado” (Sagastizabal y Perlo, 1999 en Díaz y del Dago, 2008).

Se optó por realizar una aproximación bibliométrica de la aplicación de las TIC en la biología, especialmente para la identificación, sostenida por la necesidad de llevar a cabo un análisis cuantitativo sobre la documentación existente en relación a las producciones realizadas en este ámbito. Siguiendo esta línea, se tuvieron en cuenta los siguientes indicadores:

- El envejecimiento de la ciencia: se refiere a la pérdida de interés que sufren determinadas publicaciones científicas por el paso del tiempo. Es un índice que se calcula ordenando cronológicamente el conjunto de referencias bibliográficas de la muestra a examinar y determinando su mediana.
- La productividad de los científicos: se tiene en cuenta el número de publicaciones de cada autor. Este indicador refleja el grado de crecimiento de la propia ciencia y presenta de manera sorprendente una gran regularidad. Concretamente, se utilizó la ley cuadrática inversa enunciada por Lotka (1926), que considera la distribución de los autores en un diseño de tipo “piramidal”.
- La visibilidad de los trabajos: se relaciona con el número de citas que recibe un autor o un trabajo. Para calcular este indicador, se procedió al recuento de citas. Es decir, la mayor o menor presencia de un trabajo o de un autor tiene que ver con las veces en que dicho material es mencionado por otras publicaciones.



- La dispersión de las publicaciones: en relación con la forma en la que se distribuyen determinados trabajos científicos. Se trata de localizar el núcleo de revistas relevantes para un tema concreto, obteniendo así la máxima información.
- La colaboración entre los científicos: referida al trabajo en equipo de los autores. Se considera que el nivel de colaboración ha aumentado con el tiempo.

Mediante la observación documental, el análisis de contenido y el estudio bibliométrico aplicado a los resúmenes, se obtuvo material para la síntesis expuesta en la sección de resultados. Además, estos datos se emplearon como fuente de información para la elaboración de conclusiones y proponer futuras líneas de acción.

RESULTADOS

La justificación de una aproximación bibliométrica al estudio de la identificación de taxones con computadoras se fundamenta en la necesidad de analizar las publicaciones relacionadas a las TIC, especialmente las tecnologías inteligentes. En este trabajo se abordó el análisis de los resúmenes de un total de 43 publicaciones sobre dicha cuestión, las colaboraciones entre autores interesados en el estudio del tema y la difusión de los mismos.

La Tabla 1 sintetiza un análisis de los resúmenes de las publicaciones seleccionadas. La columna "Denominación" especifica el nombre del Sistema Informático (SI) generado, la columna "Área" hace referencia al área de aplicación de la TIC, la columna "Aplicado a" indica el uso para el cual fue elaborado el SI. En la quinta columna se especifica la "Tecnología" aplicada, donde SE corresponde a Sistemas Expertos, RNA pertenece a Redes Neuronales Artificiales y AG refiere a Algoritmos Genéticos. Por su parte, la columna "técnica" explicita la metodología utilizada y las últimas columnas detallan respectivamente el año y revista de publicación.

Tabla 1. Síntesis de tecnologías utilizadas para asistir la identificación de taxones

Referencia	Denominación	Área	Aplicado a	Tecnología	Técnica	Año	Publicado en
Public. 1	SYSTEX	Biología	Identificación de especies en un grupo	SE	Basado en Reglas	1987	Systematic Biology-Oxford journals
Public. 2	NF	Biología	Delimitación de especies	SE	Bayesian Coalescent Method	2011	Systematic Biology-Oxford journals
Public. 3	FOSSIL	Paleontología	Paleontología	SE	Base de conocimiento	1986	Libro
Public. 4	NF	Biología	Identificación de especímenes	NF	Hypercard	1990	Comput Appl Biosci (1991) 7 (1): 63-69.



Referencia	Denominación	Área	Aplicado a	Tecnología	Técnica	Año	Publicado en
Public. 5	NF	NF	Anaerobic bacteria	SE	Bayesian probabilistic model	1978	Appl Environ Microbiol
Public. 6	NF	Biología	Water mite identification	SE	Basado en conocimiento heurístico	1993	Comput Appl Biosci
Public. 7	NF	Bioquímica	Genus bacillus	Estadística. Prob	Probabilística	1980	Journal of Applied Microbiology
Public. 8	NP-hard	Biología	Maximum a posterior probability (MAP)	SE	Bayesian taxonomic	1996	Journal of Mathematical Biology
Public. 9	NF	Biología	Identificación de organismos	Estadística. Prob	Probabilística	1986	Biometrical Journal
Public. 10	ANNKEY	Botánica	Botánica	RNA	Basado en la experiencia	NF	Artificial Intelligence Review
Public. 11	EXPERT KEY	Biología	Identificación de especies para reducir al mínimo la posterior búsqueda a través de una clave dicotómica ordinaria	SE	Teoría de Dempster-Shafer	1987	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 12	NF	Botánica	Botánica-Identificación de plantas	Estadística	Algorítmica - Dempster-Shafer	1980	Feddes Repertorium
Public. 13	NF	Botánica	Ontología	NF	Prometheus Description Model	2005	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 14	DELTA	Botánica	Clasificación de hierbas	BD	Base de datos automatizada	1986	Canadian Journal of Botany
Public. 15	NF	Botánica	Descripción de angiosperms	BD	Base de datos automatizada	1991	Australian Systematic Botany - CSIRO
Public. 16	NF	Botánica	Clasificación de hierbas	BD	Base de datos automatizada	1986	Australian Systematic Botany - CSIRO



