

## HACIA UN ESQUEMA INTEGRADO PARA EL ALMACENAMIENTO Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN OCEANOGRÁFICA, ECOLÓGICA Y PESQUERA: SISTEMA DE INFORMACIÓN EVALUACIÓN Y ECOLOGÍA PESQUERA, SIEEP

### TOWARDS AN INTEGRATIVE SCHEME FOR STORING AND ANALYSING OCEANOGRAPHIC, ECOLOGICAL AND FISHERIES INFORMATION: FISHERIES ASSESSMENT AND ECOLOGY INFORMATION SYSTEM, SIEEP

*Luis O. Duarte, Jairo Altamar y Fabián D. Escobar*

#### RESUMEN

El Sistema de Información Evaluación y Ecología Pesquera (SIEEP) surge como respuesta a la necesidad de contar con un esquema eficiente de almacenamiento, estandarización, validación y recuperación de la base informativa (biótica y abiótica) que permita desarrollar las aproximaciones integrales reclamadas por la comunidad científica para el estudio de los recursos pesqueros. Corresponde a una base de datos digital diseñada en Microsoft® Access 2002. Posee un modelo relacional jerárquico para el almacenamiento de la información, conformado por tres componentes que incluyen varios módulos: catálogo anotado de documentos, información abiótica e información biótica. Está diagramado con un sistema de interfases gráficas de acceso intuitivo a través del cual los usuarios pueden navegar por la aplicación, ingresar datos, explorar la información almacenada, ejecutar consultas e informes que se visualizan en pantalla, se exportan en diversos formatos digitales o se imprimen. La compilación de la información derivada de los estudios registrados en el Ecosistema de Aflo-ramiento del Mar Caribe de Colombia desde 1970, se constituye en la primera aplicación del SIEEP. Se obtuvo una base informativa que supera los 250.000 registros y que sin duda ha de convertirse en un referente para investigaciones pesqueras en la región. El SIEEP permite almacenar información de utilidad para estrategias de análisis y manejo que consideran las pesquerías en el contexto del ecosistema en el que se desarrollan. Contribuciones con información e iniciativas para la actualización permanente del SIEEP serán bienvenidas.

**PALABRAS CLAVE:** Información, Manejo pesquero, Bases de datos, Mar Caribe, Colombia

#### ABSTRACT

The Fisheries Assessment and Ecology Information System (SIEEP) emerges from the necessity of a efficient scheme for the storing, standardizing, validation and recovering of the informative basis (biotic and abiotic) to develop the integral approaches claimed by the scientific community

#### Dirección de los Autores:

Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales – LIPET, Universidad del Magdalena, Cr. 32 # 22 08, Santa Marta, Colombia. Email: gieep@unimag.edu.co lipet.gieep@gmail.com (LOD, JA, FDE). email: loduarte@universia.net.co (LOD).

for the study of fisheries resources. It is a digital database developed in Microsoft® Access 2002, with a relational and hierarchical model for data storing integrated by three components that include several modules: document catalogue, biotic information and abiotic information. It has a graphic interfaces system of intuitive access through which users can navigate in the application, store data, explore information, execute queries and reports that are visualised in the screen, are exported in several file formats or are printed. The gathering of the information derived from studies carried out in the Upwelling Ecosystem off Colombia, Caribbean Sea, since 1970 was the first application of the SIEEP. An informative basis with over 250.000 records was obtained, that for sure will become an obligated source for fisheries researches in the region. The SIEEP allows storing useful information for analysis and management strategies that place fisheries in the ecosystem context. Contributions with data and initiatives for the permanent update of the SIEEP are welcomed.

**KEY WORDS:** Information, Fisheries management, Databases, Caribbean Sea, Colombia

## INTRODUCCIÓN

La comunidad científica relacionada con el manejo de los recursos ha reconocido la necesidad de aplicar herramientas y técnicas analíticas globalizadoras para integrar el conocimiento acumulado y establecer estrategias de uso responsable (Mangel et al., 1996). La tendencia actual en el estudio de los recursos marinos es el desarrollo de aproximaciones que empleen escalas grandes para obtener márgenes de predicción en la dinámica de los componentes biológicos, es decir, que consideren una variabilidad temporal de baja frecuencia (Duarte et al., 1992; McGowan et al., 1998; Bakun, 2001) y una dimensión espacial amplia (Sherman et al., 1990; Longhurst, 1998; Platt y Sathyendranath, 1999) que integran las interacciones bióticas y abióticas.

El proceso de acumulación de conocimientos con miras al desarrollo de estrategias de manejo pesquero ha cambiado en la última década. Debido a los colapsos en muchas de las pesquerías más importantes del mundo, se ha promovido la posición de que los

científicos deben abandonar el enfoque monoespecífico y adoptar una perspectiva que involucre todo el ecosistema (Schiermeier, 2002). Estudios alrededor del mundo han demostrado la importancia de cuantificar los procesos ecológicos y oceanográficos en relación a la pesquería (Link, 2002). Por esta razón, aproximaciones alternativas que consideran la complejidad del ecosistema, las interacciones interespecíficas, el ambiente físico, el hábitat y las realidades de los datos han ganado credibilidad en la comunidad científica (Christensen et al., 1996; Botsford et al., 1997).

Un paso fundamental para realizar un esfuerzo de carácter sistemático que involucre escalas espacio-temporales grandes y todos los componentes del ecosistema es la generación de sistemas de información coherentes para la recopilación, estandarización, validación y almacenamiento de la información biótica y abiótica, de manera que se constituyan en la base cuantitativa que posibilite análisis integrados. Bajo ese marco conceptual han surgido iniciativas para la

generación de bases de datos globales que contienen información taxonómica (Froese y Bisby, 2000), distribución geográfica de las especies marinas (Grassle, 2000), estadísticas pesqueras (FAO, 2001), parámetros oceanográficos y atmosféricos (Woodruff et al., 1998), etc.

