

# **CRITERIOS PARA EL MONITOREO DEL MEDIO AMBIENTE EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA Y GRAN MENDOZA**

**Ing. JOSE LUIS PULIAFITO**

*Profesor de la Universidad de Mendoza*

*Profesor de la Universidad Tecnológica Nacional*

## **RESUMEN**

En este trabajo se discute sobre la definición de algunos de los elementos más importantes que constituirían un Sistema de Monitoreo y Control del Medio Ambiente (SMCA).

Se propone dividir al SMCA en tres grandes subsistemas, cuales son: el Subsistema de Gestión Ambiental (SGA), el Subsistema de Investigación y Desarrollo (SIDMA) y el Subsistema de Alerta Ambiental Temprana (SAAT). Se describen brevemente cada uno de ellos, ampliando en algunos de sus componentes más importantes, y se tratan los tópicos y lineamientos generales, para que la investigación y desarrollo que se ejecute, tienda a la integración de un SMCA al mediano plazo.

Este trabajo, que está basado en una recopilación de tres artículos del autor, se realizó en el marco del PRIDEMA (Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico sobre el Medio Ambiente) que conduce la Universidad de Mendoza, en cooperación con el Gobierno de Mendoza (Rep. Argentina), y fue parte de la exposición que realizó en el Primer Curso Superior de Formación Ambiental que dictó dicha Universidad, en Mendoza, entre setiembre y octubre de 1988, y en el III Congreso Latinoamericano de Areas Metropolitanas, en Buenos Aires, Noviembre de 1988.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Preservar el medio ambiente involucra un conjunto de acciones adicionales, que deben ejecutarse para que la utilización del mismo no implique una degradación excesiva de los recursos que en él se extienden.

Al conjunto de acciones totales, es decir las de utilización y las adicionales de preservación, se lo ha llamado con justeza "utilización conservante del medio ambiente".

La anterior definición comprende responsabilidades sociales, en el marco de una cultura y una generación dada, no sólo hacia sí misma, sino hacia las demás.

Es decir, débense considerar, en lo referente a la utilización del medio ambiente, responsabilidades intra e interculturales e intra e intergeneracionales.

Contaminar constituye el acto de degradar en exceso los recursos del medio ambiente, mediante el agregado o sustracción de elementos fuera de las proporciones admisibles, cuyas consecuencias se extienden en el espacio y en el tiempo.

Cabría preguntarse, con respecto a la anterior definición, qué entendemos por degradación en exceso y cómo puede ésta cuantificarse.

En primer lugar, consideremos la posibilidad de que todos los procesos dinámicos de la naturaleza conlleven, sobre todo en el caso de los sistemas macroscópicos, un sello de irreversibilidad implícito. Si el equilibrio termodinámico estacionario en realidad representa una idealización, los grandes sistemas deben ser considerados, a lo sumo, bajo un "cuasiequilibrio" o equilibrio incompleto, es decir en procesos "lentos", o muy lentos, comparados con la vida de una generación. Concluimos así que, naturalmente, con poca o mucha intervención humana, los recursos se degradan. Sin embargo, ya que la misma irreversibilidad acentúa el carácter dramático hasta de las decisiones más simples, llevando así a su máxima expresión la trascendencia de la libertad asociada, no se nos releva por tal hecho de la responsabilidad antes mencionada. Un justo punto intermedio, entonces, sólo admitiría una utilización conservante de nuestro medio ambiente, es decir, una utilización en donde la degradación producida es en algún modo controlada o no excesiva.

En segundo lugar, si pueden definirse, en la contaminación ambiental, tanto un tiempo de relajación como una longitud característica de dispersión, una degradación en exceso sería aquella cuya atenuación a valores admisibles, o bien requiere más tiempo que el de vida de la generación que la produce, o bien requiere más espacio que el que ocupa la cultura que la produce. El mismo principio sería aplicable para los individuos o estamentos que componen una cultura local en un momento dado, en lo que concierne a la autopreservación.

Como consecuencia de todo esto, debemos asumir que el seguimiento y reducción de la contaminación ambiental, o más precisamente el "monitoreo y control" del mismo (§2.1), debe ser un proceso continuo, con constante prospección por los efectos acumulativos en el tiempo, y de medición a escala local, regional y global, cuya consecuencia debe ser la de permitir la evaluación sería del impacto de las medidas y contramedidas que se ejecuten en el ámbito de nuestro medio ambiente.