Referencia	Denominación	Área	Aplicado a	Tecnología	Técnica	Año	Publicado en
Public. 17	Stochastic complexity	NF	Clasificación de vectores binarios	NF	mixture of multivariate Bernouli distributions	1997	Journal of Multivariate Analysis
Public. 18	DELTA-INTKEY	Botánica	Cyperaceae	BD	Base de datos automatizada	1992	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 19	NF	Micología	Tratamiento de hongos	NF	NF	1979	Transactions of the British Mycological Society
Public. 20	NF	Botánica	Botánica	NF	NF	1978	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 21	NLHE	Botánica	Herbario	BD	Base de Datos	1977	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 22	NF	Botánica	Descripción de plantas desaparecidas	NF	NF	1995	Science Technology Human Values
Public. 23	WEEDER	Botánica	Identificación de hierbas	SE	Basado en Reglas	1989	Agronomy Journal
Public. 24	NF	Biología	Descripción de organismos	BD	Base de Datos con múltiples índices	1988	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 25	NF	Botánica	Descripción de especies (Angiosperm)	BD	Base de Datos	1992	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 26	NF	Biología	Identificación de especies	BD	NF	1975	Flora North America Report



Referencia	Denominación	Área	Aplicado a	Tecnología	Técnica	Año	Publicado en
Public. 27	NF	Botánica	Representación de la flora	BD	Base de Datos	1983	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 28	NF	Botánica	Botánica	NF	NF	1978	Folia GeoBotánica & Phytotaxonomica - Springer
Public. 29	NF	Botánica	Botánica	BD	Base de Datos	1993	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 30	MyKey	Botánica	Identificación de especies	Estadística	Árboles de decisión	2010	Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems
Public. 31	NF	NF	NF	SE	Algoritmos	1988	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 32	NF	Botánica	Colección de plantas y herbario	NF	NF	1978	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)
Public. 33	NF	Biología	Identificación de plantas, insectos y parásitos	NF	Cognitive Engineering Principles	2006	AMIA (Annual Symposium Proceedings Archive)
Public. 34	NF	Botánica	Identificación automática de plantas	NF	Fourier and Procrustes analyses	2009	Taxon. International Association for Plant Taxonomy (IAPT)



Referencia	Denominación	Área	Aplicado a	Tecnología	Técnica	Año	Publicado en
Public. 35	NF	Geología	Geología	NF	NF	1979	Computers & Geosciences
Public. 36	CAT	Biología	Identificación automática de especies	RNA	SEM (scanning electron microscope)	1997	BioNET-INTERNATIONAL Technical Secretariat (TECSEC)
Public. 37	Interactive keys	NF	NF	NF	Matriz de datos	2012	delta-intkey
Public. 38	NF	Biología	Clasificación e identificación de organismos	SE	Comparación de sistemas basado en Matriz vs Reglas	1992	delta-intkey
Public. 39	NF	Biología	Biología	NF	Cuantitativa	1986	Marine Ecology - Progress Series
Public. 40	ReTAXa	Botánica	Revisión taxonómica de Ericaceae	SE	Sistema de Reglas	1995	AAAI Technical Report
Public. 41	INTKEY	Botánica	Botánica	BD	Base de Datos automatizada	1994	DELTA Newsletter
Public. 42	DELTA	Botánica	Identificación interactiva	BD	Base de Datos automatizada	1993	Delta-intkey
Public. 43	BYKEY	NF	Biología-Identificación de Cnidaria	SE	NF	1996	Scientia Marina

* NF: indica que se carece de datos explícitos en el resumen.

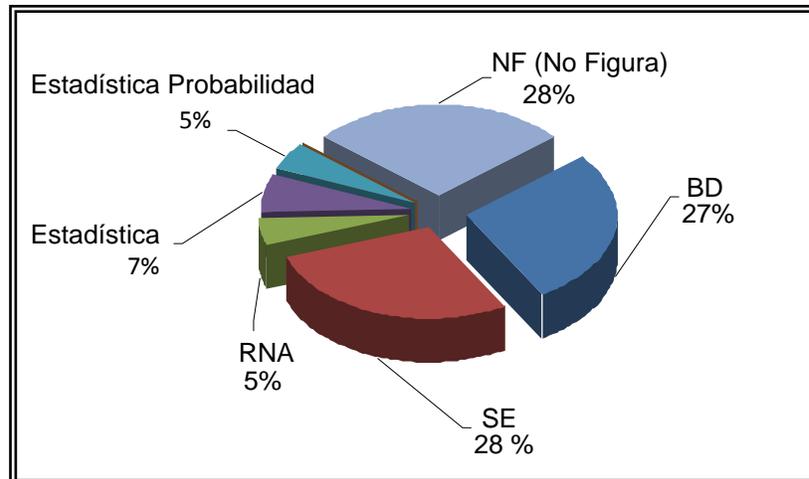
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 1 se muestra la distribución según la tecnología informática aplicada en cada uno de las publicaciones analizadas. En el 28% de los artículos seleccionados la tecnologías no figuraba (NF) en el resumen.