El Sistema de Información Evaluación y Ecología Pesquera SIEEP, surge como respuesta a la necesidad de contar con un esquema eficiente de almacenamiento, validación y recuperación de la base informativa (oceanográfica, ecológica, pesquera) que permita el desarrollo de aproximaciones integrales para el estudio de los recursos pesqueros en el contexto del ecosistema en que habitan. En el contexto del SIEEP se entiende como ecosistema el conjunto de componentes bióticos y abióticos que se considera tienen mayor ingerencia sobre la estructura y dinámica espacio-temporal de los recursos pesqueros. Algunos componentes del ecosistema como los pastos marinos, las macroalgas, las aves y los mamíferos marinos no están aun incorporados en el SIEEP, no obstante, la generación de módulos que contengan información sobre estos componentes es una de las proyecciones de desarrollo. Este artículo presenta el desarrollo conceptual, diseño y operatividad del SIEEP, hace un balance de su primera aplicación en el Mar Caribe de Colombia y discute su utilidad a la luz de la visión moderna del análisis y manejo de los recursos pesqueros.

## ARQUITECTURA DEL SIEEP

El SIEEP corresponde a una base de datos digital diseñada en Microsoft® Access 2002 para plataforma Windows. Posee un modelo relacional jerárquico para el almacena-

miento de la información que fue diseñado siguiendo el método tradicional de tres esquemas: conceptual, lógico y físico (Connolly y Begg, 2002). Está conformado por tres componentes temáticos generales, los cuales a su vez incluyen varios módulos de información: (1) Catálogo anotado de documentos, (2) Información abiótica y (3) Información biótica (Figura 1, Anexo I).

El catálogo anotado de documentos fue diseñado para tener una guía bibliográfica especializada de los temas relacionados con ciencias marinas en general y evaluación/ecología pesquera en particular. Permite localizar de manera eficiente documentos que contengan datos para incorporar al SIEEP y que permitan contextualizar las propuestas de investigación, los informes y los artículos que se efectúen. La ubicación de los documentos es detallada ampliamente, incluyendo la catalogación de las referencias, los centros de documentación en los cuales se encuentran, las entidades ejecutoras, etc. Adicionalmente, se desarrolló un sistema de descriptores temáticos, geográficos y taxonómicos que optimiza el proceso de consulta y recuperación de las publicaciones en el centro de documentación respectivo. El sistema permite, además, generar una serie de informes globales para revisiones exhaustivas de las referencias (Figura 1).

El componente abiótico del SIEEP permite almacenar información del contexto abiótico en el que habitan los componentes bióticos del ecosistema. Incluye módulos de batimetría y físico-químicos. En el primero de ellos se incluye información batimétrica referenciada espacialmente tomada en cruceros científicos, o extraída de bitácoras de pesca. El módulo de información físico-química contiene campos para datos de tempera-

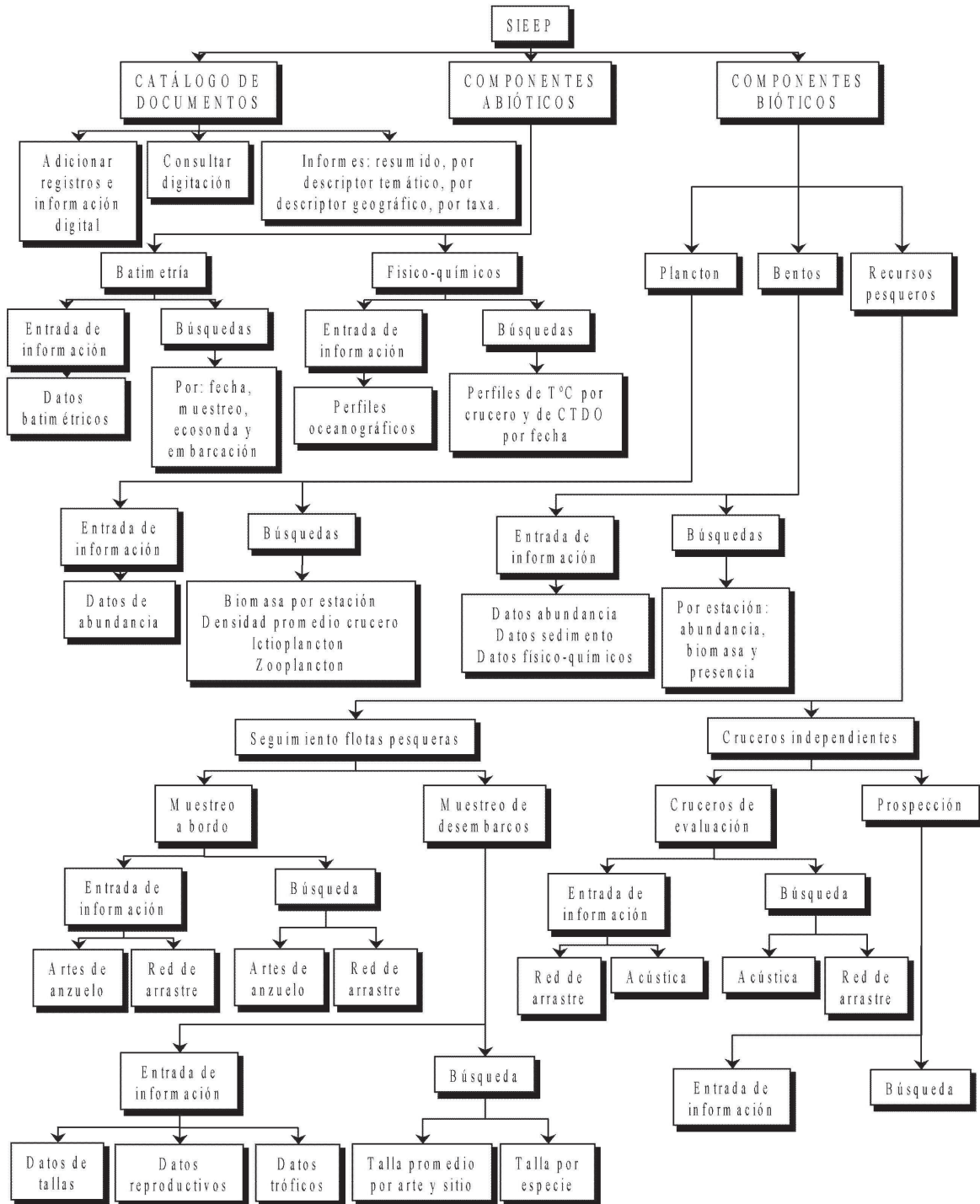


Figura 1. Arquitectura general del Sistema de Información Evaluación y Ecología Pesquera – SIEEP. Los términos son definidos en el Anexo I.

tura, salinidad y oxígeno disuelto; no obstante, el sistema es flexible para adicionar nuevos parámetros de interés. La información abiótica puede ser consultada empleando una serie de criterios de selección (Figura 1).