Mendoza, su ciudad y entorno, constituyen, hoy por hoy, un ámbito contaminado, arriesgando no sólo a la generación actual que la habita, sino también a las venideras, al condicionar severamente las posibilidades de

crecimiento armónico. El recurso aire, por ejemplo, considerado por mucho tiempo como inacabable, en especial por comparación con el escasísimo recurso agua, parece encontrarse, también en esta porción del planeta, en una situación límite, despertando en diversos sectores de nuestra sociedad, una justa preocupación. Hay, podría decirse, un reverdecer de la conciencia ecológica local, como lo muestran algunas de las medidas que su gobierno ha adoptado, entre ellas la de fomentar la investigación y desarrollo de medidas de protección ambiental, apoyando y contribuyendo a la concepción y ejecución de un programa a tal efecto, denominado PRIDEMA, cuya conducción recae en la Universidad de Mendoza.

El objeto del PRIDEMA (Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico sobre Medio Ambiente) obviamente se extiende más allá de facilitar la preservación del recurso aire, abarcando en general, todos los otros recursos vitales, susceptibles de contaminación. Sin embargo, y por su especial importancia actual, la contaminación atmosférica, y la investigación de técnicas de control y reducción de la misma, constituyen necesariamente, un escalón singular del Programa.

No pasa inadvertida la complejidad y alcance de la tarea asumida, en donde muchos factores, desde las propias leyes de la naturaleza hasta el marco sociopolítico y económico, que caracteriza a la Mendoza de hoy, influyen y se influyen mutuamente, en medio de relaciones no deterministas y de aspecto inescrutable. Sin embargo, una gestión correcta para la utilización conservante de nuestro medio ambiente, pasa entre otras cosas, por la determinación de un juego mínimo de criterios y normas (empíricas o no) sobre la cual pueda basarse la toma de decisiones, decisiones que deben garantizar, por otra parte, un delicado equilibrio entre el descontrol total, limitador de la vida social por ataque a su entorno físico, y el sobrecontrol, limitador de la misma por ataque a su libertad intrínseca.

No se vislumbra otra vía que aquella de contribuir al monitoreo ambiental, mediante la ejecución de un permanente ciclo de investigación- implementación experimental, que ataque de inmediato, y remontando todas las dificultades que puedan aparecer, los interrogantes que la cuestión abre. Tal es el camino que propone el PRIDEMA.

Con ese espíritu hemos de intentar, en el presente ensayo, distinguir y evaluar los elementos principales que abarca el monitoreo, y en particular, algunas de las medidas más importantes para su instrumentación en el ámbito del Oasis Norte y Gran Mendoza de la Pcia. de Mendoza.

## **2.- DEFINICIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DEL MEDIO AMBIENTE PARA EL OASIS NORTE Y GRAN MENDOZA**

En este punto se intentará definir un sistema de monitoreo, los subsistemas componentes y sus objetivos e interrelaciones.

## **2.1.- Definición de Monitoreo y Control Ambiental**

De acuerdo con la definición actualmente aceptada por la UNEP (Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas), el monitoreo ambiental es un proceso de observación repetitiva, con objetivos bien definidos, relacionado con uno o más elementos del medio ambiente, de acuerdo con un plan temporal y espacial determinado. Este suministra información de hechos que conciernen al estado presente del medio ambiente y a la tendencia a cambios del mismo observada desde el pasado.

Se entiende por control ambiental a toda acción que, basada en el monitoreo ambiental, tiende a la preservación de la vida y recursos del medio ambiente.

Las funciones derivadas del monitoreo y control ambiental pueden clasificarse en: a- de prevención, b-de pronóstico, c- seguridad ambiental y d- de instrumentación legal y política.

## **2.2.- Constitución general del sistema de monitoreo y control ambiental propuesto**

El Sistema de Monitoreo y Control del Medio Ambiente que se propone para el Gran Mendoza (SMCA), es un complejo de tres sistemas menores continuamente interrelacionados (fig. 1). Estos son: el Subsistema de Gestión Ambiental (SGA), el Subsistema de Alerta Ambiental Temprana (SAAT) y el Subsistema de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente (SIDMA).