Claramente se observó la presencia de SE en un 28% de los casos, un 5% incluyó el uso de RNA y además se evidenció que en ninguno de los trabajos analizados se mencionó a los AG.

También se muestra la utilización de otras tecnologías, como son Base de Datos (BD) en un 27%, técnicas estadísticas en el 7%, precisándose el empleo de técnicas estadísticas probabilísticas en el 5%.

Figura 1. Uso de las TIC



Fuente: elaboración propia.

APLICACIÓN DE INDICADORES DEL ESTUDIO BIBLIOMÉTRICO

Mediante el cálculo de los indicadores expuestos en la sección metodología se obtuvieron los siguientes datos:

a. El envejecimiento de la ciencia: para determinar este valor se procedió al ordenamiento cronológico del conjunto de datos recabados en la Tabla 1, luego se calculó la mediana obteniéndose como resultado 1991,0 con un desvío estándar de 9,8. La mediana indica que del conjunto de fechas, la mitad de ellas son mayores a 1991 y la otra mitad son menores a esta fecha.

b. La productividad de los científicos: mediante el análisis de los datos se determinó que el 30 % de las publicaciones fueron elaboradas por un solo autor, otro 37 % correspondió a desarrollos emprendidos por 2 autores (en su mayoría aplicaciones de SE), un 23 % a 3 autores, finalmente el 9 % restante correspondió a más de 3 autores, predominando el uso de BD.

En la Figura 2 se puede observar la distribución piramidal que siguen los trabajos según la cantidad de autores que componen cada uno de ellos. Es decir, se muestran por un lado trabajos con pocos autores productivos que se sitúan en la cima y por otro lado muchos autores de un solo trabajo est an en la base.

c. La visibilidad de los trabajos: para obtener este indicador se procedió al recuento de citas (información proporcionada por el buscador Scholar de Google). Luego se calculó el índice como el cociente entre el número de artículos citados y de artículos publicados. En la Figura 3 se puede apreciar que el trabajo identificado como Public. 19, obtuvo un total de 89 citas, el cual se refiere al tratamiento de hongos, publicado en el año 1979. En



segunda instancia se encuentra el trabajo identificado como Public. 2 con un total de 53 citas, aplicado en el área de Biología, en el año 2011.

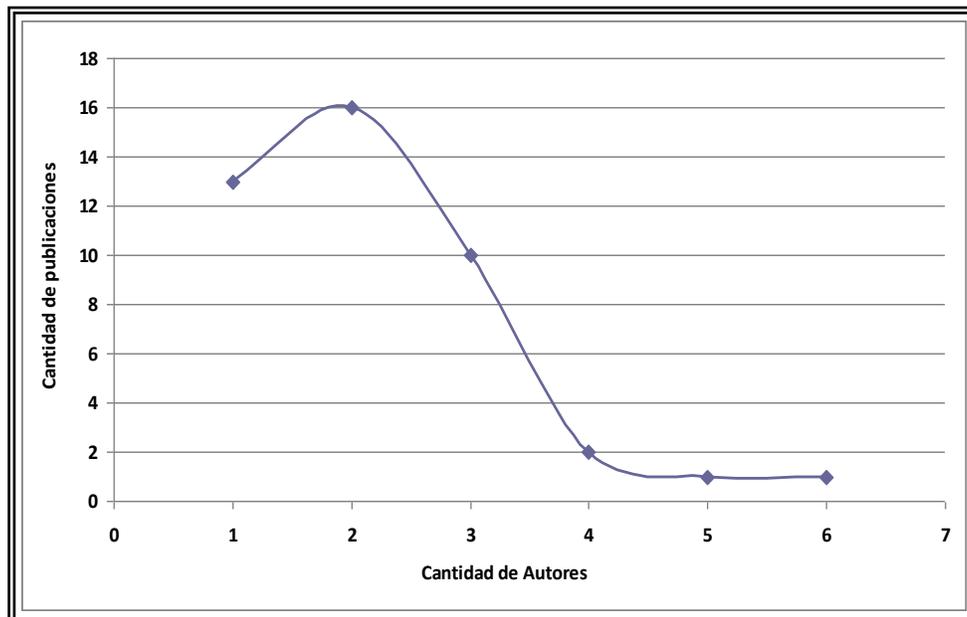
d. La dispersión de las publicaciones: se procedió a ordenar las revistas según el mayor número de artículos publicados respecto a las aplicaciones de las tecnologías en el ámbito de la Biología y la Botánica. Se determinó que Taxon - International Association for Plant Taxonomy (IAPT) es la revista con mayor peso respecto a las aplicaciones de TIC, dado que contiene 12 artículos publicados referentes al tema en cuestión.

e. La colaboración entre los científicos: en la revista Taxon - International Association for Plant Taxonomy (IAPT) se detectó un 27,91% de publicaciones, de las cuales un 31% son autorías individuales entre 1978-2009.

