



# **TALLER PARA REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SU REPRESENTACIÓN EN EL ATLAS REGIONAL**

**Santa Marta, Colombia, abril 12 y 13, 2012**



**INFORME BORRADOR**

## **I. INTRODUCCIÓN**

El proyecto SPINCAM se viene implementando a través de Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI/UNESCO) desde 2008 en los cinco países del Pacífico Sudeste (Panamá, Colombia, Ecuador, Perú y Chile). El proyecto busca establecer un marco de indicadores sobre manejo costero integrado (MCI) en estos cinco países enfocándose en las condiciones ambientales y socioeconómicas, dentro del contexto de desarrollo sostenible y gestión integrada del área costera. A través del proyecto se intenta mejorar la forma de divulgación de datos e información sobre el estado y gestión de los recursos naturales hacia todos los actores costeros interesados, fortaleciendo los procesos de manejo integrado que aún son incipientes en los países de la región.

En este sentido y considerando los criterios de expertos colombianos que han liderado la formulación del indicador de Calidad de Agua, esta Secretaría Ejecutiva, se comprometió a apoyar el desarrollo de este indicador regional, por ser uno de los más complejos de determinar en el Pacífico Sur.

Para tal efecto, durante la XVIII Reunión de la Autoridad General del Plan de Acción del Pacífico Sudeste, realizada el 1 de marzo de 2012, se instó a la esta Secretaría Ejecutiva del Plan de Acción mediante Decisiones N° 8 y 16, la inmediata realización de un taller técnico cuyo objetivo principal fue la generación de capacidades en cada uno de los países miembros para realizar el proceso de ajuste matemático y cálculo del indicador de calidad de agua.

Esta actividad se efectuó gracias al apoyo técnico del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés”-INVEMAR, considerando su vasta experiencia en el diseño y construcción de indicadores de calidad de agua –ICA.

## **II. LUGAR Y FECHA DEL CURSO**

Del 12 al 13 de abril de 2012, en el Hotel Tamacá de Santa Marta, Colombia, se realizó el taller para la revisión de la metodología para el cálculo del indicador regional de calidad de agua y su representación en el Atlas Regional.

## **III. INSTALACIÓN DEL CURSO**

En una breve ceremonia de inauguración la Srta. Andrea Ramírez, representante del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial de Colombia, el cual funciona como Punto Focal Nacional SPINCAM, dio la bienvenida a los participantes del taller y agradeció a la Comisión Permanente del Pacífico Sur el haber apoyado la realización de este evento, finalmente agradeció a los participantes por su asistencia.

## **IV. PARTICIPANTES**

Al taller asistieron 5 delegados de los Puntos Focales Nacionales del Proyecto SPINCAM de Chile, Colombia, Ecuador, Panamá y Perú, así como, personal que labora en el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), y en representación del Plan de Acción de la CPPS acudió el Coordinador del Plan de Acción Dr. Héctor Huerta junto con su Asistente, MSc. Magaly Valencia. (Para lista completa de participantes, por favor, véase Anexo 1).

El Taller estuvo bajo la instrucción de la Ingeniera MSc. Lizbeth Janet Vivas-Aguas, funcionaria del INVEMAR, la misma que tiene una larga trayectoria en desarrollo de indicadores de Calidad de Agua (ICA) y el Ingeniero Esp. Leonardo José Arias Alemán, investigador de Sistemas de

Información del INVEMAR y Programa GEF. Con el apoyo del experto en contaminación marina y Jefe del Laboratorio Calidad Ambiental Marina del INVEMAR, Julián Mauricio Betancourt Portela.



## V. DESARROLLO DEL CURSO

El curso se desarrolló de acuerdo a la agenda propuesta. (Véase Anexo 2).

### Material de Trabajo

Para la realización de la capacitación se contó con presentaciones de diapositivas en formatos pptx, matrices de datos, instructivos y material de instalación como el software *Table Curve 2D*.