La información biótica fue organizada en tres módulos principales (plancton, bentos y recursos pesqueros), cada uno de los cuales posee diversos sub-módulos (Figura 1). En este componente es particularmente evidente la estructura jerárquica del sistema de información, para organizar en diferentes niveles los datos provenientes de varios componentes biológicos. El módulo de plancton permite ingresar información de abundancia para zooplancton e ictioplancton, mientras que el módulo de bentos almacena datos de abundancia de bentos, del tipo de sedimento y varios parámetros fisicoquímicos y microbiológicos asociados a los fondos.

La información de recursos pesqueros está dividida en dos aspectos de la investigación pesquera: el seguimiento de las flotas y las evaluaciones independientes mediante muestreos científicos. En el primer aspecto se incluye los datos provenientes de los muestreos realizados por observadores a bordo de flotas pesqueras y muestreos biológico-pesqueros de desembarcos. El segundo aspecto contiene la información de crueros de evaluación y prospección. En general, el componente de recursos pesqueros comprende información de abundancia de recursos, de parámetros demográficos y de aspectos reproductivos y alimentarios. En cada módulo del componente biótico, se incluye un protocolo de búsquedas empleadas comúnmente (Figura 1).

En el SIEEP, la información se almacena en tablas que se relacionan entre sí mediante

campos clave o indicadores en una estructura de dependencias que racionaliza y facilita el ingreso de los datos, valida los datos ingresados y potencia la generación de consultas. El diseño del SIEEP posee una serie de propiedades deseables para su aplicabilidad en estudios pesqueros, *viz.*

- Acoge el lenguaje técnico y los esquemas de almacenamiento de información que regularmente son empleados por los especialistas.
- Cuida que cada dato este asociado a información colateral que permite ubicarlo espacial, temporal y bibliográficamente. El científico o grupo y entidad(es) que generan los datos son identificados con lo cual se asegura que la información se usará brindando los créditos respectivos.
- Identifica la unidad de medida e instrumento de muestreo empleados en cada dato para efectos de comparaciones entre muestreos.
- Posee mecanismos que controlan y filtran los datos que los usuarios introducen para minimizar errores de digitación y facilitar la escritura.
- Aplica reglas de validación que garantizan la coherencia de los datos.
- Permite que nuevos módulos de información sean incorporados de acuerdo a las necesidades.

## SISTEMA DE NAVEGACIÓN

El SIEEP está diagramado con un sistema de interfases gráficas de acceso fácil e intuitivo a través del cual los usuarios pueden navegar por la aplicación, ingresar datos, explorar la información almacenada, generar consultas e informes que sinteticen los datos recopilados que pueden ser visualizados en pantalla, exportados en diversos

formatos digitales o impresos. No obstante, posee instrucciones de seguridad que impiden que los usuarios puedan alterar la estructura interna del sistema o deteriorar su funcionamiento.

Una vez se ejecuta el SIEEP, una interfase gráfica se activa a partir de la cual es posible navegar en todos los componentes y módulos que le constituyen (Figura 2). Una serie de botones permite acceder a cada componente o salir de la aplicación. Para acceder a cada módulo se pulsa el botón correspondiente, con lo cual se despliega una interfase que permite el ingreso, modificación y consulta de la información. Por ejemplo, la figura 3A muestra la interfase del sub-módulo de cruceros de evaluación que hace parte de la información de cruceros científicos de

los recursos pesqueros (Figura 1). En este caso, existen dos tipos de información que se pueden ingresar: con redes de arrastre y con métodos acústicos, por tanto las búsquedas siguen ese patrón. La figura 3B muestra el formulario que se despliega al pulsar el botón de capturas y tallas registradas con redes de arrastre. Incluye la ubicación espacial y temporal de los datos, así como información abiótica colateral. Para evitar posibles errores de digitación varios de los campos se llenan seleccionando el dato de un listado predefinido, el cual puede ser alimentado haciendo doble click en la celda respectiva.

El protocolo de búsquedas sigue un patrón similar en toda la aplicación que consiste en la solicitud de un parámetro o criterio que debe ser ingresado por el usuario para res-