Sin embargo, también se detectó un 31% de publicaciones producto de la colaboración de dos autores (1977-1988). Se evidenció la participación de tres autores en un 23%, y finalmente un trabajo de ocho autores de ocho autores que representa un 15% (Figura 4).

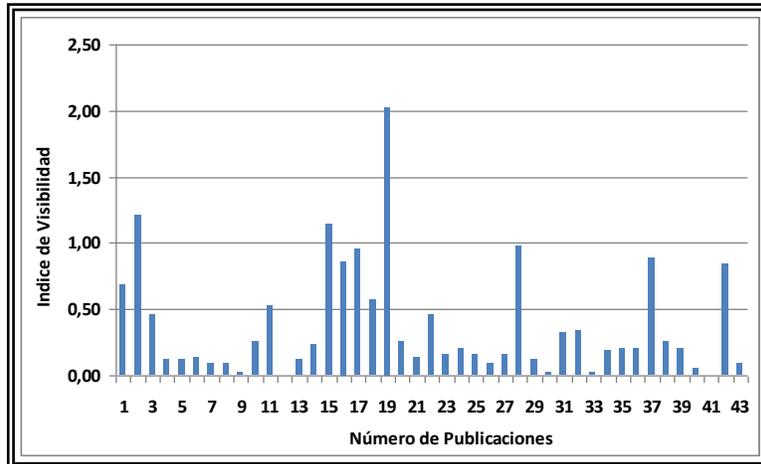
Estos datos permiten constatar, de algún modo, el aumento progresivo de colaboración entre autores que trabajan en áreas más técnicas o experimentales. En cierto modo esto es lógico, ya que en dichos temas de investigación el trabajo en equipo se hace casi indispensable.

Figura 2. Distribución de productividad científica



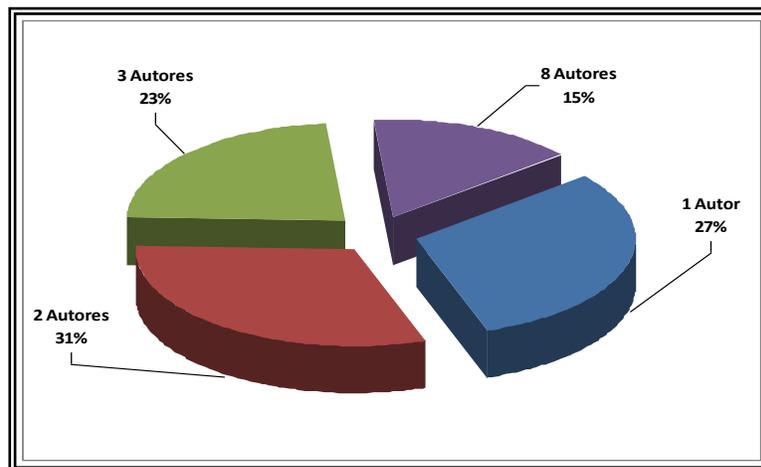
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. Índice de visibilidad de trabajos



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Grado de colaboración entre científicos en revista Taxon



Fuente: elaboración propia.

PRODUCTIVIDAD EN LAS REVISTAS

En este punto se determinó la productividad en conocimiento de las revistas, agrupando las de mayores aportes en cuanto al tema de investigación. El total de las publicaciones difunde trabajos en lengua inglesa. Se determinó que se concentran predominantemente en Europa representando el 65 %, América el 21 %. Asia el 9 % y finalmente Oceanía el 5 %.



En relación a las 43 publicaciones localizadas referente al periodo comprendido entre 1975 y 2012, se comprobó que todas ellas están distribuidas en 27 revistas. Del total analizado, se detectó que el 51,16 % publica menos de dos trabajos, concretamente el 26 % (n: 27) de las revistas que tratan el tema de aplicaciones tecnológicas en el ámbito de la biología, especialmente aquellas comprendidas en la Inteligencia Artificial (IA) o Tecnologías Inteligentes (TI).

Sin embargo, se destaca la presencia de una revista en la que se distribuye un número considerable de publicaciones. Taxon - International Association for Plant Taxonomy (IAPT), agrupa un total de 12 trabajos, es decir, el 27,91% del total de la producción (Figura 5).

Se determinó que el número de publicaciones desciende en el periodo analizado, si se observa la Tabla 2, se muestra una revista que publica una media de 9,00 que representa un 6,98% de la producción. Después continúan tres revistas que publican una media de 7,35 trabajos en el periodo analizado representando el 13,95% del total de las producciones; luego el resto de las revistas publican una media de 5,20 trabajos sobre TIC representando el 51,16% del total.