### Primer día (jueves, 12 de abril):

#### Presentación del ICAM, historia del proceso, explicación de cada etapa.

Se hizo una presentación general sobre el trabajo realizado durante el proceso de formulación así como, la importancia de las variables seleccionadas. Se indicó que la gran mayoría de ICA's desarrollados son para evaluar aguas continentales (ríos, lagos, etc.), y no aplican para evaluar aguas marinas, por las características propias de los ecosistemas y la dinámica costera.

En Colombia se han desarrollado varios ICA's para aguas continentales con diversos enfoques y aplicaciones, entre los cuales se encuentran: ICACOSU; ICauca; ICOMI; ICOTOX; entre otros.

En el 2011, en el marco del proyecto SPINCAM se trabajó en un nuevo alcance y formulación regional. Para el desarrollo del índice de Calidad de agua se realizaron varias actividades, desde una revisión bibliográfica extensa de los tipos de formulaciones en torno a los índices de calidad del agua en diferentes países, teniendo en cuenta la utilidad de acuerdo a objetivos, criterios o usos, hasta talleres de discusión con expertos en monitoreo de calidad de aguas.

Se señaló la metodología seguida para la selección de las variables de acuerdo a su importancia, revisión bibliográfica, variables más usadas, resultado de encuestas y talleres. Siendo las variables

seleccionadas: Oxígeno Disuelto, Coliformes Termotolerantes (fecales) (CTE), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos suspendidos totales (SST), pH, Fosfatos (PO<sub>4</sub>), Nitratos (NO<sub>3</sub>), Hidrocarburos aromáticos, por ser fácilmente aplicables a corto plazo y no requieren de equipos sofisticados para su cuantificación y seguimiento en el tiempo.

### **Introducción al proceso de definición de las categorías de calidad por variable y curvas de ajuste.**

El procedimiento para la integración de las variables se realizó por medio de la asignación del valor de su importancia dentro del ICAM, donde se escogieron cinco categorías, para tener una discriminación adecuada de los resultados. Para los rangos de las categorías se tuvo en cuenta los valores de referencia, la normativa en cada país y los datos típicos del monitoreo, el método de agregación a usar fue el Promedio Geométrico ponderado ecuación de agregación más sensible a cambios en las variables ambientales. Como ejemplo de aplicación de estos índices se mostró el ejemplo de la Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM.

Para explicar el proceso de categorización y escalas de calidad se realizaron ejercicios donde se utilizaron los sets de datos nacionales. Los criterios para hacer la categorización de las escalas se realizó a través de la clasificación mediante criterios nacionales, normas nacionales o internacionales, valores de referencia teóricos, estadísticas de los datos, tales como promedios, desviaciones estándar, máximos, mínimos, percentil 10, percentil 90, mediana, percentil 75 y la experiencia de los expertos. En casos puntuales cuando el valor de la concentración está por debajo del límite de detección se utiliza es el valor LD/2 (mitad del límite de detección del método).

### **Ejercicio práctico para la obtención de las curvas de ajuste para cada una de las variables.**

Se utilizaron plantillas Excel pre-programadas para la elaboración de curvas de calidad de las 8 variables seleccionadas, las cuales fueron comparadas con curvas teóricas publicadas por varios autores. También se explicó la utilidad de ajustar las curvas por medio del Programa *Table Curve 2D*.

### **Segundo día (viernes 13 de abril):**

Los participantes expusieron su experiencia y limitaciones con el ejercicio práctico para obtener las curvas de calidad para cada una de las variables. En general, los participantes manifestaron la dificultad de tener un valor nacional, ya que en su país son varias las entidades que hacen monitoreo y no existe una base de datos consolidada.

Continuación del ejercicio de ajuste de curvas de calidad.

El Ing. Leonardo Arias explicó que la ecuación de agregación ha sido diseñada para que sea fácil de usar y lo más genérica posible, por esto, se desarrolló una plantilla matriz en Excel donde se separaron los valores que integran la ecuación (coeficientes, potencias y constantes).

