

## **Integrando la información científica al proceso de toma de decisiones del MIZC: la bioindicación de los metales pesados a partir de las macroalgas<sup>1</sup>.**

### **Integrating scientific information to decision-making process of ICZM: bioindication of heavy metals from macroalgae**

María Elena Castellanos González, Ángel R. León P., Ángel. Moreira G., Clara E. Miranda V. y Marianela Morales C.\*.

Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Ministerio de Ciencia, tecnología y Medio Ambiente, Calle 17 esq. Ave 46 s/n, Reparto Reina, CP 55100, Cienfuegos, Cuba (\*)Universidad de Cienfuegos, Cuba. email: [elena@docencia.ceac.cu](mailto:elena@docencia.ceac.cu)

### **Resumen**

La experiencia ha mostrado que la toma de decisiones científicamente fundamentada y participativa requiere cada vez más del desarrollo de herramientas científicas socializadas para contribuir al éxito del proceso de manejo integrado de las zonas costeras (MIZC) que debe ser llevado a cabo en esta zona de tan elevada fragilidad. Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo es propiciar vías de integración de la información, proveniente del uso de las macroalgas como bioindicadoras de la contaminación por metales pesados en la bahía de Cienfuegos, al proceso de toma de decisiones que debe ser desarrollado por parte de la Comisión de Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Costeras (MICAC) de la provincia de Cienfuegos, para direccionar acciones ante el fenómeno de contaminación química que caracteriza a este ecosistema. A partir de un análisis de ventajas y desventajas internas en el territorio para lograr una integración efectiva de este conocimiento, se proponen diferentes metas a alcanzar, cuyas acciones generales están encaminadas en una primera etapa directamente a la comunidad, la cual es identificada como un actor clave de este proceso y es a la vez la menos preparada para ello, y una segunda etapa dirigida a los tomadores de decisiones, para lo cual se identifican las partes involucradas y su funcionalidad a través de un esquema coherente y completo (retroalimentado) con enfoque interdisciplinario, intersectorial, interactoral y participativo, para ir mitigando la actual problemática generada por la presencia de metales pesados en esta bahía como resultado de la intervención tecnológica en el lugar.

### **Abstract**

The experience had showed that the decision making, with scientific and participative fundaments, requires the development of socialized scientific tools to contribute to the success of the Integrated Coastal Zone Management (ICZM) that must be carried out in this zone due to its high fragility. From this approach, the objective of this paper is to propitiate integration ways of the information, coming from the use of macro algae as bio indicators of the pollution from heavy metals in Cienfuegos Bay, towards the decision making process that must be developed by the Commission of Integrated Watershed and Coastal Area Management (IWCAM) of Cienfuegos Province, in order to direct the actions toward the phenomena of chemistry pollution that characterize this ecosystem. Starting from an analysis of internal advantages and disadvantages in the territory to achieve an effective

---

<sup>1</sup> Ponencia presentada en el III Congreso de Gestión Ambiental de la VI Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 2 al 6 de Julio de 2007. Palacio de Convenciones de la Habana, Cuba.

integration of this knowledge, this paper has proposed different goals to reach, like the general actions that are focused directly to the community in a first step, which is identified as a key actor of this process and at the same time the less prepared for it, and as a second step, it is directed to decision makers, for which there were identified the involved parts and their functionality throughout a coherent and complete scheme (retro alimented) with an interdisciplinary, inter-sector, inter-actor and participative approach, in order to mitigate the present problem generated by the presence of heavy metals in this bay as a result of the technological intervention in the area.

**Palabras Clave:** MANEJO INTEGRADO COSTERO, BIOINDICADORES, MACROALGAS, CONTAMINACION, METALES PESADOS

## INTRODUCCIÓN

La tendencia a las producciones limpias y a elevar las restricciones de vertimientos industriales es cada vez más marcada a nivel mundial; sin embargo la incorporación periódica de contaminantes al medio ambiente aún sigue siendo un gran problema. Los efectos que la contaminación por metales pesados causa en los ecosistemas marinos y por supuesto su repercusión en la salud del hombre, bien merece especial atención por parte de las autoridades gubernamentales y ambientales de toda región costera.

En los últimos tiempos, la implementación de Programas de Manejo Integrado en las Zonas Costeras (PMIZC) ha contribuido a mitigar los efectos negativos provocados por la contaminación de cualquier fuente e incluso a armonizar todos los conflictos que pueden generar los usos costeros. Para llevar a cabo un PMIZC resulta necesario desglosar el mismo en planes de manejo integrado concretos y contextualizados para cada asunto de manejo en el área, y por supuesto articulados entre sí; por ello Pringle (1986) plantea que el desarrollo de un programa de este tipo es una tarea compleja porque involucra:

- Coordinaciones entre los estudios que se desarrollarán sobre el recurso y los resultados científicos existentes.
- Interconexiones entre los datos generados por biólogos, químicos, sociólogos, economistas, etc.
- El desarrollo del plan de manejo para el uso sostenible del recurso.
- Su regulación.