La función general del SMCA es la de promover y ejecutar todas las medidas necesarias para un correcto monitoreo ambiental, según se definió en el 1.2.1. Dicho SMCA no es un organismo, sino más bien un conjunto de ellos, gubernamentales y no gubernamentales, agrupados e interrelacionados a los efectos de la misión del mismo.

### **2.2.1.- Sobre el Subsistema de Gestión Ambiental**

El SGA es el sector encargado de ejecutar las políticas ambientales de impacto inmediato o mediano, de velar por el cumplimiento de las leyes de preservación ambiental, de sugerir la modificación de las mismas y de fomentar y apoyar la labor de los otros dos subsistemas.

Tiene también la responsabilidad de promover la educación general de la población, en la materia, así como la de establecer y conducir campañas de colaboración para la disminución y control de la contaminación.

El manejo de los recursos que requiera el monitoreo, queda también, como es obvio, dentro de la esfera del SGA.

La organización del SGA tiene dos aspectos: uno estático, que se refiere a su constitución orgánica, y uno dinámico (sus acciones) que se refiere al programa de actividades a encarar, que podríamos llamar Programa de Gestión Ambiental.

Para discutir ligeramente sobre ambos aspectos, debiéramos establecer algunas pautas fundamentales sobre las que se funde el accionar del SGA. Estas son:

- 1°) La responsabilidad primaria del monitoreo del medio ambiente pertenece a la órbita del gobierno, tanto provincial como municipal.
- 2°) La responsabilidad general de la preservación del medio ambiente

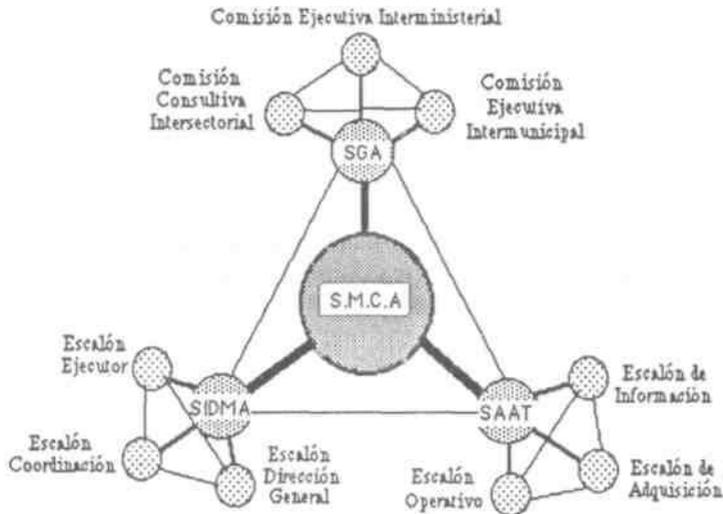


Fig. 1.- Sistema de Monitoreo Ambiental (SMCA)

es individual, tanto a nivel de instituciones u organismos, como de personas físicas.

3°) Las decisiones oficiales, en un marco de libertad individual, requieren del consenso general que garantice la cooperación, más allá de las leyes o regulaciones, y los castigos que ellas impongan a los que la infringen. Garantizar el cumplimiento de tales leyes involucra, por lo tanto, no sólo el poder efectivo de policía, sino también que los que resistan sean muchos menos que los que apoyan.

4°) Los intereses generales tienen dos facetas, una individual y otra sectorial. Lograr el consenso requiere, en consecuencia, una acción simultánea en ambos frentes.

5°) Para lograr el consenso general, en forma honesta, hay sólo dos vías: la de *la educación de la conciencia individual y colectiva*, poniendo de manifiesto, en un marco de respeto a todas las ideas, las ventajas y desventajas que una utilización conservante o no, del medio ambiente, implican, y la de *la participación activa*, mediante la cual, los sectores,

instituciones e individuos, sienten que efectivamente son artífices de su propio destino.

6°) La participación activa, bien orientada y en consenso general, permite una reducción considerable de los gastos de operación del monitoreo.

7°) Como, no obstante lo anterior, la decisión, dirección y ejecución principal de las políticas debe quedar en manos del gobierno para evitar la desintegración y caos de todo el sistema, debe evitarse que la inercia propia de los organismos gubernamentales invada al resto del mismo, permitiendo la acción de los no gubernamentales, mediante delegación controlada de responsabilidades.