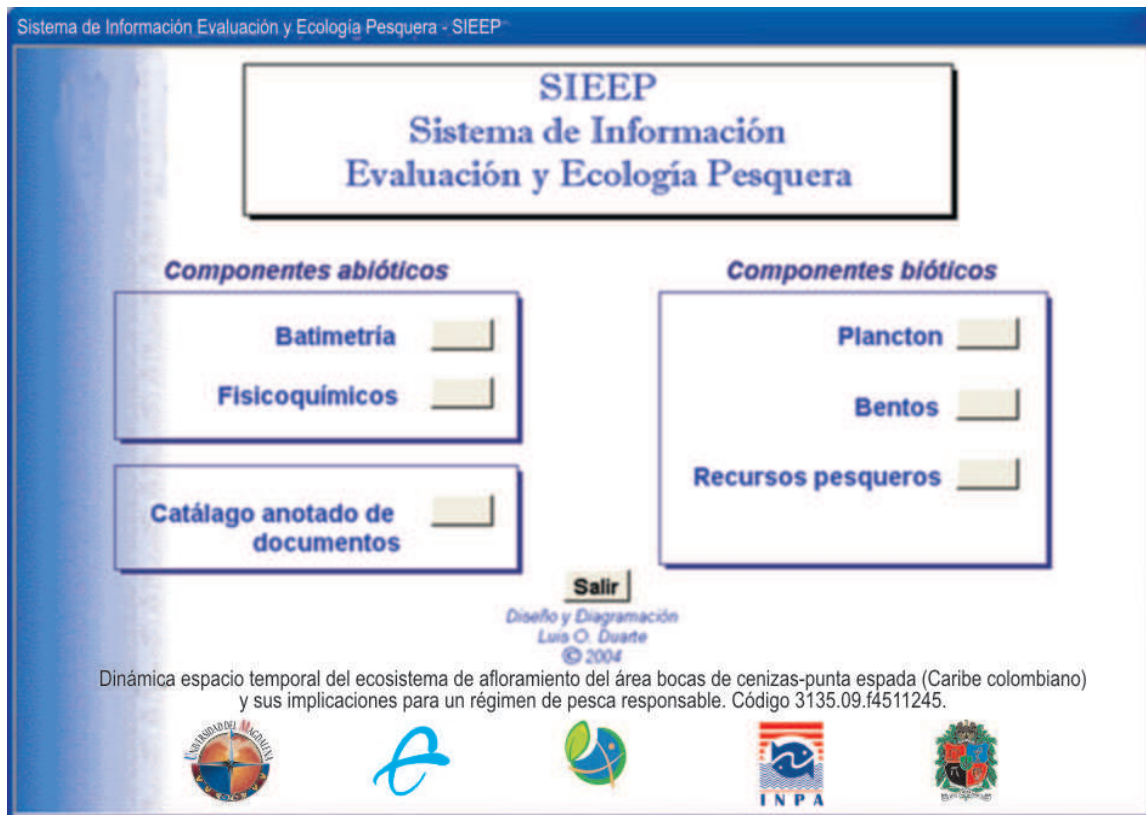


Figura 2. Entrada al SIEEP. Interfase inicial del sistema de navegación de la aplicación.

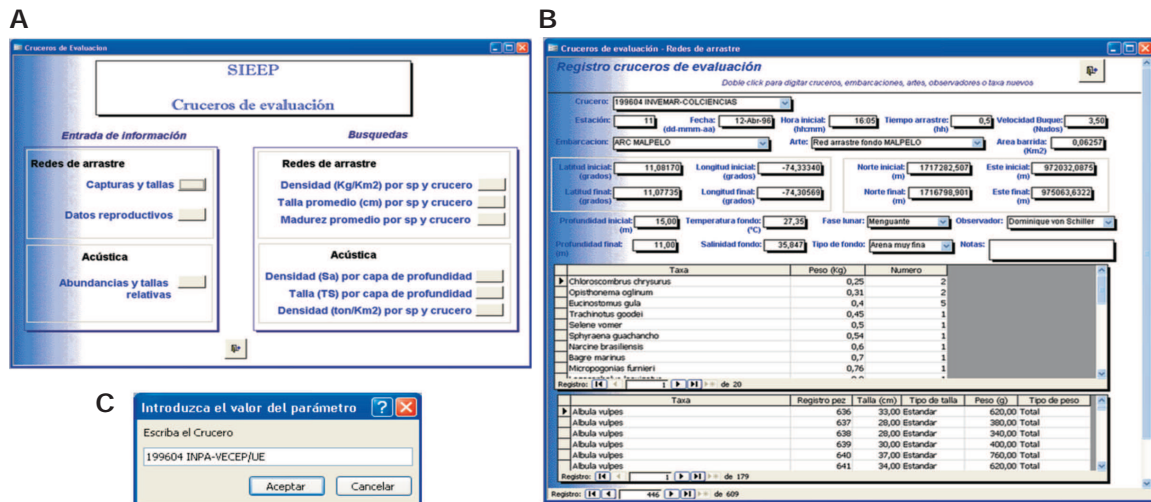


Figura 3. Ejemplo de interfaces gráficas del SIEEP: sub-módulo de cruceros de evaluación. A, entrada al sub-módulo; B, formulario para entrada de información de capturas y tallas de cruceros de evaluación con redes de arrastre; C, cuadro de diálogo para ingresar un criterio de búsqueda (crucero).

tringir los resultados de la búsqueda (Figura 3C, Anexo II). En términos generales todas interfaces gráficas del SIEEP operan bajo los mismos principios de navegación con el propósito de que resulte intuitivo para el usuario, se familiarice fácilmente con la aplicación y esté en capacidad de manejarla eficientemente.

El SIEEP está diseñado para verse en una resolución de monitor de 1024 por 768 píxeles. Los requerimientos mínimos para su funcionamiento son: Microsoft Windows® 95, 64 MB de RAM, procesador tipo Pentium y 30 MB de espacio libre en el disco duro (solo la estructura). Naturalmente, el espacio necesario en el disco se va incrementando a medida que se ingresa información (60 MB hasta noviembre de 2004).

### APLICACIÓN EN EL MAR CARIBE DE COLOMBIA

El área marina que quizá ofrece las mejores condiciones para estudios integrales en el

país, teniendo en consideración la experiencia investigativa acumulada es el Ecosistema de Afloramiento del Mar Caribe de Colombia (EAMCC, 71°08' W - 74°53' W), que corresponde al sector comprendido entre la frontera con Venezuela y la desembocadura del Río Magdalena (Manjarrés et al., 2003). Como consecuencia, el Grupo de Investigación Evaluación y Ecología Pesquera de la Universidad del Magdalena realizó un esfuerzo de revisión bibliográfica exhaustivo, recopilación, organización y sistematización de un volumen importante de metadatos, es decir, datos con referenciación geográfica y con información colateral, muchos de los cuales se encontraban dispersos en documentos de difícil acceso e incluso en peligro de desaparecer. Este esfuerzo se concentró en la información generada desde 1970. Posteriormente, la información fue evaluada y estandarizada detalladamente empleando reglas de validación incluidas en el SIEEP. Como resultado, se obtuvo una base informativa histórica tanto biótica como abiótica

Tabla 1. Resumen de la información contenida en el SIEEP hasta noviembre de 2004. Los números entre paréntesis corresponden a los tipos de instrumentos o artes de muestreo con los cuales se colectó la información en cada caso.