Siguiendo la óptica planteada por este autor y otros como Castellanos et al (2003); Cicin y Knecht, (1998); León et al, (2002) y Miranda y Castellanos (2006) para manejar adecuada e inteligentemente los problemas que se generan en torno al uso de los recursos costeros, resulta necesario aunar voluntades, recursos financieros, así como interrelacionar partes interesadas y conocimientos para lograr el éxito de la gestión; de ahí que, toda herramienta que genere el sector científico como uno de los actores clave del proceso de Manejo Integrado de Zonas Costeras, debe ser integrada al mismo para lograr el desarrollo de las costas basada en el conocimiento.

Particularmente la bahía de Cienfuegos, Cuba se encuentra enclavada dentro de un fuerte polo industrial, donde irremediadamente ocurre la incorporación de residuales industriales al ecosistema entre los que se reportan los metales pesados. En los últimos años se han realizado estudios que corroboran el nivel de contaminación del sedimento por diferentes elementos como Plomo (Pb), Cobre (Cu), Arsénico (As), Vanadio (V), etc. (Alonso, 2002; Pérez et al, 2004) y se ha ido a la

búsqueda de bioindicadores que permitan fortalecer el actual Programa de Monitoreo Permanente de la Calidad Ambiental (PMPCA) de este ecosistema.

Estudios recientes confirman que las macroalgas de este acuatorio pueden jugar un papel esencial en la bioindicación de metales pesados como es el caso del As (Castellanos et al., 2005), el cual ha sido causa de gran preocupación por parte de las autoridades de gobierno en el territorio y constituye por tanto un asunto de manejo. Por ello, el objetivo del trabajo es propiciar vías de integración de la información proveniente del uso de las macroalgas como bioindicadoras de la contaminación por metales pesados en la bahía de Cienfuegos al proceso de toma de decisiones que debe realizar la Comisión de MICAC, como institución intersectorial facultada, para direccionar acciones ante el fenómeno de contaminación química que caracteriza a este ecosistema.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para lograr que el flujo de información, que se dispone sobre las macroalgas como bioindicadoras de la contaminación por metales pesados, se integre al proceso de toma de decisiones como herramienta científica eficaz, y esta sea socializada con enfoques intersectorial e interdisciplinario, se requirió particularizar en las condiciones existentes en el contexto territorial, así como identificar las partes involucradas en este proceso, su funcionalidad en el mismo y además realizar un análisis documental e histórico, para así proponer vías pertinentes desde este enfoque.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo del criterio de que el proceso de manejo integrado de zonas costeras es la mejor aproximación para alcanzar el desarrollo sostenible en estas áreas, resulta necesario que la ciencia juegue un papel esencial en este proceso. Por ello, el desarrollo de nuevas herramientas, teorías y conceptos científicos, debe ser incorporado **eficazmente** al proceso de manejo, para que el avance del mismo esté sustentado científicamente, lo cual significa que esta ciencia integrada sea interpretada durante ese proceso con un enfoque social, partiendo del presupuesto teórico de que Ciencia y Tecnología son procesos sociales (Nuñez, 1994), pues cuando la toma de decisiones en torno a un problema ambiental y/o incorporación de nuevas tecnologías es muy controversial, debido a los intereses sociales, económicos, políticos y ecológicos que deben ser armonizados para el desarrollo de esta área costera, el conocimiento actualizado se convierte en un punto de partida obligatorio.

El conocimiento de los riesgos e implicaciones que trae la presencia de metales pesados en el ecosistema bahía de Cienfuegos sobre la salud ambiental del mismo y sobre la salud de la población (ciudad de Cienfuegos y comunidades aledañas que se benefician con los recursos de la bahía) debido al consumo e ingestión de alimentos contaminados con metales pesados y otros contaminantes (que aún están por estudiar), debe ser de utilidad social y por tanto gestionado por los tomadores de decisiones, con la participación de actores sociales claves, responsables en gran medida del asunto en cuestión. Visto así, el uso de las macroalgas como bioindicadores de la contaminación por metales pesados, en este ecosistema, se constituye en una herramienta científica valiosa para el proceso de toma de decisiones en torno a esta problemática. La integración de la información proveniente de la bioindicación de estos organismos marinos requiere para su éxito, entonces, de un análisis previo de las condiciones existentes en el territorio, de ahí que se analicen las posibles incidencias positivas, consideradas como ventajas, y las incidencias negativas o

desventajas, que puedan frenar o favorecer la integración a la que se hace referencia. A continuación se relacionan las principales **ventajas identificadas**:

- Preocupación del gobierno por conservar la zona costera.
- Presencia de instituciones en el territorio generadoras y gestoras del conocimiento como son: Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), Unidad Provincial de Supervisión (UPS), Unidad Provincial de Gestión Científica, Tecnológica y Ambiental (UPCGTA) y la Universidad de Cienfuegos (UCf), las cuales de forma continuada trabajan sobre la base de mejorar la calidad de vida de la población, a través del control de la calidad ambiental del ecosistema; el trabajo comunitario, la capacitación pre y postgraduada; por sólo mencionar algunas contribuciones.
- Existencia de la Estrategia Provincial de Educación Ambiental (CITMA, 1998) en el marco de una Estrategia Provincial Integrada de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. A esto se suma la ejecución del proyecto de investigación con las comunidades costeras alrededor de la bahía "Gente de Costa" que tiene como propósito fundamental, lograr la participación real y efectiva de estas comunidades costeras en al autogestión de sus problemas ambientales.
- Existencia de una adecuada estructura de gobierno que facilita el trabajo y la participación de las comunidades costeras.
- La variedad de usos de la bahía, la cual crea conflictos ante problemas de este tipo, que promueven la búsqueda de soluciones científicamente fundamentada. Ej. La industria turística y los organismos asociados con la Pesca, son grandemente perjudicados con la contaminación del ecosistema por metales pesados, debido a la significativa afectación que sufren sus ingresos porque se limitan o prohíben sus actividades; ambos con una alta incidencia en la economía y el presupuesto de la provincia.
- Existe un marco legal nacional como es el caso de la Ley de Medio Ambiente (Asamblea Nacional, 1997) y el Decreto Ley de Zonas Costeras 212 (Asamblea Nacional, 2000) que favorece y respalda cualquier acción ambiental en este sentido. En el nivel provincial, se tienen como herramientas las Regulaciones Técnico Jurídicas para el Uso Sostenido de la Bahía de Cienfuegos (1994).
- Existe voluntad de integración entre los organismos del territorio para aportar medios y recursos y desarrollar investigaciones en el entorno físico – químico – biológico y ambiental del ecosistema (bahía de Cienfuegos).
- Existencia de un servicio estatal que brinda información sistemática sobre el monitoreo químico físico de las aguas de la bahía de Cienfuegos a través de un Programa de Monitoreo de la Calidad Ambiental de este ecosistema.
- Futuros estudios de biorremediación de la contaminación del ecosistema a partir de la utilización de las macroalgas, experiencia que ha sido explotada en otros países con muy buenos resultados (Fie, 1999; Chopin and Yarish, 1999.)
- En la provincia de Cienfuegos existe una representación del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) a través de su delegación, que en su función rectora de la política ambiental, despierta un gran interés por conservar y estudiar el ecosistema. Esta cobertura facilita y propicia la existencia de convenios de colaboración con la industria como principal contaminante y otros a fin de lograr acciones conjuntas que favorezcan el ambiente.
- Como última y no menos importante ventaja, se ha constituido la Comisión Provincial de Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Costeras (CPMICAC) en Cienfuegos, la cual dispone de un modelo de toma de decisiones y tiene previsto una Autoridad Local de Manejo.

## DESVENTAJAS

A pesar de las ventajas identificadas anteriormente, aún existen circunstancias y dificultades para la difusión y ejecución de acciones de este tipo, es decir la integración de informaciones científicas y/o herramientas a tomas de decisiones ambientales, lo cual puede verse en algunas de las desventajas que a continuación se citan:

- Insuficiente gestión de la ciencia y la tecnología con un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) (Castellanos, 2002).
- Predomina la toma de decisiones verticalizada.
- No se ha realizado un amplio y profundo estudio de la presencia de metales pesados en la biota de la bahía, de modo que no se conocen los niveles que estos contaminantes alcanzan en las diferentes especies.
- No existen estudios base que relacionen el estado de salud de la población cienfueguera con niveles de contaminación por metales pesados en organismos marinos, una vez que se produce el auge en el desarrollo industrial de la ciudad. El hecho de no estar identificada como una variable más la incorporación de metales pesados a través de la cadena trófica en la posible incidencia de morbilidad y afecciones cancerígenas en la población, éstas últimas con una alta tasa de recurrencia en la calidad de vida de la localidad, puede desmotivar las posibles acciones en torno al uso de esta herramienta y al propio proceso de manejo como resultado de la insuficiente comprensión de la compleja interrelación sociedad-naturaleza..
- Aunque en los últimos años existen nuevas piezas de legislación ambiental, todavía hay problemas con su aplicación, incluso por la insuficiente educación jurídico
- A pesar de que se han hecho esfuerzos para lograr la integración y cooperación entre las industrias y diferentes instituciones para la preservación del medio ambiente, aún son insuficientes, lo que evidencia la necesidad de disminuir el sectorialismo existente para elevar la colaboración entre usuarios del ecosistema.
- La conciencia ambiental entre los residentes locales es una expresión de la conciencia social imprescindible para el buen desenvolvimiento de un plan de este tipo, la insuficiencia en ello, como es el caso, amén de los intentos de educación ambiental que se han hecho, es sin dudas, otra gran desventaja.
- Algunas veces el pensamiento económico es opuesto y prevalece ante el pensamiento y la política ambiental, por la propia insuficiencia en al educación ambiental de los decisores.
- La base de datos existente de las macroalgas como bioindicadoras aun no es suficiente para conocer y accionar más sabiamente sobre este problema.