8°) Dado que las decisiones adecuadas emanan casi siempre de hechos y tendencias comprobadas, el SGA debe nutrirse, para su correcto funcionamiento, de los fundamentos científicos que se elaboren y obtengan de los otros dos subsistemas que integran el SMCA. Esto no implica diferir el acto de decisión a los otros dos componentes, sino más bien hacer que éste descansa sobre un conjunto de alternativas, adecuadamente fundadas, y elaboradas por las mismas, pero sobre el cual le cabe accionar sólo al SGA

La estructura orgánica debe derivarse de la aplicación de estos principios y de las limitaciones prácticas que involucra todo acto de gestión.

Una alternativa para ello, es constituir al SGA sobre la base de tres comisiones diferentes. Dos netamente ejecutivas y de carácter oficial, y una consultiva y de carácter mixto.

Teniendo en cuenta el sistema federal de gobierno, y el principio de la descentralización de responsabilidades, surge claramente que existen dos esferas de decisión oficial en la materia, la provincial y la municipal (aquellos municipios con incumbencia en el área bajo monitoreo). Alguna elasticidad en dichos conceptos ha permitido en diversos casos, un amplio espectro de división de incumbencias, que va desde la centralización total hasta la descentralización avanzada. En este tema, hay que reconocer, sin embargo, que una descentralización excesiva llevaría a la desintegración del sistema y hasta la pugna entre las diversas esferas. Pero, por otra parte, si se decidiera por una centralización total, esto llevaría a la creación de un superministerio, cuya injerencia en todas las áreas ejecutivas de gobierno, generaría no poca resistencia, cuando no, una dispersión de las responsabilidades que les son propias a dichas áreas.

Así, pues, las dos comisiones ejecutivas oficiales, deben ser, una interministerial y la otra intermunicipal. La incumbencia de las comisiones, puede regularse desde una mayor preponderancia de la interministerial, en los primeros tiempos, hasta el equilibrio que impone nuestro sistema teórico de gobierno, una vez que se ha ensayado adecuadamente el funcionamiento del sistema.

La tercera comisión, consultiva, debe tener por lo expuesto anteriormente, un carácter intersectorial, en donde deberían estar representados todos los sectores u organismos con directa incumbencia en la preservación del medio ambiente. Confluirían en él, al menos teóricamente, tres tipos de sectores: los sectores descentralizados gubernamentales de nivel provincial, los de nivel nacional y finalmente los no gubernamentales. Es deseable que el mayor peso recaiga sobre los no gubernamentales, en virtud de la multiplicidad de representación, en distintos niveles, que poseen de hecho los gubernamentales.

Por razones de capacidad deliberativa, una consideración especial, común a las tres comisiones, es la de mantener un número reducido de representantes. Para ello, un segundo nivel, más exterior, podría coordinar o no, a otros sectores no tenidos en cuenta explícitamente entre los representantes.

El aspecto dinámico, por otra parte, lo representa como fue dicho, el Programa de Gestión Ambiental, que a diferencia de lo anterior, debe tener una clara dirección a nivel ministerial. Las pautas programáticas se acuerdan, como es lógico mediante la sesión de las comisiones de la estructura estática, pero la ejecución del programa, de carácter anual pero de prospección plurianual, queda bajo la responsabilidad principal de cada una de las áreas afectadas.

### **2.2.2.- Sobre el Subsistema de Investigación y Desarrollo para el Medio Ambiente**

El SIDMA es un complejo multiinstitucional (en general pertenecientes al sector académico) cuya misión es la de proponer, conducir y ejecutar tareas multidisciplinarias de I&D relativas al monitoreo del Medio Ambiente bajo consideración.

Nuevamente, en cuanto a la constitución del subsistema, hemos de considerar dos aspectos, el dinámico, representado por el Programa de I&D, y el estático, que comprende a la organización multiinstitucional.

La organización estática abarca a todas las instituciones académicas y específicas de I&D que estén en condiciones y deseen contribuir a la misión general del subsistema. Estas pueden ser, en general, locales, nacionales e internacionales.

La acción general de ellas se articularía mediante convenios múltiples de cooperación específicos, dando lugar a tres escalones de incumbencia: el escalón Ejecutor, conformado por los investigadores que efectivamente contribuyen al Programa, el escalón Coordinador en donde se encuentran los coordinadores Institucionales y el escalón Dirección General.