Información	Instrumentos o arte de muestreo	Campañas de muestreo	Estaciones	Parámetros o taxa	Dato	Registros	Cobertura temporal	Fuentes		
Batimetría	Ecosondas (7)	77	4963	1	Profundidad	4963	1970-2001	11		
Sedimentos	Dragas (1)	16	109	2	Granulometría	109	1996-1998	1		
					Materia orgánica	108	1996-1998	1		
Físico-químicos columna de agua	Sondas oceanográficas (5)	27	747	3	Temperatura	34511	1995-2001	9		
					Salinidad	34530	1995-2001	9		
					Oxígeno	18667	1995-2001	8		
					Físico-químicos	1836	1991-2003	33		
Físico-químicos y microbiológicos de fondo	Botellas (1)	31	102	5	Nutrientes	510	1991-2003	33		
				2	Microbiológicos	204	1991-2003	33		
Ictioplancton	Redes (2)	24	784	103	Abundancia	5930	1995-2001	17		
Zooplancton	Redes (2)	24	784	208	Abundancia	4132	1987-1996	17		
Bentos	Dragas (4)	53	738	156	Abundancia	9823	1991-2003	34		
Recursos pesqueros	Seguimientos de las flotas pesqueras	A bordo	Artes de anzuelo (2)	24	270	108	Abundancia	1171	1995-2001	2
						20	Madurez	1622	1995-2001	2
						25	Talla-peso	1918	1995-2001	2
		Desembarque	Redes de arrastre de camarón (1)	32	426	187	Abundancia	5922	1984-2001	2
						2	Madurez	1818	2000-2001	1
						2	Talla-peso	1941	2000-2001	1
						15	Madurez	26059	1986-2001	5
	Cruceos científicos	Evaluación	Artes de anzuelo, redes y nasas (20)	581	44	15	Talla-peso	51445	1986-2001	5
						2	Hábito trófico	3352	1997-1998	1
						468	Abundancia	7207	1970-2001	13
						97	Madurez	3756	1995-1998	5
Prospección	Redes de arrastre de fondo y de media agua (8)	41	609	167	Talla-peso	26385	1988-2001	9		
				6	Abundancia	2388	1997-1998	3		
				6	Talla	6733	1997-1998	3		
Artes de anzuelo (6)	30	354	71		Abundancia	1015	1992-1996	4		

que supera los 250.000 registros y que sin duda ha de convertirse en un referente para la consulta, análisis y manejo adecuado de los recursos pesqueros de la región.

La tabla 1 presenta el balance de la información contenida hasta noviembre de 2004 en los diferentes módulos bióticos y abióticos del SIEEP. El volumen de información (medido como número de registros almacenados) fue importante en algunos módulos y bastante limitado en otros. La cobertura temporal y número de campañas de muestreo incorporadas también resultaron disímiles entre los módulos. Esto permite identificar nuevas posibilidades de análisis en la medida que se accede a datos hasta ahora no disponibles, detectar la necesidad de estudios para llenar vacíos de información y

motivar el establecimiento de procedimientos rutinarios de toma de información biológica y abiótica.

Aproximadamente la mitad de los registros corresponden a información de recursos pesqueros (Tabla 1), producto de la compilación de datos almacenados digitalmente durante proyectos previos por el Grupo de Investigación Evaluación y Ecología Pesquera, informes finales de proyectos, informes de consultorías, tesis de grado, formularios de campo, etc.

Producto de una revisión de la literatura científica existente para el EAMCC, se almacenaron 933 referencias en el catálogo anotado de documentos, correspondientes a 903 autores que se identificaron mediante



57 descriptores temáticos, 36 geográficos y 16 taxonómicos. Copia de la mayoría de estas referencias se encuentran en el centro de documentación del Laboratorio de Investigaciones Pesqueras Tropicales (LIPET) de la Universidad del Magdalena y se constituyen en un registro de la investigación desarrollada en la región como contexto para nuevos estudios.

Esta aplicación del SIEEP ha viabilizado una serie de análisis integrales del EAMCC que incluyen la formulación de modelos de la red alimentaria, la exploración de las tendencias de largo plazo y distribución espacial de las abundancias de los componentes biológicos del sistema, la detección de relaciones entre el ambiente y los recursos, el diseño de un sistema de información geográfica aplicado a las pesquerías (Manjarrés et al., 2004).

En efecto, el SIEEP permite almacenar información de utilidad para varias estrategias de análisis de amplio interés en el manejo pesquero moderno, *e.g.* (a) los cruceros científicos han sido ampliamente usados como una aproximación independiente para la evaluación de recursos (Gunderson, 1993); (b) los análisis retrospectivos de la abundancia de las especies y de la biodiversidad contribuyen a evitar los errores de manejo generados por el denominado «síndrome de la línea base cambiante» (*sensu* Pauly, 1995), esto es, la falta de una visión de largo plazo como efecto de que cada generación de científicos pesqueros acepta como una línea base deseable el tamaño poblacional y la composición de especies que ocurrió al inicio de su carrera, a pesar de que dicha línea base va cambiando con el tiempo producto de los impactos naturales y pesqueros que soportan los recursos, así que es un punto de re-

ferencia inapropiado para evaluar los cambios en los recursos o para identificar los niveles de abundancia objetivo en las medidas de mitigación; (c) los datos de frecuencias de longitudes son utilizados para examinar los parámetros poblacionales y evaluar los stocks explotados, incluso en casos de disponibilidad variable de datos como ocurre en las pesquerías de países en vías de desarrollo (Sparre y Venema, 1992); (d) la evaluación de patrones espaciales responde a la evidencia de que las poblaciones y comunidades marinas, así como las variables abióticas están estructuradas espacialmente, por tanto, las estrategias de aprovechamiento deben considerar esa estructura para optimizar sus rendimientos en un esquema de uso responsable. Una estrategia usada ampliamente en sistemas marinos complejos es el manejo espacial, de hecho, en sistemas tropicales de alta diversidad puede ser la única herramienta de manejo disponible (Sumaila et al., 2000); (e) la disponibilidad de información de los diferentes componentes bióticos y abióticos permite construir modelos a la escala del ecosistema, los cuales han mostrado ser promisorios para hacer predicciones, al menos cualitativas de las trayectorias de las biomásas de los recursos (Hollowed et al., 2000).