## Propuestas de Vías de integración de la información procedente de las macroalgas

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas previamente identificadas, se proponen diferentes acciones estratégicas con el fin de garantizar la sustentabilidad de la integración de esta herramienta científica al MIZC: "Las macroalgas como bioindicadoras de metales pesados". Se relacionan un conjunto de metas y acciones generales que instan a la toma de ciertas medidas precautorias para propiciar una mejor ciencia que a su vez, se integre adecuadamente al proceso de toma de decisiones, que por demás debe ser participativo.

Tabla 1: Metas y acciones básicas que sustentan las vías de integración para una toma de decisiones científicamente fundamentada y participativa.

<b>METAS</b>	<b>ACCIONES GENERALES</b>
<p>1. Completamiento de la información científico- técnica para una mejor toma de decisiones.</p>	<p>1.1. Incrementar la data de metales pesados en macroalgas mediante un monitoreo periódico, para garantizar resultados de mayor exactitud en cuanto a su interrelación con variables ambientales, distribución espacial, etc. .</p> <p>1.2. Determinar el factor de concentración respecto a las matrices de sedimento y agua de mar.</p> <p>1.3. Continuar con los estudios de especiación de los metales pesados en el macroalga.</p> <p>1.4. Estudiar el mecanismo de incorporación del metal al alga y su seguimiento a través de la cadena trófica con mayor énfasis en los organismos marinos usados en el consumo alimentario de la población humana.</p> <p>1.5. Correlacionar la concentración del metal en las macroalgas con la incidencia del mismo en la salud humana a través del contacto directo y de la cadena alimentaria.</p>
<p>2. Mitigación del riesgo de afectaciones en la salud.</p>	<p>2.1. Educar ambientalmente a las comunidades costeras, sobre todo, a las más afectadas por la contaminación de este tipo, concientizando sobre el riesgo a la salud por consumo de organismos contaminado y contacto directo por actividades recreacionales o pesca.</p> <p>2.2. Informar oportunamente a todos los usuarios, incluido el público común, sobre las alteraciones (positivas o negativas) detectadas a través de las macroalgas en los niveles de contaminación existentes.</p> <p>2.2. Monitorear las playas de las comunidades más afectadas con mayor frecuencia en el período de lluvia.</p> <p>2.3. Limitar los baños de la comunidad en la playas que correspondan a áreas altamente contaminada según las informaciones que brinden estos organismos marinos</p> <p>2.4. Establecer periodos de veda de captura de organismos que puedan estar afectados por la contaminación.</p>
<p>3. Utilización del conocimiento científico actualizado en la toma de decisiones.</p>	<p>3.1. Lograr el funcionamiento estable de la Comisión de MICAC y su Autoridad Local en el territorio.</p> <p>3.2. Formar capacidades, fundamentalmente, desde la óptica de lo “integrado” y lo “ambiental”.</p> <p>3.3. Lograr estructuras armónicas que faciliten el flujo de la información y la toma de decisiones certeras y precautorias.</p> <p>3.4. Lograr que se incluya el criterio de la comunidad en la toma de decisiones sobre este tema.</p>

La propuesta de estas acciones estratégicas para la integración de la información que brindan las macroalgas como bioindicadoras de la contaminación por metales pesados en este ecosistema, está concebida sobre la base de dos Etapas. La primera y más urgente, se sustenta en la realización de un fuerte trabajo comunitario de educación ambiental, dado que son las comunidades costeras una de las principales afectadas y también, parte de las “*causantes*” de que el contaminante se reincorpore a la columna de agua, por el uso de artes de pesca inadecuados, etc. Desde esta óptica, la Universidad juega un papel protagónico a través de facilitadores y sociólogos que se enfoquen en este sentido; el Proyecto “Gente de Costa” (Miranda et al, 2002), podría ser un medio muy efectivo y eficaz para ejecutar esta primera etapa. La segunda etapa está dirigida a los decisores, pues a través de la propia información científica que se integra al proceso, va ocurriendo un proceso de aprendizaje y desaprendizaje que puede irse desarrollando a la par de la primera, pero ya esta etapa es un poco más compleja, pues para que pueda ser completada requiere de monitoreos, desarrollo y ejecución de proyectos I + D sobre el uso de las macroalgas como bioindicadores; por tanto involucra esfuerzos de varias instituciones y el consenso de los tomadores de decisiones. Por lo general requieren de recursos materiales y financiamiento.