Con respecto al escalón Ejecutor, cabe decir que los investigadores, profesionales de apoyo y técnicos adscriptos al Programa de I&D, seguirían perteneciendo a las instituciones de origen (éstas pueden ser gubernamentales, no gubernamentales y hasta privadas), estando vinculados al subsistema sólo mediante las tareas que desempeñan en el marco de los

proyectos a los cuales contribuyen.

El escalón Coordinador, por otro lado, podría diferenciarse en dos partes. La parte coordinadora local o Comisión Coordinadora Local, que abarca a representantes de las instituciones locales y nacionales bajo convenio, y la parte coordinadora internacional, bajo la responsabilidad de un Coordinador Internacional, y cuya esfera de acción se extiende a todas las instituciones internacionales bajo convenio.

El escalón Dirección General, estaría conformado por la Dirección General propiamente dicha (o Presidencia), el Consejo Honorario Asesor Internacional, conformado por figuras internacionales ampliamente reconocidas por su contribución a las disciplinas ambientales, constituyendo así la dirección científica general del Programa de I&D.

La Dirección General debe recaer necesariamente en alguna de las instituciones locales, la cual, mediante delegación explícita del Gobierno Provincial, actúa como responsable principal de los esfuerzos multiinstitucionales. La conformación y mantenimiento de la red que integra el subsistema, así como el manejo general de los recursos de la I&D, constituyen una responsabilidad de incumbencia particular de dicha Dirección.

En cuanto al Programa de I&D, éste estaría conformado por Proyectos y Subproyectos contribuyentes, agrupados en diversas áreas, de carácter multidisciplinario, integradas por disciplinas exactas y tecnológicas, disciplinas sociales y urbanísticas, disciplinas médicas y biológicas, disciplinas legales, etc.

El Programa es de carácter plurianual, con planificación y control anual de actividades, por Proyecto contribuyente, los que deben ser dirigidos, por otra parte, por Directores de Proyectos, quienes serían responsables ante la Dirección General, por la marcha y orientación de sus respectivos Proyectos.

El planteo de los Proyectos, por último, no debe ser rígido, debiendo quedar, en principio, abierto a las propuestas que elaboren los científicos. La aceptación o no de los Proyectos se decidiría luego de la evaluación del interés científico, de la viabilidad del mismo a nivel técnico y programático y de los antecedentes que reúna el grupo de investigación. Esta decisión se realizaría a nivel de Dirección General con el asesoramiento del Consejo Honorario Asesor Internacional. No obstante esto, la dirección inversa de generación de proyectos es recomendable, sobre todo en las primeras etapas, cuando sea necesario cubrir un mínimo de temas de interés muy particular.

Cabe mencionar que el SIDMA se encuentra en un estado avanzado de definición, merced a un convenio firmado entre la Universidad de Mendoza y el Gobierno Provincial, ratificado por el decreto N° 972 del 08 de abril de 1988, y que permitió la elaboración del PRIDEMA (Programa de Investigación Científica y Desarrollos Tecnológicos sobre Medio Ambiente), el cual constituye el aspecto dinámico del Subsistema de I&D mencionado. Entre las características del PRIDEMA merecen destacarse: a- la Universidad de

Mendoza ejerce la conducción y/o coordinación centralizada del Programa, ti- esta abierto para la posible contribución de otras instituciones e investigadores, c- el gobierno colabora en la ejecución del mismo y apoya oficialmente todas las gestiones y tramitaciones para facilitar la misma dentro y fuera de país, d- tiene un Comité Internacional Honorario, de asistencia y cooperación, conformado por especialistas renombrados, - cooperación internacional con diversas instituciones, entre las que podemos citar al Instituto de Aeronomía de la Sociedad Max Planck de la Rep. Federal de Alemania y un Coordinador Científico Internacional, e- fue declarado de interés provincial y está auspiciado por la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación, f- tiene carácter multidisciplinario. Entre otras aspectos, puede mencionarse, además, que han sido publicadas invitaciones a científicos para participar del PRIDEMA, y que se está en vías de concretar diversos convenios con instituciones académicas y de I&D locales y nacionales.

### **2.2.3.- Sobre el Subsistema de Alerta Ambiental Temprana**

El SAAT es, básicamente, el subsistema encargado de las funciones operativas del SMCA, es decir es el principal responsable de las funciones de control, pronóstico y prevención del monitoreo ambiental.

De acuerdo con su misión está constituido, en su aspecto estático, por tres escalones, cuales son: el escalón de Información, el escalón de Adquisición y Control y el escalón Operaciones.