La utilidad del SIEEP se enmarca, entonces, en los enfoques de análisis que han despertado recientemente un interés sustancial y que conducen al establecimiento de sistemas de manejo pesquero basados en el ecosistema (NRC, 1999; Hall y Mainprize, 2004), es decir, aproximaciones que consideren las pesquerías en el contexto del ecosistema en el que se desarrollan. Se espera, entonces, continuar alimentando el SIEEP con la información no disponible hasta aho-

ra, más la que permanentemente generan los grupos y entidades relacionadas con la investigación de los recursos pesqueros en el país y de esa manera ampliar cada vez más la base informativa disponible para el desarrollo de las aproximaciones integradas que reclama la comunidad científica internacional. Nuevos módulos que contendrán información relevante para el manejo pesquero se continuarán desarrollando con el propósito de tener una herramienta informática cada vez más completa y robusta. Contribuciones que brinden información no incluida aun e ideas para un mejoramiento continuo del SIEEP serán bienvenidas.

El SIEEP se constituye en una herramienta útil para preservar los datos generados en las investigaciones y asegura que los esfuerzos y el costo de trabajos de investigación previos sean considerados al momento de analizar la dinámica de los recursos pesqueros en escalas espaciales y temporales grandes. En ese horizonte, el SIEEP es un avance significativo para un esquema integrado de almacenamiento y análisis de información oceanográfica, ecológica y pesquera que se pone al servicio de la comunidad científica y usuarios de los recursos pesqueros del país. Se espera institucionalizar este sistema de información, de modo que se conviertan en una iniciativa sostenible que se actualice permanentemente.

### AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del SIEEP fue posible gracias al financiamiento de COLCIENCIAS, la Universidad del Magdalena, INPA/INCODER y la Universidad Nacional de Colombia durante el proyecto «Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento del área Bocas de Ceniza-Punta Espada (Caribe Co-

lombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable», código 3135-09-11245. Agradecemos a Luis Manjarrés, Camilo B. García, Paúl Gómez, Jorge Viaña, María Isabel Criales, Camila Posada, Sandra Pérez y Francisco Correa quienes contribuyeron con la conceptualización, organización, catalogación y digitación de información. LOD fue financiado parcialmente por Deutscher Akademischer Austausch Dients (DAAD) mediante una beca doctoral.

### BIBLIOGRAFIA

- Bakun, A. 2001. 'School-mix feedback': a different way to think about low frequency variability in large mobile fish populations. *Progr. Oceanogr.* 49: 485-511.
- Boltovskoy, D. (ed). 1981. Atlas del zooplancton del Atlántico Sudoccidental y métodos de trabajo con el zooplancton marino. Publicación especial. INIDEP, Mar del Plata, 936 p.
- Botsford, L.W., J.C. Castilla y C.H. Peterson. 1997. The management of fisheries and marine ecosystems. *Science* 277: 509-515.
- Christensen, N., M. Bartuska, J. Brown, S. Carpenter, C. D'Antonio, R. Francis, J. Franklin, J. MacMahon, R. Noss, D. Parsons, C. Peterson, M. Turner y R. Woodmansee. 1996. Report of the Ecological Society of American Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. *Ecol. Appl.* 61(3): 665-691.
- Connolly, T. y C. Begg. 2002. Database Systems. A Practical Approach to Design, Implementation and Management. Tercera edición. Addison-Wesley, Boston, 1236 p.
- Duarte, C.M., J. Cebrian y N. Marbá. 1992. Global change in the marine environment: the life-history of long-term monitoring programmes in Europe. *Nature* 356: 190
- FAO. 2001. Fishstat Plus. CD-ROM. FAO, Roma.
- Froese, R. y F.A. Bisby (eds). 2000. Species 2000. Catalogue of Life: Indexing the world's

- know species. CD-ROM. Species 2000, Los Baños, Filipinas.
- Grassle, F. 2000. The Ocean Biogeographic Information System (OBIS): an on-line, world-wide atlas for accessing, modeling and mapping marine biological data in a multidimensional geographic context. *Oceanography* 13(3): 5-7.
- Gunderson, D.R. 1993. *Surveys of Fisheries Resources*. John Wiley, New York, 248 p.
- Hall, S.J. y B. Mainprize. 2004. Towards ecosystem-based fisheries management. *Fish Fish*. 5: 1-20.
- Hollowed, A.B., N. Bax, R. Beamish, J. Collie, M. Fogarty, P. Livingston, J. Pope y J.C. Rice. 2000. Are multispecies models an improvement on single-species models for measuring fishing impacts on marine ecosystems?. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 707-719.
- Hureau, J.C. 1969. *Biologie comparee de quelques poissons anarctiques (Nototheniidae)*. Bull. Inst. Oceanogr. Monaco 68: 1-44.
- Link, J.S. 2002. Ecological Considerations in Fisheries Management: When Does It Matter? *Fisheries* 27(4):10-17.
- Longhurst, A.R. 1998. *Ecological Geography of the Sea*. Academic Press, San Diego, 398 p.
- Mangel, M., et al. (43 autores). 1996. Principles for the conservation of wild living resources. *Ecol. Appl.* 6(2): 338-362.
- Manjarrés, L., L.O. Duarte y C.B. García. 2003. El ecosistema de afloramiento del Mar Caribe de Colombia: implicaciones para un régimen de pesca responsable. *Colombia, Ciencia y Tecnología* 21(3): 14-23.
- Manjarrés, L., L.O. Duarte, C.B. García, M.I. Criales, J. Altamar, J. Viaña, P. Gómez, F. Cuello, J. Mazenet y F. Escobar. 2004. Dinámica espacio-temporal del ecosistema de afloramiento del area Bocas de Ceniza - Punta Espada (Caribe colombiano) y sus implicaciones para un régimen de pesca responsable. Informe Técnico Final. UNIMAG, COLCIENCIAS, INCODER, INPA, UNAL. Santa Marta, 24 p + anexos.
- McGowan, J.A., D.R. Cayan y L.M. Dorman. 1998. Climate-Ocean variability and Ecosystem Response in the Northeast Pacific. *Science* 281:210-217.
- NRC (National Research Council). 1999. *Sustaining Marine Fisheries*. National Academy Press, Washington. 164 p.
- Pauly, D. 1995. Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends Ecol. Evol.* 10(10): 430.
- Platt, T. y S. Sathyendranath. 1999. Spatial structure of pelagic ecosystems processes in the global ocean. *Ecosystems* 2: 384-394.
- Schiermeier, Q. 2002. How many more fish in the Sea? *Nature* 419: 662-665.
- Sherman, K., L.M. Alexander y B.D. Gold (eds). 1990. *Large marine ecosystems: patterns, processes and yields*. AAAS Press, Washington, 242 p.
- Smith, P.E. y S.L. Richardson. 1979. Técnicas modelo para prospecciones de huevos y larvas de peces pelágicos. *FAO Doc. Técn. Pesca* 175: 1-107.
- Sparre, P. y S.C. Venema. 1992. *Introduction to Tropical Fish Stock Assessment Part 1: Manual*. FAO Fish. Tech. Pap. 306.1: 1- 376.
- Sumaila, U.R., S. Guenette, S. Alder y R. Chuenpagdee. 2000. Addressing ecosystem effects of fishing using marine protected areas. *ICES J. Mar. Sci.* 57: 752-760.
- Woodruff, S.D., H.F. Diaz, J.D. Elms y S.J. Worley, 1998. COADS Release 2 data and metadata enhancements for improvements of marine surface flux fields. *Phys. Chem. Earth*, 23, 517-527.