El grado de confianza del indicador está relacionado al número de parámetros utilizados para el cálculo del mismo. De acuerdo a ejercicios y talleres de expertos realizados por el INVEMAR, se determinó que para obtener un 71% de confiabilidad, el mínimo número de parámetros “presentes” que se necesita en la ecuación es de 6.

Explicó además de manera práctica cómo utilizar esa fórmula o algoritmo en Excel por medio de los siguientes pasos:

1. Obtener los valores ajustados para las curvas
2. Normalizar las curvas (arriba/abajo), es decir, tomando en cuenta los mínimos y máximos para que no supere el máximo (100) y no sea inferior el mínimo (0).
3. Contar los parámetros presentes.

4. Sumar los pesos de los parámetro presentes
5. Para cada parámetro, calcular su valor ajustado a la potencia de su peso
6. Obtener el producto de todos los valores ajustados
7. El (resultado del punto 6), elevarlo a la potencia de 1/(resultado del punto 4).

Se realizó un ejercicio con la tabla concertada, donde se incluyeron los coeficientes obtenidos de la curva ajustada a partir de los datos nacionales. Posteriormente, se realizó el ejercicio de visualización del ICAM en el mapa, por medio de la herramienta *QuantumGIS*.

Finalmente, se acordaron las siguientes tareas:

- Las instituciones responsables entregarán las tablas con los datos marino costeros 2011 (I y II) hasta el 15 de mayo, los cuales serán usados para proyectarlos en el Atlas Regional, antes del 30 de mayo.
- El 4 de mayo se realizará una videoconferencia de seguimiento y posibles consultas a expertos del INVEMAR.
- CPPS solicitará a COI el ingreso a la página virtual SPINCAM a los expertos que participaron en este taller.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomendó reportar al menos 2 muestreos anuales, de acuerdo a temporadas climáticas.

PAIS	No. MUESTREOS ANUALES	OBSERVACIONES
Chile	2	De acuerdo a temporadas climáticas (primavera y otoño)
Colombia	2	De acuerdo a temporadas climáticas (seca y lluviosa)
Ecuador	2	De acuerdo a temporadas climáticas (seca y lluviosa)
Panamá	2	De acuerdo a temporadas climáticas (seca y lluviosa)
Perú	2	De acuerdo a temporadas climáticas (seca y lluviosa)

*(\*) Considerando los ecosistemas diferentes que posee cada país, sería interesante que al final de SPINCAM II se conozca con cuantas curvas de calibración cuenta cada país, de acuerdo a sus condiciones geográficas y ambientales específicas, por ejemplo, estuarios, ríos, zonas de surgencia, etc.*

2. No agregar/promediar los datos de los muestreos, porque se estarían enmascarando los valores de un determinado cuerpo de agua.
3. Reportar los datos desde el 2011 de acuerdo a los datos disponibles por país.

PAIS	DATOS DISPONIBLES DESDE
Chile	2007
Colombia	2001
Ecuador	2004
Panamá	2011 (*)
Perú	2006

## VI. CONCLUSIONES

1. El uso de diferentes metodologías analíticas específicas para aguas marinas no afecta a la generación del indicador, no obstante en los metadatos debe especificarse la metodología utilizada.

2. El formato de la tabla para reportar los datos deberá tener 8 campos de acuerdo. (Véase Anexo 3).
3. Para visualizar el indicador en el Atlas, se espera que al hacer clic en el punto de una estación (coloreado de acuerdo a la clasificación de los datos -5 rangos-), usando la herramienta "identify", se presente una ventana adicional con la fecha, sitio, y gráfico de barras con los parámetros que alimentan al indicador (8), enseñando las categorías de calidad acordadas con sus colores respectivos, junto con los valores de la curva ajustada. (Véase Anexo 4, ejemplo de Gráfico proporcionado por INVEMAR).

## **VIII. AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento al INVEMAR por su apoyo técnico, en especial a los ingenieros Janet Vivas-Aguas y Leonardo Arias-Alemán quienes impartieron el taller a los expertos de la Región.