## DESCRIPCION DE LA PRIMERA ETAPA

Es básico que las comunidades costeras sean educadas ambientalmente, que conozcan sobre las afectaciones que el contacto directo, así como la ingestión y consumo de alimentos contaminados con metales pesados puede ocasionar sobre la salud del hombre, para que de este modo, tome conciencia sobre el daño que se está haciendo a si mismo y a sus semejantes y además sobre las afectaciones que el accionar de determinadas entidades pueden ocasionar al ecosistema en general. Cuando el hombre no conoce, no puede discernir entre lo que está bien y lo que está mal; por eso es tan importante que el conocimiento adquirido sea socialmente útil, lo cual implica que sea éticamente viable. De esta forma no sólo se cuida como especie humana, sino que también protege al recurso al identificar su servicio ecológico. El desarrollo de esta etapa requiere de dos fases

### **Desarrollo de la Fase 1: Convertir el recurso macroalgas en valor identitario.**

- El facilitador, para no atiborrar a la comunidad con información que tal vez no entienda, debe estudiar sus prácticas socioculturales para poder socializar el conocimiento, ya que la bibliografía sobre el tema del uso de las macroalgas es bastante extensa y de alto nivel. De esta manera se estaría integrando el conocimiento de experto al conocimiento cotidiano, como una premisa del manejo.
- Se debe particularizar, en el conocimiento sobre las macroalgas; aprender a identificarlas, sus características, el papel que juegan en el ecosistema y cómo explotar de forma más certera sus beneficios o servicios ecológicos.

### **Desarrollo de la Fase 2. Mitigación de riesgos e impactos**

Toda vez que la comunidad conozca sobre el tema, el facilitador debe instruirla en cómo minimizar las afectaciones sobre los placeres o bancos naturales de macroalgas y como reducir efectos sobre la salud evitando el insumo de alimentos contaminados. Debe promover en la comunidad la aplicación de acciones que reduzcan estas afectaciones como son:

- No utilizar artes de pesca que provoquen remoción en el sedimento de las áreas donde existan algas de forma natural, ni en sus cercanías, por dos razones: la primera, el sedimento removido se deposita sobre las macroalgas, limitando sus procesos fotosintéticos, lo que afecta el desarrollo de la comunidad algal; la segunda, porque la remoción causa una

reincorporación del contaminante desde el sedimento a la columna de agua, incrementándose los niveles de metales en especies marinas como las algas (las que intercambian directamente con el agua) que forman la base de la cadena alimentaria.

- Disminuir el baño en las playitas aledañas a la comunidad en el período lluvioso, sobre todo posterior a las fuertes lluvias para evitar el contacto directo con el contaminante por la remoción causada por estos fenómenos meteorológicos. Tampoco es aconsejable pescar en este tiempo, o cercano a los placeres de algas, pues se alcanzan los mayores valores de concentración de metales pesados en éstos organismos, los cuales con seguridad se incorporan a la fauna llegando hasta el hombre, a través de la cadena alimentaria.
- Evitar la captura y consumo de especies de hábitos bentónicos, los que por sus características metabólicas bioconcentran o bioacumulan (según el organismo en cuestión) altas concentraciones de metales trazas.
- Ampliar la variedad de alimentos en la dieta diaria, con productos que no sean de origen marino durante los periodos de mayor contaminación.

Para que la comunidad cumpla con estas restricciones, necesariamente debe estar muy consciente del problema al que se enfrenta y así poder asumirlo con seriedad y responsabilidad.

Todo este fomento cultural, puede llevarse a cabo con un programa de educación ambiental, de conjunto con el MINSAP, que tribute al proceso de MIZC.