**Fecha de recepción: 10/12/04**  
**Fecha de aceptación: 23/05/05**

## ANEXO I

Glosario de términos empleados en la arquitectura del SIEEP. Las acepciones que se incluyen corresponden a las aplicadas específicamente en el sistema.

**Abiótico:** Relativo a los componentes no vivos del ambiente marino.

**Artes de anzuelo:** Arte pasivo que en términos generales consta de líneas de material sintético de las cuales penden anzuelos, las líneas de mano o cordeles, palangres (horizontal de fondo multi y monofilamento, superficial, tiburonero y mixto) y ballestilla son los artes de anzuelo relacionados en el SIEEP.

**Artes de arrastre:** En general corresponden a redes provistas de pesos en el borde inferior, de flotadores en el borde superior y con un saco en el que se retiene la captura. Operan remolcadas desde una embarcación o manualmente. En el SIEEP se han incluido redes de arrastre, las cuales dependiendo de la posición de trabajo en la columna de agua, se clasifican como de fondo o de media agua y el chinchorro que se opera manualmente en sentido mar-tierra.

**Artes de enmalle:** Son artes pasivos (de deriva o fijos), generalmente de redes rectangulares con flotadores en el borde superior y pesos en el borde inferior. A menudo están compuestos de paños de redes con diferentes tamaños de malla. En el SIEEP se dispone de dos categorías, redes de enmalle y lanceo. Esta última opera haciendo un cerco desde una embarcación.

**Batimetría:** Información derivada de la medición de las profundidades del océano en varios lugares.

**Bentos:** Conjunto de organismos (animales o vegetales) que habitan en el fondo del océano. Incluye formas móviles y no móviles.

**Biótico:** Relativo a los organismos vivos del ambiente marino.

**Crucero de prospección:** Campaña destinada a obtener estimaciones sobre probables índices de capturas para un arte y embarcación específicos en diferentes sitios, generalmente no seleccionados aleatoriamente, en orden de determinar aquellos de mayor concentración de un recurso (caladeros). En el SIEEP se involucran prospecciones efectuadas con embarcaciones de pesca comercial y científicas, usando redes de arrastre y palangres horizontales de fondo.

**Crucero de evaluación:** Campaña efectuada en embarcaciones científicas, destinada a obtener estimaciones sobre la abundancia absoluta (biomasa), la distribución de un recurso o un grupo de recursos, estructurada sobre la base de un muestreo aleatorio, generalmente estratificado por sectores geográficos y/o batimétricos.

**CTDO:** Sonda oceanográfica que contiene sensores para registrar salinidad, temperatura y oxígeno a diferentes profundidades de la columna de agua.

**Datos de tallas:** Incluye información de longitud total y estándar de especies de peces capturadas durante los muestreos a bordo y de desembarcos, cruceros de evaluación y prospección.

**Datos de sedimentos:** Información relacionada con la granulometría y contenido de materia orgánica de los sedimentos del fondo del océano.

Continuación Anexo I

**Datos reproductivos:** Registros de sexo, madurez y peso gonadal proveniente de muestreos de desembarco y a bordo.

**Datos tróficos:** Información de peso del estomago y porcentaje de llenura registrada durante muestreos de desembarcos.

**Evaluación con métodos acústicos:** Estimación de abundancias globales de recursos mediante equipos que tienen la capacidad de detectar la reflexión acústica de los organismos marinos. Proporciona, además, información sobre la distribución y comportamiento de los recursos.

**Evaluación con red de arrastre:** Estimación de la biomasa global de recursos a partir de cruceros de evaluación demersales o pelágicos efectuadas con redes de arrastre de fondo o de media agua, respectivamente.

**Físico-químico:** Relativo a los parámetros abióticos que dan cuenta de las propiedades físicas y químicas del océano.

**Granulometría:** Información derivada de la medición del tamaño de las partículas de sedimento.

**Ictioplancton:** Fracción del plancton correspondiente a huevos y larvas de peces.

**Muestreo a bordo:** Información muestral correspondiente a capturas y tallas registrada a bordo de embarcaciones pesqueras que utilizan artes de anzuelo y redes de arrastre.

**Muestreo de desembarcos:** Información muestral de la captura desembarcada en los diferentes sitios pesqueros del área de estudio. En el SIEEP se han incluido datos de tallas, de reproducción y de alimentación.

**Perfil oceanográfico:** Información de parámetros fisicoquímicos (temperatura, salinidad, oxígeno) registradas a diferentes profundidades en la columna de agua.

**Plancton:** Organismos microscópicos de movilidad restringida que viven a expensas de las corrientes. Puede ser de origen animal (zooplancton) o vegetal (fitoplancton).