Tabla 2. Medios de difusión en temas de TIC en identificación biológica (1975-2012)

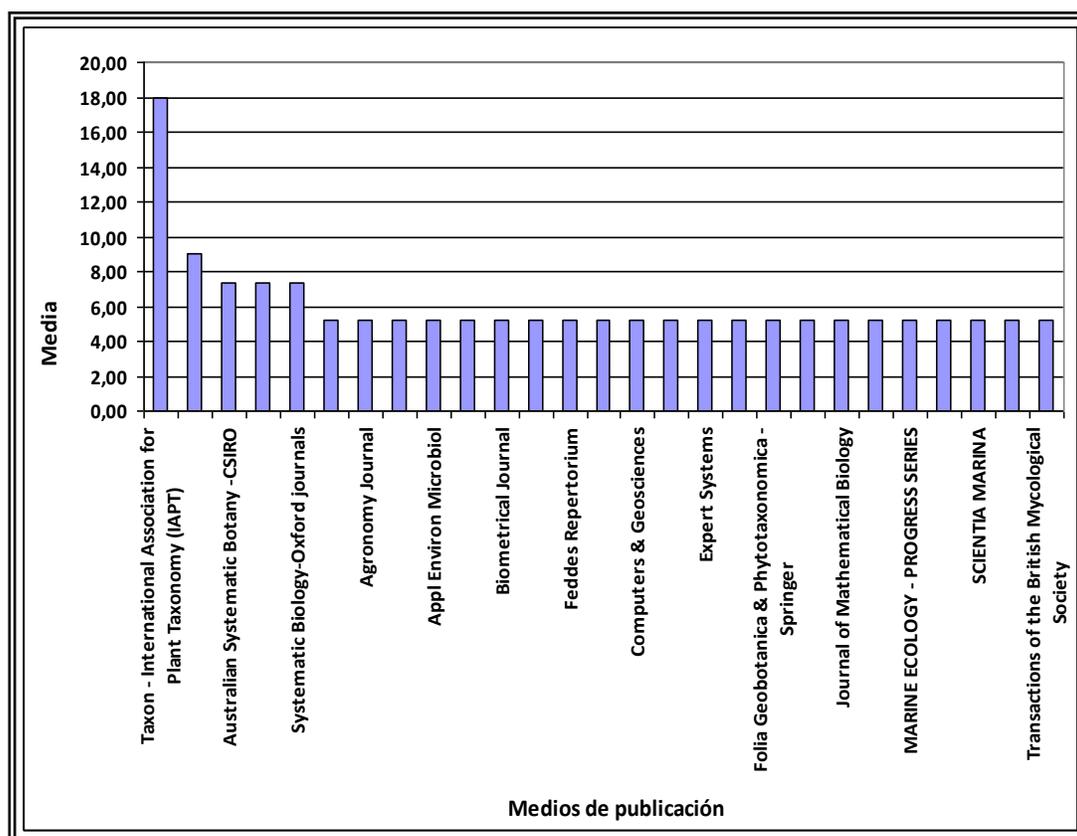
Revistas	Nº de trabajos	Media de Revistas	% de Trabajos
Taxon - International Association for Plant Taxonomy (IAPT)	12	18,00	27,91%
delta-intkey	3	9,00	6,98%
Australian Systematic Botany -CSIRO	2	7,35	4,65%
Comput Appl Biosci	2	7,35	4,65%
Systematic Biology-Oxford journals	2	7,35	4,65%
AAAI Technical Report	1	5,20	2,33%
Agronomy Journal	1	5,20	2,33%
AMIA (Annual Symposium Proceedings Archive)	1	5,20	2,33%
Appl Environ Microbiol	1	5,20	2,33%
Artificial Intelligence Review	1	5,20	2,33%
Biometrical Journal	1	5,20	2,33%
BioNET-INTERNATIONAL Technical Secretariat (TECSEC)	1	5,20	2,33%
Feddes Repertorium	1	5,20	2,33%
Canadian Journal of Botany	1	5,20	2,33%
Computers & Geosciences	1	5,20	2,33%
DELTA Newsletter	1	5,20	2,33%
Expert Systems	1	5,20	2,33%
Flora North America Report	1	5,20	2,33%



Revistas	Nº de trabajos	Media de Revistas	% de Trabajos
Folia Geobotanica & Phytotaxonomica - Springer	1	5,20	2,33%
Journal of Applied Microbiology	1	5,20	2,33%
Journal of Mathematical Biology	1	5,20	2,33%
Journal of Multivariate Analysis	1	5,20	2,33%
Marine Ecology - Progress Series	1	5,20	2,33%
Science Technology Human Values	1	5,20	2,33%
Scientia Marina	1	5,20	2,33%
Tools for Identifying Biodiversity: Progress and Problems	1	5,20	2,33%
Transactions of the British Mycological Society	1	5,20	2,33%
Total Trabajos	43	163,36	100%
Total Revistas	27		

Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Media de los medios de difusión más productivos



Fuente: elaboración propia.



PRODUCTIVIDAD DE LOS AUTORES

Siguiendo con el análisis de la documentación se localizó que el 88,37 % de los autores publicó un único trabajo, el 4,65 % dos artículos y el restante 6,98% corresponde a 3 trabajos (Tabla 3).

Concretamente el autor más productivo es R. J. Pankhurst, con 3 trabajos publicados en todo el periodo y una media de producción de 10,95 trabajos respecto del total producido (n:40). De igual modo, sobresalen por su producción M. J. Dallwitz con 2 publicaciones y una media de 8,94. Estos dos autores aportan el 11,63% de la producción total, es decir, un total de cinco trabajos a lo largo del periodo analizado. El resto de los autores aportaron un 2,33% respectivamente.