## **IX. CLAUSURA**

En una breve ceremonia de clausura, intervinieron Pilar Lozano como representante del INVEMAR, agradeciendo la participación de los delegados en el Taller y el Dr. Héctor Huerta agradeció el apoyo de INVEMAR y destacó la importancia del trabajo realizado, además, recalcó las tareas que se encuentran pendientes por entregar, que serán necesarias para el avance del Atlas Regional. Al final de la ceremonia los participantes recibieron un certificado de asistencia.

**ANEXO 1**  
**LISTA DE PARTICIPANTES**



## TALLER PARA LA REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SU REPRESENTACIÓN EN EL ATLAS REGIONAL

Santa Marta, Colombia, abril 12 y 13, 2012

---

### LISTA DE PARTICIPANTES

#### CHILE

**Nombre:** Eugenia Leticia VALDEBENITO Flores  
**Institución:** Dirección de Intereses Marítimos y Medio Ambiente Acuático - DIRINMAR  
**Cargo:** Sección Panorama Ambiental, Departamento de Preservación del Medio Ambiente Acuático y Combate a la Contaminación  
**Dirección:** Subida Cementerio # 300 / Playa Ancha – Valparaíso, Chile  
**Teléfono:** 56-32-2208378  
**Fax:** 56-32-2208385  
**e-mail:** [evaldebenito@directemar.cl](mailto:evaldebenito@directemar.cl)

#### ECUADOR

**Nombre:** Carmen Elizabeth PALACIOS Limones  
**Institución:** Instituto Oceanográfico de la Armada - INOCAR  
**Cargo:** Investigador Oceanográfico 2  
**Dirección:**  
**Teléfono:** 593 4 2481300 ext. 4002  
**Fax:** 593 4 2485166  
**e-mail:** [cpalacios@inocar.mil.ec](mailto:cpalacios@inocar.mil.ec)

#### PANAMÁ

**Nombre:** Hendrick Amed FUENTES Castillo  
**Institución:** Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá, ARAP  
**Cargo:** Inspector de Recursos Marinos (Químico)  
**Dirección:**  
**Teléfono:** 507 511 60363  
**Fax:**  
**e-mail:** [explorador54@hotmail.com](mailto:explorador54@hotmail.com)

**Nombre:** Marcia Ileana PEREZ Montero  
**Institución:** Autoridad de Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP)  
**Cargo:** Jefa de la Unidad de Monitoreo Pesquero-Unidad de Monitoreo Satelital y Geomática.  
**Dirección:** Vía Transísmica, Edif. El Paso Elevado, Ciudad de Panamá



Teléfono: (507) 5116031  
Fax: (507) 5116031  
e-mail: [mip@arap.gob.pa](mailto:mip@arap.gob.pa); [marciaileana@gmail.com](mailto:marciaileana@gmail.com)

## PERÚ

**Nombre:** Piero Rafael VILLEGAS Aspaza  
**Institución:** Instituto del Mar del Perú, IMARPE  
Unidad de Monitoreo y Gestión Marino Costero  
**Cargo:** Investigador  
**Dirección:** Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito, Callao 22  
**Teléfono:** 511 6250800 ext. 843  
**e-mail:** [pvillegas@imarpe.pe](mailto:pvillegas@imarpe.pe)

## INSTRUCTORES

**Nombre:** Lizbeth Janet VIVAS Aguas  
**Institución:** Instituto de Investigaciones marinas - INVEMAR  
**Cargo:** Investigador Asistente  
**Dirección:** Cerro Punta Betín. Soc. Portuaria, Santa Marta  
**Teléfono:** (57) 4328600 ext. 242  
**Fax:** (57)  
**e-mail:** [janeti@invemar.org.co](mailto:janeti@invemar.org.co)

**Nombre:** Leonardo José ARIAS Alemán  
**Institución:** Instituto de Investigaciones marinas - INVEMAR  
**Cargo:** Investigador Asistente II. Línea de Análisis Integrado de Información.  
**Dirección:** Cerro Punta Betín. Soc. Portuaria, Santa Marta  
**Teléfono:** (575) 4328600 Ext. 119  
**e-mail:** [ljarias@invemar.org.co](mailto:ljarias@invemar.org.co)