En el escalón de Adquisición y Control se reúne la información del estado presente del medio ambiente, a través de una red permanente de instrumentos instalados para tal fin, de instrumentos agrupados en sistemas móviles a los efectos de mediciones particulares y/o de los instrumentos que, instalados por otras instituciones para fines diversos, proveen también información que puede usarse en el monitoreo. La adquisición de la información está caracterizada por una frecuencia de muestreo (característica temporal de la medición) y por una distribución en el ámbito bajo inspección (característica espacial de la medición). Según su característica temporal, la adquisición puede ser sistemática de alta frecuencia, sistemática de baja frecuencia u ocasional. Según su característica espacial, ésta puede ser en general local, regional y global. En particular, la local, puede ser de alta densidad o de baja densidad. La información es recolectada por medios automáticos, semiautomáticos o asistidos por el hombre, a través de canales de radioenlace, telefónicos o por planillas, gráficos, fotografías.etc. Una vez centralizada y decodificada, la información adquirida tiene dos destinos posibles, el panel de control rápido (Quick-Look) de la Sala de Situación del escalón Operaciones, desde donde se tiene una visualización global de la situación a los efectos de anticipar una alarma en el proceso de prevención, y el centro de procesamiento de datos del escalón de Información, en donde la información es procesada con todo el detalle necesario.

En el escalón de Información, se encuentra, por así decirlo, la "inteligencia" del SAAT, materializada, principalmente por el Centro de Procesamiento de Datos Ambientales. Su función fundamental consiste en la interpretación de los datos recolectados por el escalón de Adquisición y Control, y su presentación final mediante gráficos representativos (estadísticas, histogramas, tablas, imágenes, etc.) o mediante cuadros de situación a utilizarse en modelos de decisión. La interpretación de los datos puede estar orientada a diversos fines: a- para estudios más profundos (que se realizan en el SIDMA), b- para la prevención en situaciones límites, c-para el pronóstico. En general, el flujo de información procesada e interpretada se orienta fundamentalmente hacia los otros dos Subsistemas del SMCA. Hacia el SGA, fundamentalmente, por intermedio de cuadros de alternativas pesadas (modelos de decisión), para la elaboración de instrumentos políticos de alcance inmediato o mediano, mientras que hacia el SIDMA, en forma masiva o gráfica en la proporción y detalle usuales en la investigación. Ambos Subsistemas estarían conectados, físicamente, al SAAT, mediante la Red Informática del SMCA. El escalón de Información es, en resumen, un Sistema de Información Ambiental, en sí mismo, de uso general en el monitoreo y control del medio ambiente.

El escalón de Operaciones representa el "mando" del SAAT. Bajo su esfera de responsabilidad se encuentra la operación general del SAAT, así como el mantenimiento del flujo de datos y comunicaciones de la Red Informática del SMCA y la coordinación interinstitucional para la adquisición de otros datos plausibles de ser utilizados en el monitoreo. Entre sus responsabilidades particulares podríamos citar la de comando de la Sala de Situación, la de dirección logística, y la de manejo general de los recursos humanos, materiales y financieros del Subsistema. En situaciones límites, éste es el responsable directo de las operaciones de prevención, quedando bajo coordinación general, mediante delegación de las autoridades competentes, la acción común de las otras instituciones que participen de la operación (Policía, Bomberos, Fuerzas Armadas, Red Coordinada de Emergencias, Defensa Civil, etc.).

La estructura orgánica del SAAT está materializada por el Centro de Operaciones Ambientales (COPAN) para el Oasis Norte y Gran Mendoza, organismo de carácter gubernamental de nivel provincial, a cargo de un Director de Operaciones Ambientales.

La estructura dinámica del SAAT, está representada por un Programa de Operaciones Ambientales, de carácter anual, e implementado mediante Campañas de Operaciones específicas. La dirección del Programa está a cargo del Director del organismo y las pautas programáticas se elaboran anualmente con la participación de los tres Subsistemas del SMCA. En una situación límite el Programa de Operaciones Ambientales, se reemplaza por un Plan de Emergencia Ambiental, cuya ejecución queda a cargo directamente, como se dijo, del Director de Operaciones Ambientales.