Tabla 3. Autores más productivos en temas de TIC (1975-2012)

Autores	Nº de trabajos	Media de Autores	% de Trabajos
R. J. Pankhurst	3	10,95	6,98%
M. J. Dallwitz	2	8,94	4,65%
E. Alberdi, D. Sleeman	1	6,32	2,33%
J. B. Woolley, N. D. Stone	1	6,32	2,33%
Chi Zhang, De-Xing Zhang, Tianqi Zhu, Ziheng Yang	1	6,32	2,33%
D.R. Brough, I.F. Alexander	1	6,32	2,33%
A. Colosimo, E. Rota, P. Omodeo	1	6,32	2,33%
R. W. Kelley, S. T. Kellogg	1	6,32	2,33%
M. Edwards, R. E. Cooley	1	6,32	2,33%
M. F. Willemse-Collinet, Th. F. J. Tromp, T. Huizinga	1	6,32	2,33%
Urs Fischbacher	1	6,32	2,33%
A. V. Sviridov, D. Leuschner	1	6,32	2,33%
J. Y. Clark, K. Warwick	1	6,32	2,33%
W.D. Atkinson, A. Gammernan	1	6,32	2,33%
J. J. Duek, P. Cuneo	1	6,32	2,33%
M.R. Pullan, K. E. Armstrong, T. Paterson, A. Cannon, J. Kennedy, M. F. Watson, S. McDonald, C. Raguenaud	1	6,32	2,33%
L. Watson, S. G. Aiken, M. J. Dallwitz, L. P. Lefkovitch, M. Dubé	1	6,32	2,33%
L Watson, MJ Dallwitz	1	6,32	2,33%
L Watson, MJ Dallwitz, CR Johnston	1	6,32	2,33%
M. Gyllenberg, T. Koski, M. Verlaan	1	6,32	2,33%
J. J. Bruhl, L. Watson, M. J. Dallwitz	1	6,32	2,33%
I.R. Hall, B.J. Fish	1	6,32	2,33%
H. C. Sweet, J. E. Poppleton	1	6,32	2,33%



C. Hine	1	6,32	2,33%
T. W. Fermanian, R. S. Michalski	1	6,32	2,33%
R. Allkin, F. A. Bisby	1	6,32	2,33%
R. Allkin, N. P. Moreno, L. Gama Campillo, T. Mejia	1	6,32	2,33%
S. G. Shetler	1	6,32	2,33%
E. Brabec	1	6,32	2,33%
N. Maxted, R. J. White, R. Allkin	1	6,32	2,33%
D. Gérard , R. Vignes Lebbe	1	6,32	2,33%
A. J. Hicks, P. M. Hicks	1	6,32	2,33%
K. A. Smith-Akin, S. McLane, T. M. Craig, T. R. Johnson	1	6,32	2,33%
D. J.Hearn	1	6,32	2,33%
P. H. Sneath	1	6,32	2,33%
E. D. Chesmore	1	6,32	2,33%
M. J. Dallwitz, T. A. Paine, E. J. Zurcher	1	6,32	2,33%
R. H. Bradbury, D. G. Green, R. E. Reicheltl	1	6,32	2,33%
T. A. Paine	1	6,32	2,33%
A. L. Lobanov, S. D. Stepanjants, M. B. Dianov	1	6,32	2,33%
Total Trabajos	43	260,23	100,00%
Total Autores	40		

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentó una revisión preliminar del estado del arte del uso de Tecnologías Inteligentes según el criterio de búsqueda indicado, como reflejo del Capital Intelectual de comunidades científicas en el dominio de la Biología, enfatizando en aquellas orientadas a la Botánica.

La determinación del uso de las TIC en el campo de la Botánica permitió identificar las bases de la investigación científica, su evolución a lo largo de los años y sus intereses, a los efectos de facilitar futuros desarrollos conceptuales y tecnológicos para apoyar con las TIC esta área del conocimiento.

Los resultados indicaron la necesidad de difundir el uso de las tecnologías de la Inteligencia Artificial en la comunidad científica, académica y profesional, tanto de la Biología como de la Botánica, atendiendo a la multiplicidad de aplicaciones y trabajos interdisciplinarios que podrían derivarse y nuevas formas de presentar el tratamiento de los datos.

El estudio bibliométrico permitió identificar el crecimiento en la utilización de la TIC y los Sistemas Expertos como Tecnología Inteligente a través de los años. Además, se pudo observar el nivel de productividad de los autores. Dicho indicador, refleja el grado de crecimiento de la aplicación de las tecnologías en las Ciencias Biológicas, propiciando trabajos interdisciplinarios de investigación aplicada.



En general, se puede afirmar que la aplicación de las tecnologías informáticas en Biología y Botánica experimentó en los últimos diez años un auténtico crecimiento. Se evidenció el desarrollo de sistemas de identificación taxonómica orientados a la determinación de grupos específicos. Estos generalmente se aplicaron en trabajos aislados para proyectos muy concretos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz, M. y Del Dago, S (2008). Educación a distancia en el nivel superior: un análisis sobre las prácticas de evaluación de los aprendizajes. Anales del 3er. Encuentro Internacional BTM. Junio, Uruguay.