**Nombre:** Julián Mauricio BETANCOURT Portela  
**Institución:** Instituto de Investigaciones marinas - INVEMAR  
**Cargo:** Jefe Laboratorio Calidad Ambiental Marina - LABCAM  
**Dirección:** Cerro Punta Betín. Soc. Portuaria, Santa Marta  
**Teléfono:** (575) 4328600 Ext. 244  
**e-mail:** [jbetancourt@invemar.org.co](mailto:jbetancourt@invemar.org.co)

## CPPS

**Nombre:** Héctor Eduardo HUERTA Rodríguez  
**Institución:** Comisión Permanente del Pacífico Sur  
**Cargo:** Coordinador Técnico Regional del Plan de Acción  
**Dirección:** Av. Carlos Arosemena Km. 3 Ed. Classic, Piso 2  
**Teléfono:** 593-4-2221202 / 2221200  
**Fax:** 593-4-2221201  
**e-mail:** [cpps\\_pse@cpps-int.org](mailto:cpps_pse@cpps-int.org)  
[hhuerta@cpps-int.org](mailto:hhuerta@cpps-int.org)

**Nombre:** Magaly Genoveva VALENCIA Avellán  
**Institución:** Comisión Permanente del Pacífico Sur  
**Cargo:** Asistente del Plan de Acción

Dirección: Av. Carlos Arosemena Km. 3 Ed. Classic, Piso 2  
Teléfono: 593-4-2221202 / 2221200  
Fax: 593-4-2221201  
e-mail: [mvalencia@cpps-int.org](mailto:mvalencia@cpps-int.org)

**ANEXO 2**  
**AGENDA PROVISIONAL**



## TALLER PARA LA REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DEL INDICADOR REGIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SU REPRESENTACIÓN EN EL ATLAS REGIONAL

Santa Marta, Colombia, abril 12 y 13, 2012

### Agenda Provisional

**Objetivo:** Generar la capacidad en cada uno de los países miembros para realizar el proceso de ajuste matemático y cálculo del indicador de calidad de Agua.

**Fecha:** 12-13 de Abril de 2012 8:00 am a 5:00 pm

**Sitio:** Hotel Tamacá, Santa Marta, (Colombia)

#### Objetivos

1. Presentar los resultados del ejercicio desarrollado para la creación de un indicador regional para calidad de aguas marinas y costeras.
2. Generar la capacidad técnica en cada uno de los países miembro para el ajuste matemático y cálculo del indicador de calidad de aguas.
3. Tener al final del taller como productos de información, la tabla de datos y el *shapefile* o *wms* con la representación del ICAM para cada uno de los países.

JUEVES, 12 de Abril de 2012		
09:00-09:30	Inscripción de los participantes	
09:30-09:45	Instalación del curso (Palabras de bienvenida e inauguración del Curso)	INVEMAR
09:45-10:00	Objetivos del Curso y resultados esperados	INVEMAR/ CPPS
10:00-11:00	<b>Parte 1.</b>	Janet Vivas
	Presentación del ICAM, historia del proceso, explicación detallada de cada etapa	
11:00-11:15		<b>Refrigerio</b>
11:15-13:00	<b>Parte 2.</b>	Janet Vivas

	Introducción al proceso de definición de las categorías de calidad por variable y curvas de ajuste	
<b>13:00-14:00</b>		<b>Almuerzo</b>
<b>14:00-15:00</b>	Continuación de la parte 2	Janet Vivas
<b>15:00-16:00</b>	<b>Parte 3.</b> Ejercicio práctico, cada país aplicará lo aprendido en la parte 2 para la obtención de las curvas de ajuste para cada uno de las variables	Janet Vivas, Leonardo Arias
<b>16:00-16:30</b>		<b>Refrigerio</b>
<b>16:30-17:30</b>	Continuación de la parte 3	
<b>VIERNES, 13 de Abril de 2012</b>		
<b>08:00-11:00</b>	<b>Parte 4.</b> Cálculo del ICAM a partir de las curvas ajustadas. Ejercicio manual de cálculo en Excel	Janet Vivas, Leonardo Arias
<b>11:00-11:15</b>		<b>Refrigerio</b>
<b>11:15-13:00</b>	Continuación Parte 4	
<b>13:00-14:00</b>		<b>Almuerzo</b>
<b>14:00-16:00</b>	<b>Parte 5.</b> Visualización del ICAM en el MAPA, creación de los ShapeFile para cada país	Leonardo Arias
<b>16:00-16:30</b>		<b>Refrigerio</b>
<b>17:00-17:30</b>	Conclusiones y Recomendaciones	Plenaria
<b>17:30-18:00</b>	Clausura y entrega de certificados	INVEMAR