## SEGUNDA ETAPA

Esta segunda etapa está dirigida fundamentalmente a la formación de capacidades en temas ambientales de manera indirecta a los tomadores de decisiones a través de la integración científica al proceso de MIZC, integración esta que es una necesidad, pero se desconoce como realizarla. Por ello, se pretende lograr que toda la información con relación al tema llegue lo mas actualizada y fundamentada a los actores sociales claves para garantizar armonía en los procesos de toma de decisiones, de manera que puedan ser rápidos y efectivos estos procesos, partiendo de la alerta que emiten las macroalgas en la bioindicación de la contaminación por metales traza. Para que la información se integre al mismo, se propone un mecanismo que se describe en el diagrama siguiente.

## DESCRIPCION DEL DIAGRAMA

Ante todo y como vía para la organización y centralización de la información, se propone se forme y consolide un Grupo de Estudio de Bioindicadores de la Contaminación, quien monitorea, propone y desarrolla proyectos de investigación para profundizar más sobre el uso de las algas como bioindicadores de la contaminación en general; así mismo, ejecuta, colecta, integra y controla la información procedente de estas actividades realizadas sobre el tema; de modo que este grupo se comporta como una fuente de información primaria. Dada su importancia, el grupo estará conformado por especialistas de diferentes áreas del conocimiento y procedencia laboral; citándose entre ellos:

**CITMA:** Representado por miembros de sus diferentes entidades (CEAC, UPGCTA, Centro Provincial de Meteorología), quien como rector de la actividad ambiental en la provincia tiene facultades y criterios para hacer un uso lógico y eficaz de la información adquirida.



**Salud:** A través de especialistas de instituciones como el Centro Provincial de Higiene y Epidemiología (CPHE), es posible integrar los resultados de metales pesados encontrados en las algas, a estudios de morbilidad y afecciones de tipo cancerígenas en la población; experiencia de la que se carece actualmente. Al mismo tiempo, en estos centros se controlan todos los parámetros que determinan la calidad de las playas, alimentos, datos sumamente importantes a la hora de emitir una propuesta de acción a instancias superiores.

**Universidad:** Su papel es fundamental en la formación de capacidades sobre la base del uso sostenible del recurso, a través de programas de maestría e investigaciones en los temas de tesis, cursos de post-grado, trabajo comunitario, así como los aspectos metodológicos de carácter formativo que deben llevar los informes que deben entrar en el proceso de toma de decisiones. Extender estas potencialidades a los profesionales implicados en el mejoramiento de la calidad ambiental, es su gran aporte al cuidado de la bahía.

**Industria:** Es una de las principales interesadas en el asunto, por ser la causante del problema y porque se beneficia en la medida que reduzca los conflictos con otras entidades y con el medio ambiente; además dispone de profesionales y de los recursos necesarios para apoyar y/o llevar a cabo futuras investigaciones y aportar soluciones concretas en relación con el tema.

Este Grupo debe ser rectorado por el Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, dada su capacidad analítica de laboratorio, disponer de personal experto en el campo de la Ficología y ser a su vez coordinador del Servicio Estatal de Monitoreo de la Calidad Ambiental de la Bahía. Este grupo debe tener la facultad de convocar y/o consultar a otros expertos en el territorio, base de datos, etc, que permitan la elaboración de una información sobre el tema de interés lo más actualizada y contextualizada posible.

La información colectada por este Grupo, sigue tres direcciones o vías alternativas, en dependencia de los resultados que se obtengan.

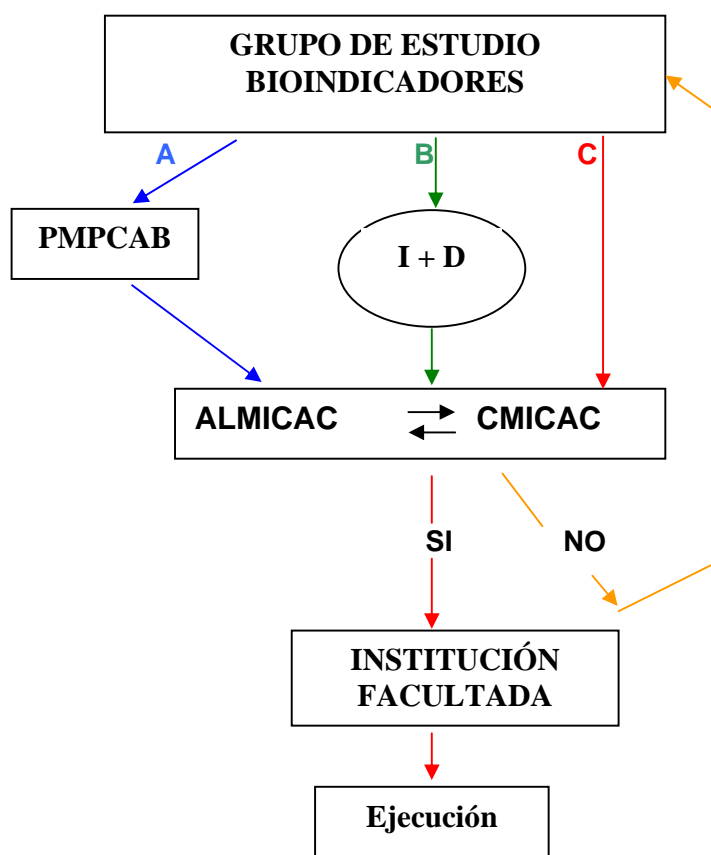


Diagrama 1. Incorporación de la información sobre la bioindicación de metales pesados detectada por las macroalgas en la bahía de Cienfuegos al proceso de MICAC.