Ferracutti, V. (2011). Comunidades de práctica en el desarrollo de software libre. CaMPI como caso de estudio. 40 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO). Septiembre, Argentina.

Flores C.; Palavecino R. y Montejano G. (2011). Gestión del capital intelectual en el ámbito universitario. WICC 2011. Workshop de investigadores de ciencias de la computación. Mayo, Argentina.

Malbernat, L. (2011). TICs en Educación: Competencias docentes para la innovación en pos de un nuevo estudiante. VI Congreso de tecnología en educación y educación en tecnología (te&et). Junio, Argentina.

Núñez, C. (2004). La gestión de la información, el conocimiento, la inteligencia y el aprendizaje organizacional desde una perspectiva socio-psicológica. Documento en línea. Disponible en: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol12_3_04/aci04304.htm. Consulta: 11/01/2012.

Paulesky D.; Barato, L.; Farias, K.; Paulesky J y De Souza, J. (2011). A utilização de ferramentas web 2.0 como suporte a processos de Gestão do Conhecimento". 40 Jornadas Argentinas de Informática e Investigación Operativa (JAIIO). Simposio de Sociedad de la Información. Argentina, Agosto.

Simó, P. y Sallán, J. (2008). Capital intangible y capital intelectual: revisión, definiciones y líneas de investigación. Estudios de Economía Aplicada, Vol. 26, Agosto, P.p 65-78.

FUENTE DE DATOS

Public. 1. Woolley, J. y Stone, N. (1987). Application of artificial intelligence to systematics: systex-a prototype expert system for species identification. Documento en línea. Disponible en: <http://sysbio.oxfordjournals.org/content/36/3/248.short>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 2. Zhang, Ch.; Zhang, D.; Zhu, T. y Yang, Z. (2011). Evaluation of a Bayesian Coalescent Method of Species Delimitation. Documento en línea. Disponible en: <http://sysbio.oxfordjournals.org/content/60/6/747.abstract>. Consulta: 11/01/2012.



- Public. 3. Brough, D. y Alexander, I. (1986). The Fossil expert system. Documento en línea. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-0394.1986.tb00197.x/abstract>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 4. Colosimo, A.; Rota, E. y Omodeo, P. (1991). A Hypercard program for the identification of biological specimens. Documento en línea. Disponible en: <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/7/1/63.short>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 5. Kelley, R. y Kellogg, S. (1978). Computer-assisted identification of anaerobic bacteria. Documento en línea. Disponible en: <http://aem.asm.org/cgi/content/abstract/35/3/507>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 6. Edwards, M. y Cooley, R. (1993). Expertise in expert systems: knowledge acquisition for biological expert systems. Documento en línea. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8143151>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 7. Willemse-Collinet, M.; Tromp, T. y Huizinga, T. (1980). A Simple and Rapid Computer-assisted Technique for the Identification of some Selected Bacillus Species using Biochemical Tests. Documento en línea. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2672.1980.tb04714.x/abstract>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 8. Fischbacher, U. (1996). Finding the maximum a posteriori probability (MAP) in a Bayesian taxonomic key is NP-hard. Documento en línea. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/v1063w52x7574006/>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 9. Sviridov, A. y Leuschner, D. (1986). Optimization of taxonomic keys by means of probabilistic modelling. Documento en línea. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bimj.4710280511/abstract>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 10. Clark, J. y Warwick, K. (1998). Artificial keys for botanical identification using a multilayer perceptron neural network (MLP). Documento en línea. Disponible en: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-011-5048-4_5#page-. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 11. Atkinson, W. y Gammerman, A. (1987). An application of expert systems technology to biological identification. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/1221121?uid=3737512&uid=2&uid=4&sid=21100991086693>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 12. Duek, J. y Cuneo, P. (1980). A computer aided algorithm for identification of plant specimen. Documento en línea. Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/fedr.19800910507/abstract>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 13. Pullan, M.; Armstrong, K.; Paterson, T.; Cannon, A.; Kennedy, J.; Watson, M. F.; McDonald, S. y Raguenaud, C. (2005). The prometheus description model: an



examination of the taxonomic description-building process and its representation. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/discover/10.2307/25065431?uid=3739296&uid=2&uid=4&sid=21102828475167>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 14. Watson, L.; Aiken, S.; Dallwitz, M.; Lefkovitch, L. P. y Dubé, M. (1986). Canadian grass genera: keys and descriptions in english and french from an automated data bank. Documento en línea. Disponible en: <http://www.nrcresearchpress.com/doi/abs/10.1139/b86-010>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 15. Watson, L. y Dallwitz, MJ. (1991). The families of angiosperms: automated descriptions, with interactive identification and information retrieval. Documento en línea. Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/paper/SB9910681.htm>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 16. Watson, L.; Dallwitz, M. y Johnston, C. (1986). Grass genera of the world: 728 detailed descriptions from an automated database. documento en línea. Disponible en: <http://www.publish.csiro.au/paper/BT9860223.htm>. Consulta: 11/01/2012.