#### Requisitos:

- Contar con una computadora portátil.
- Traer consigo el set de datos de varios años de su país, para cada uno de los ocho (8) parámetros del indicador. Para este set de datos, es conveniente tener georeferenciadas las estaciones o puntos de monitoreo.
- Es imprescindible, traer para cada parámetro, las tablas con las categorías de calidad.

**ANEXO 3**

**FORMATO DE TABLA PARA REPORTE DE  
DATOS**

## FORMATO ACORDADO DE TABLA DE DATOS PARA REPORTAR EL INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA

MUESTREO	PAIS	ESTACION	LAT	LON	CA_PH	CA_PO4	CA_SST	CA_NO3	CA_OD	CA_HDD	CA_DBO	CA_CTE	ICAM	CALIFICACION
2001-1	CO	C47002013	9,4299259	-75,776459	90,7	95,6	68,1	77,6		52,8		47,3	68,6	ACEPTABLE
2001-1	CO	C54003123	11,28977	-73,40873	90,7	1,0	49,2	22,4	92,0	41,6		88,1	34,7	INADECUADA
2001-1	CO	C47001017	11,29722	-73,33226	90,7	1,0	10,9	1,0	94,9	66,3		53,2	20,2	PESIMA
2001-1	CO	C47001018	11,29223	-73,572273	93,3	1,0	60,9	1,0	95,2	33,3		78,1	24,9	PESIMA
2001-1	CO	C47001019	11,59283	-72,907623	91,0	1,0	46,1	38,2	75,6	96,0		47,3	35,6	INADECUADA
2001-1	CO	C48002001	11,55835	-72,911408	90,5	1,0	49,1	37,4	80,7	92,3		1,0	19,4	PESIMA

NUM PARAMETROS	FECHA	ENTIDAD_RESPONSABLE
6	15/02/2001	INVEMAR
7	15/02/2001	INVEMAR
7	15/02/2001	INVEMAR
7	15/02/2001	INVEMAR
7	15/02/2001	INVEMAR
7	15/02/2001	INVEMAR