### Vía A

**A:** Toda la información científica sobre niveles de contaminación bioindicada por las algas, es reportada e incluida en el Programa de Monitoreo Permanente de la Calidad Ambiental de la Bahía (PMPCAB) rectorado por el CEAC, con lo cual se amplía el control de la calidad ambiental de este ecosistema. Esta información se incorpora en el informe periódico que emite el CEAC al gobierno sobre las condiciones ambientales del ecosistema bahía de Cienfuegos y que sirve de base a ALMICAC<sup>2</sup>.

### Vía B

**B:** Cuando entre los miembros del Grupo de Bioindicadores surge un tema en el que se quiere ampliar en el contexto de la bioindicación o se reporta alguna situación dudosa en la información resultante de las macroalgas, que por consenso se considere deba ser estudiada, desarrollada o

<sup>2</sup> ALMICAC: Autoridad Local de Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Costeras. Grupo operativo de la Comisión de MICAC (CMICAC). Esta última constituye el órgano de máxima facultad para la toma de decisiones en la solución de problemas ambientales y conflictos en torno a las cuencas y áreas costeras de la provincia de Cienfuegos; integra a representantes de los macroactores claves del proceso manejo y convoca a los interesados en el asunto a tratar.

investigada, se pasa a una etapa de I + D para que sea debidamente profundizada y ensayada, resultando en una Propuesta de Proyecto a ejecutar. Si es de competencia para ALMICAC, se le hace llegar la propuesta para que allí sea evaluada, si se considera útil, positivo para el ecosistema, relevante, según sea el caso, la propuesta es aplicada; de lo contrario retornaría al Grupo de Bioindicadores para que sea reformulada.

## Vía C

**C:** Cuando los niveles de contaminación detectados en las macroalgas alcancen valores notables o se detecte por cualquiera de los miembros del Grupo una anomalía alarmante en el ecosistema, afecciones de salud, etc., que pueda asociarse al problema de la contaminación, se hace un informe de la situación y se pasa a ALMICAC directamente.

La Autoridad Local examina la información recibida por cualquiera de las vías identificadas anteriormente y considerando otras informaciones y planificaciones existentes en poder de la misma, elabora una propuesta que, de acuerdo con su relevancia pasa a la Comisión de MICAC. Esta comisión analiza y aprueba la propuesta y/o determina otras medidas o acciones que se requieran para la solución o mitigación del problema identificado a través de las algas y quienes deben ejecutarlas. Esta interrelación de la Autoridad Local con la Comisión de MICAC garantiza el carácter intersectorial, interdisciplinario, interactivo y participativo que identifica a los procesos de Manejo Integrado de las Cuencas y las Áreas Costeras.

La Comisión de MICAC faculta a la Autoridad Local, como grupo operativo, para garantizar la implementación de la toma de decisiones según las instituciones involucradas y las facultadas para exigir por la ejecución de dichas acciones. Estas acciones podrían ir desde el cierre de un área de baño hasta restricciones de pesca, prohibición de actividades náuticas, información por las diferentes vías de comunicación a la población, la cual está previamente preparada, entre otras.

Si ALMICAC decide que la situación no es de relevancia, responde al Grupo de Estudio de Bioindicadores, dándole una satisfacción sobre el asunto, y entonces se iría conformando una base de datos para fortalecer el basamento científico de esta herramienta, pero si la información es insuficiente para la toma de decisiones **también es retornada** al grupo para que sea nuevamente analizada, completada, etc, y se realicen nuevas propuestas más convincentes.

## A MODO DE CONCLUSIONES

1. Se reconoce el significado de la ciencia integrada a los procesos de manejo, y en particular el de la ciencia vinculada a las macroalgas de la bahía de Cienfuegos a partir del papel que como bioindicadoras de metales pesados ellas pueden jugar en este ecosistema, constituyéndose de esta manera en una herramienta científica para estos procesos .
2. Se relacionan toda una serie de ventajas y desventajas que pueden ayudar o frenar el éxito de la integración de la información de esta herramienta científica a los procesos de manejo, lo que evidencia un análisis de contexto para poder tener una mirada de éxito con el fin social que persigue la integración de este conocimiento a un proceso que demanda este tipo de reflexión.