**Recursos Pesqueros:** Recursos hidrobiológicos susceptibles de ser extraídos y aprovechados por las pesquerías.

## ANEXO II

Parámetros (campos) y algoritmos empleados para formular las búsquedas incorporadas en cada uno de los módulos del SIEEP.

Módulo	Parámetro	Algoritmo	Búsquedas	
Catálogo anotado de documentos	Autor	Selección	Referencias del autor seleccionado	
	Título	Operadores booleanos	Referencias cuyo título contiene palabras indicadas	
	Descriptor geográfico	Selección	Referencias con el descriptor seleccionado	
Batimetría	Fecha	Rango	Datos batimétricos por intervalo de tiempo	
	Código de cruceo	Selección	Datos batimétricos por cruceo seleccionado	
	Tipo de ecosonda	Selección	Datos batimétricos ecosonda seleccionada	
	Nombre de buque	Selección	Datos batimétricos por buque seleccionado	
Fisicoquímicos	Código de cruceo	Selección	Perfiles de temperatura y salinidad por cruceo seleccionado	
	Fecha	Rango	Perfiles de temperatura y salinidad por intervalo de tiempo	
Plancton	Biovolumen de zooplancton y volumen filtrado	$Z_v = b \cdot p/v$ (Smith y Richardson, 1979)	Densidad en volumen de zooplancton por estación	
	Biovolumen de zooplancton y volumen filtrado	$Z_p = Z_v \cdot 1.025$ (Boltovskoy, 1981)	Densidad en peso de zooplancton por estación	
	Conteo de zooplancton y volumen filtrado	$Z_n = n/v$	Densidad en número de zooplancton por estación	
	Conteo de ictioplancton y volumen filtrado	$I_n = n/v$	Densidad en número de ictioplancton por estación	
Bentos	Código de cruceo	Selección	Conteo de infauna por cruceo seleccionado	
	Código de cruceo	Selección	Biomasa de infauna por cruceo seleccionado	
	Código de cruceo	Selección	Presencia / ausencia de infauna por cruceo	
Recursos pesqueros	Muestreo a bordo	Captura con ballestilla	$CPUE_b = c/n/2t$	CPUE de ballestilla por muestreo
		Captura con palangre	$CPUE_p = 100 \cdot c/n/2t$	CPUE de palangre por muestreo
		Código de cruceo	Selección	Capturas acompañantes de camarón con redes de arrastre por cruceo
	Muestreo de desembarques	Talla individual, tipo de arte y sitio	$\bar{L} = \sum L/n$	Talla promedio de cada especie y muestreo por arte y sitio seleccionados
		Nombre de la especie	Selección	Tallas registradas de la especie seleccionada
		Peso gónada y peso individual	$G = \sum (p_g/p_t) \cdot 100/n$	Índice gonadosomático por especie en cada muestreo

Continuación Anexo II

Módulo	Parámetro	Algoritmo	Búsquedas	
Recursos pesqueros	Muestreo de desembarques	Peso estomacal y peso individual	$R = \sum (p_e / p_t) \cdot 100 / n$ (Hureau, 1969)	Índice de repleción por especie en cada muestreo
	Cruceros de evaluación	Captura con redes de arrastre y área barrida	$B = c / a$ (Sparre y Venema, 1992)	Biomasa capturada por especie en cada lance demersal
		Talla individual y código de crucero	$\bar{L} = \sum L / n$	Talla promedio de cada especie por estación en cada crucero seleccionado
		Nombre de la especie	Selección	Tallas registradas de la especie seleccionada en cada crucero
		Peso gónada y peso individual	$G = \sum (p_g / p_t) \cdot 100 / n$	Índice gonadosomático por especie en cada crucero
		Código de crucero	Selección	Densidad relativa (acústica) por crucero seleccionado
	Cruceros de prospección	Captura con palangre	$CPUE_p = c / n / 2t$	CPUE de palangre por crucero

$Z_v$  es la densidad de zooplancton en volumen [ml/m<sup>2</sup>] estimada a partir del biovolumen  $b$  [ml] colectado en arrastres oblicuos a profundidad  $p$  [m] en un volumen  $v$  [m<sup>3</sup>] de agua filtrada  
 $Z_p$  es la densidad de zooplancton en peso [mg/m<sup>2</sup>]  
 $Z_n$  es la densidad de zooplancton en número [individuos/m<sup>3</sup>] estimada del número de individuos  $n$  colectados en un arrastre de un volumen  $v$  [m<sup>3</sup>] de agua filtrada  
 $I_n$  es la densidad de ictioplancton en número [larvas/m<sup>3</sup>] estimada del número de larvas  $n$  colectadas en un arrastre de un volumen  $v$  [m<sup>3</sup>] de agua filtrada  
 $CPUE_b$  es la captura por unidad de esfuerzo [kg/hombre/0.5h] de ballestilla estimada para cada especie, a partir de su captura  $c$  [kg], obtenida en cada lance de los muestreos a bordo por  $n$  hombres en un tiempo  $t$  [h]  
 $CPUE_p$  es la captura por unidad de esfuerzo [kg/100 anzuelos/0.5h] de palangre horizontal de fondo, estimada para cada especie, a partir de su captura  $c$  [kg], obtenida en cada lance de los muestreos a bordo, con  $n$  anzuelos en un tiempo  $t$  [h]  
 $\bar{L}$  es la talla promedio [cm] de los  $n$  ejemplares capturados de cada especie en un muestreo o crucero derivada de sus tallas individuales  $L$  [cm]  
 $G$  es el índice gonadosomático [%] por especie en cada muestreo o crucero calculado con el peso de los ovarios  $p_g$  [g] y el peso corporal  $p_t$  [g] de cada uno de los  $n$  individuos examinados  
 $R$  es el índice de repleción estomacal [%] por especie en cada muestreo calculado con el peso del contenido estomacal  $p_e$  [g] y el peso corporal  $p_t$  [g] de cada uno de los  $n$  individuos examinados  
 $B$  es la biomasa [kg/km<sup>2</sup>] por especie calculada de la captura  $c$  [kg] registrada en cada lance de arrastre demersal que barre un área  $a$  [km<sup>2</sup>]