Public.17. Gyllenberg, M.; Koski, T. y Verlaan, M. (1997). Classification of binary vectors by stochastic complexity. Documento en línea. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0047259X97916870>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 18. Bruhl, J.; Watson, L. y Dallwitz, M. (1992). Genera of cyperaceae: interactive identification and information retrieval. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1222331>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 19. Hall, I. y Fish, B. (1979). A key to the endogonaceae. Documento en línea. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007153679801102>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 20. Pankhurst, R. (1978). The printing of taxonomic descriptions by computer. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/pss/1220476>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 21. Sweet, H. y Poppleton, J. (1977). An EDP technique designed for the study of a local flora. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1220549>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 22. Hine, C. (1995). Representations of information technology in disciplinary development: disappearing plants and invisible networks. Documento en línea. Disponible en: <http://sth.sagepub.com/content/20/1/65.abstract>. Consulta: 11/01/2012.

Public. 23. T. W. Fermanian, R. S. Michalski (1989). Weeder: An advisory system for the identification of grasses in turf. Documento en línea. Disponible en: <https://www.agronomy.org/publications/aj/abstracts/81/2/AJ0810020312>. Consulta: 01/11/2012.



- Public. 24. Allkin, R. y Bisby, F. (1988). The structure of monographic databases. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1221112>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 25. Allkin R.; Moreno N.; Gama, L. y Mejia T. (1992). Multiple uses for computer-stored taxonomic descriptions: keys for Veracruz. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1222813>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 26. Shetler, S. (1975). A generalized descriptive data bank as a basis for computer-assisted identification. Documento en línea. Disponible en: <http://kdb.kew.org/kdb/detailedresult.do?id=164808>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 27. Pankhurst, R. (1983). The construction of a floristic database. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1221971>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 28. Brabec, E. (1978). Biological identification with computers by R. J. Pankhurst. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/4180046>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 29. Maxted, N.; White, R. J. y Allkin, R. (1993). The automatic synthesis of descriptive data using the taxonomic hierarchy. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1223302>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 30. Gérard, D. y Vignes, R. (2010). MyKey: a server-side software to create customized decision trees. Documento en línea. Disponible en: <http://www.openstarts.units.it/dspace/handle/10077/3758>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 31. Pankhurst, R. J. (1988). An interactive program for the construction of identification keys. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1221111>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 32. Hicks, A. y Hicks, P. (1978). A selected bibliography of plant collection and herbarium curation. Documento en línea. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/1220483>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 33. Smith-Akin, K.; McLane, S.; Craig, T. y Johnson T. (2006). Application of Cognitive Engineering Principles to the Redesign of a Dichotomous Identification Key for Parasitology. Documento en línea. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1839435/>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 34. Hearn, D. (2009). Shape analysis for the automated identification of plants from images of leaves. Documento en línea. Disponible en: <http://www.ingentaconnect.com/content/iapt/tax/2009/00000058/00000003/art00021>. Consulta: 11/01/2012.
- Public. 35. Sneath, P. (1979). Numerical taxonomy and automated identification: some implications for geology. Documento en línea. Disponible en:



<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098300479900177>.
Consulta: 11/01/2012.

Consulta:

Public. 36. Chesmore, E. y Yorke, L. (1997). Proceedings of inaugural meeting held at the university of wales cardiff. Disponible en: http://patso.org/plamen/spk_ver/Bigcat.pdf.
Consulta: 11/01/2012.

Public. 37. Dallwitz, M.; Paine, T. y Zurcher, E. (2012). Principles of interactive keys. Documento en línea. Disponible en: <ftp://delta-intkey.com/www/interactivekeys.htm>.
Consulta: 11/01/2012.

Public. 38. Dallwitz, M. (1992). A comparison of matrix-based taxonomic identification systems with rule-based systems. Documento en línea. Disponible en: <https://bitbucket.org/eug48/plantsearch/src/36caed4c9701/papers/dallwitz1992cmb.pdf>.
Consulta: 11/01/2012.

Public. 39. Bradbury, R. H., Green D. G. & Reicheltl, R. E. (1986). Qualitative patterns and processes in marine ecology: a conceptual programme. Documento en línea. Disponible en: <http://www.int-res.com/articles/meps/29/m029p299.pdf>. Consulta: 01/11/2012.

Public. 40. Alberdi, E. y Sleeman, D. (1995). Taxonomy Revision in Botany: A Simulation of Historical Data. Documento en línea. Disponible en: <http://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1995/SS-95-03/SS95-03-022.pdf>.
Consulta: 01/11/2012.

Public. 41. Paine, T.A. (1994). Intkey for Windows. Documento en línea. Disponible en: <http://delta-intkey.com/www/dn10.pdf>. Consulta: 01/11/2012.

Public. 42. Dallwitz, M. (1993). Delta and intkey. Documento en línea. Disponible en: http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ftp://delta-intkey.com/www/dallwitz-1993-delta_intkey.pdf. Consulta: 11/01/2012.

Public. 43. Lobanov, A. L.; Stepanjants, S. D. & Dianov, M. B. (1996). Dialogue Computer Sistem BIKEY as applied to diagnostics of Cnidaria. Documento en línea. Disponible en: <http://www.icm.csic.es/scimar/pdf/60/sm60n1211.pdf>. Consulta: 01/11/2012.