3. Se proponen acciones estratégicas con el fin de garantizar la sustentabilidad de la integración de esta herramienta científica al MIZC, las cuales se vinculan a un conjunto de metas y acciones generales que instan a la toma de ciertas medidas precautorias para propiciar una mejor ciencia que a su vez, se integre adecuadamente al proceso de toma de decisiones, que por demás debe ser participativo.
4. Se conciben dos etapas de acción para poder cumplir estratégicamente con lo previsto, una primera y más urgente dirigida a la realización de un fuerte trabajo comunitario de educación ambiental, para que pueden participar bien informados en el proceso de MIZC y una segunda etapa dirigida a los decisores, pues a través del propio flujo de información que se integra al proceso sobre la bioindicación de las macroalgas ocurre simultáneamente un proceso de capacitación de los macroactores, lo cual debe garantizar un proceso de participación pública científicamente fundamentado.
5. El proceso de integración de la información científica de la bioindicación de metales pesados de las macroalgas al proceso de MIZC puede ser expresado por la vía de servicio científico-técnico, investigativo, y como resultado de una emergencia- contingencia, donde obligatoriamente esta información va a hacer filtrada por las diferentes interpretaciones e intereses de las partes involucradas en el proceso, dando como resultado una decisión consensuada y aplicada dentro del marco político –legislativo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alonso C., (2002): Informe Interno sobre el último vertimiento de Arsénico a la bahía de Cienfuegos. Fondos del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos.
- Asamblea Nacional (1997): Ley de Medio Ambiente en Cuba. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. No 7. ISSN 0864-0793.
- Asamblea Nacional (2000): Decreto-Ley No. 212. Gestión de la Zona Costera. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria. No 68. ISSN 0864-0793.
- Castellanos M. E. y C. Miranda (2002): La relación Ciencia- Tecnología – Sociedad y el Manejo Costero. Anuario de la UCF. Editorial Universidad de Cienfuegos, 2002.—CD Publicación electrónica
- ; Glyn J. Sharp and Angel R. León–Pérez (2003): Management strategies for sustainable exploitation of red algae, *Gracilaria* sp, an agarophyte from Cienfuegos bay, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 24(3): 247-254.
- , L. Sosa P., A.R. Moreira G., H. Maya, S. Pérez S. , A. R. León P.1 y M. Gómez B. (2005): Concentración de arsénico en macroalgas de la bahía de Cienfuegos, Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 26(1):21-26.
- Cicin Sain y Knecht, 1998 Integrated Coastal and Ocean. Concepts and Practices. Island Press. Washington, D.C. 1998. p 517.
- CITMA (1998): “Estrategia Provincial de Educación Ambiental”, Cienfuegos
- Chopin, T and C. Yarish. (1999): Seaweeds must be a significant component of aquaculture for an integrated ecosystem approach. Bulletin of the Aquaculture Association of Canada. Edition 99-1.pp:35-37.
- Fie, X. (1999): Seaweed cultivation in large scale. A possible solution to the problem of eutrophication by removing nutrients. The second Asian Pacific Phycological Forum June 21-25. The Chenise University of Hong Kong.
- León A.R., Araujo M., Castellanos M.E., Serra C., Figueroa I., Muñoz A. y Caraballo, M. 2001./Informe Final del Proyecto: Manejo Integrado de la Bahía de Cienfuegos. Perteneciente al

Programa Territorial Científico - Técnico de Medio Ambiente. Provincia de Cienfuegos. CEAC- UMA Cienfuegos,

Miranda C. (2002): Proyecto Territorial de Ciencia y Técnica "Gente de Costa". Fondos Unidad de Ciencia y Tecnología de Cienfuegos. CITMA.

----- y Castellanos (2005): Integración de actores sociales claves para la sustentabilidad del desarrollo en zonas costeras. Anuario de la Univ. de Cienfuegos. Editorial Universidad de Cienfuegos, 2005. Pub..Elect. ISBN. 959-257-081-7

Núñez, J. (1994): "Ciencia, Tecnología y Sociedad", Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología, GESOCYT, Editorial Félix Varela, La Habana.

Pérez S., C. Alonso, R. Morabito, C. Brunori, C. Cremisini. (2004): Evaluation of metal distribution in superficial sediments from Cienfuegos Bay, Cuba. Forum Base de Ciencia y Técnica del CEAC, Cienfuegos.

Pringle, J.D. (1986): Structure of Certain North American Government Fishery Agencies and effective Resource Mangement. Ocean Mangement, 10, 11-20. Elsevier Science Publishers B, V., Amsterdam.