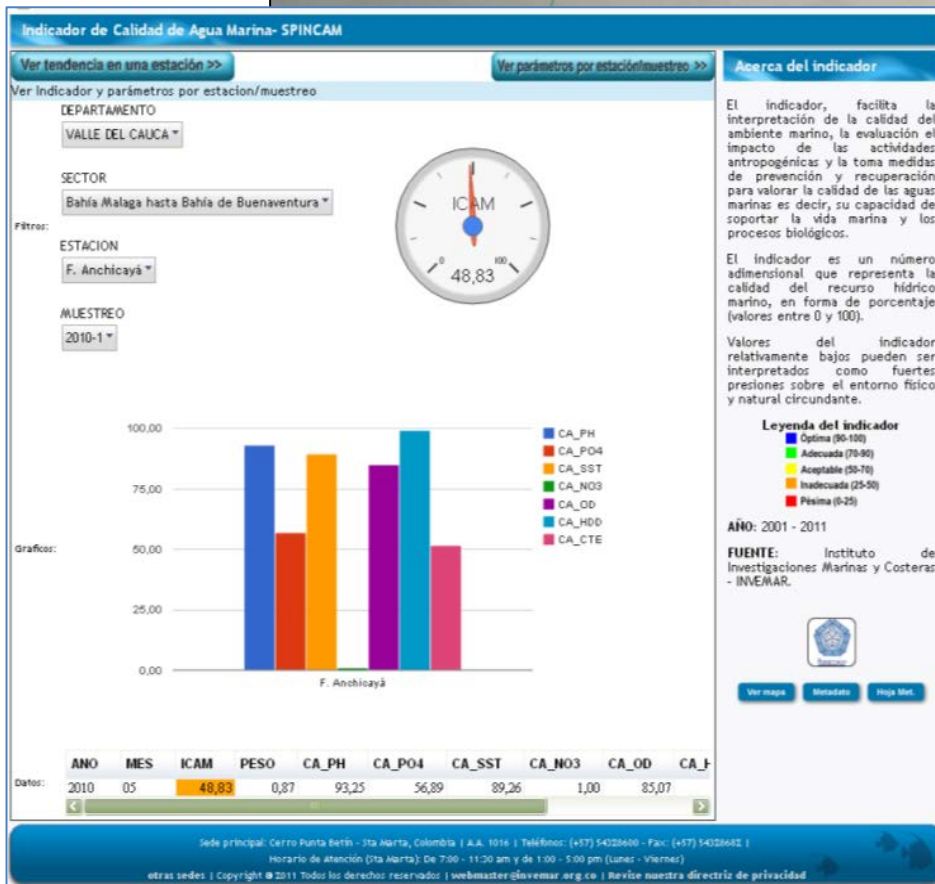
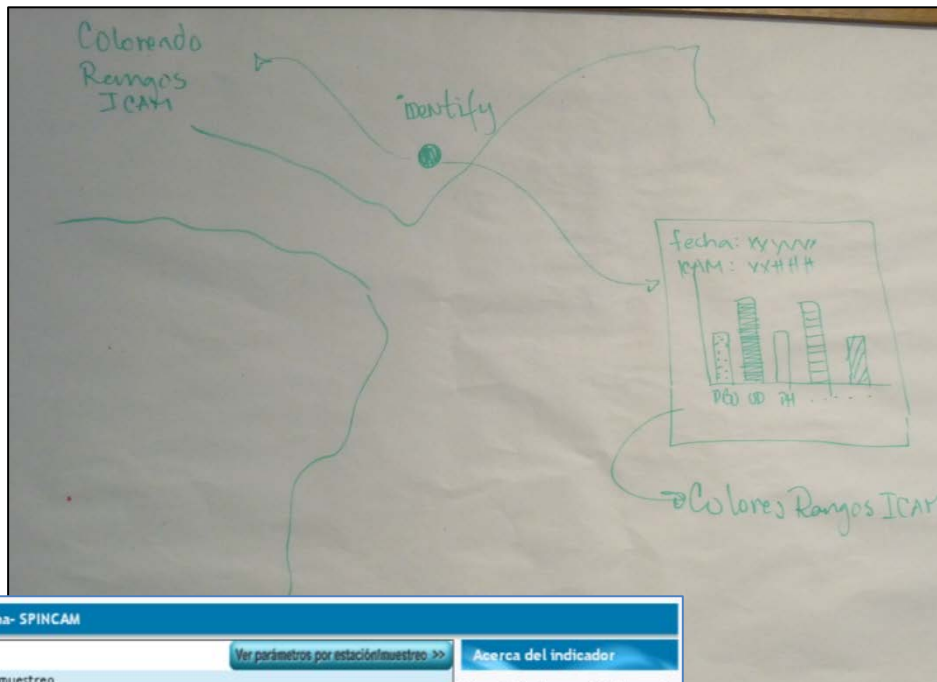
**Nota:** Tabla de datos está dividida en dos para efecto de visualización, tabla original a reportar debe ser una sola.

**ANEXO 4**

**EJEMPLO DE VISUALIZACIÓN PARA ATLAS  
REGIONAL**



1. Punto "Identify" en mapa (coloreado de acuerdo a rangos ICAM).



2. Ejemplo de ventana adicional con información de parámetros que alimentan al indicador (punto en mapa).