### **3.- ASPECTOS RELATIVOS A LAS EVENTUALES MEDIDAS DE INSTRUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL PROPUESTO**

#### **3.1.- Proceso general de Instrumentación**

El proceso general de solución de cualquier problema, en particular el que tratamos en este trabajo, se desenvuelve agotando los siguientes pasos:

- 1.- Reconocimiento del problema o interpretación de resultados; planteo de alternativas de solución.
- 2.- Investigación y experimentación de las alternativas; elección de las más viables; desarrollo de modelos y herramientas.
- 3.- Instrumentación de medidas y uso sistemático de las herramientas; replanteo del problema original.

Como se puede ver, el flujo del proceso de solución de un problema complejo, es en rigor cerrado (iterativo), el cual se recicla tantas veces como sea necesario, hasta lograr la aproximación deseada. En general la velocidad de reciclado es lenta al principio, se acelera en la medida que nos vamos acercando a una solución global y vuelve a decaer cuando se está en la búsqueda de afinar el conocimiento de las relaciones que gobiernan a los elementos del problema.

La historia de un proceso como éste, puede dividirse en tres etapas:

- 1.- Etapa inicial o de búsqueda primaria.
- 2.- Etapa de expansión.
- 3.- Etapa de precisión.

La implementación y uso del Sistema de Monitoreo y Control Ambiental podría dividirse, consecuentemente, en tales etapas.

Al proceso general de instrumentación y uso del SMCA hemos de llamarlo Plan de Monitoreo y Control Ambiental (PMCA), el cual estaría conformado, según las definiciones de los puntos anteriores, por los programas que caracterizan a cada uno de los subsistemas componentes, es decir, el Programa de Gestión Ambiental, el Programa de Investigación y Desarrollo y el Programa de Operaciones Ambientales.

Así, durante la primera etapa del PMCA, debe buscarse implementar a los Subsistemas de Gestión Ambiental y de Investigación y Desarrollo, estableciendo las pautas de cada uno de los programas que regularían su accionar, con vistas a formar, durante la segunda, el Subsistema de Alerta Ambiental Temprana.

Durante la segunda etapa, debería operarse en forma experimental al SAAT, estableciendo un Programa Experimental de Operaciones Ambientales, al cual deben contribuir tanto el SIDMA como SGA.

En la tercera etapa podríamos considerar establecido el SMCA, con todas las atribuciones operacionales previstas, en sus tres subsistemas. En particular, el SIDMA tendría como misión, en esta etapa, ejecutar las tareas de precisión, antes mencionadas, en la investigación y desarrollo del monitoreo.

### **3.2.- Algunas pautas para la primera etapa del Plan de Monitoreo y Control Ambiental.**

Podríamos definir como objetivos generales de la etapa inicial del Plan de Monitoreo Ambiental a los siguientes:

- 1°) Definir un Sistema de Monitoreo y Control del Medio Ambiente (SMCA) de aplicación para el Gran Mendoza.
- 2°) Constituir el Subsistema de Gestión Ambiental (SGA) en forma experimental, definiendo pautas programáticas generales de base anual y de prospección multianual, mediante la implementación de un Programa de Gestión Ambiental (PGA).
- 3°) Constituir el Subsistema de Investigación y Desarrollo para el medio ambiente (SIDMA), en el marco del PRIDEMA (programa de I&D).
- 4°) Sentar las bases científicas y definir los instrumentos políticos para la implementación experimental del Subsistema de Alerta Ambiental Temprana (SAAT).

Tentativamente, se le puede asignar a esta etapa una duración de cuatro años divididos en tres fases:

FASE A: De discusión y planteo general.

FASE B: De investigación, desarrollo y experimentación de modelos y herramientas.

FASE C: De instrumentación de medidas y uso experimental de herramientas, evaluación.

Durante la FASE A, será necesario definir al Plan de Monitoreo Ambiental (PMCA), mediante un instrumento de gobierno adecuado (por ej. un decreto provincial). Debe contener una predefinición del SMCA, asignar responsabilidades (por ej. en cuanto al suministro de datos al SIDMA) y realizar previsiones presupuestarias e identificación de las fuentes nacionales e internacionales de financiación, facilitando la gestión de fondos a partir de las mismas. El SGA debe comenzar a funcionar experimentalmente, debiéndose

definir una primera aproximación para el Programa de Gestión Ambiental. El SIDMA deberá quedar constituido, en base al PRIDEMA, cuya conducción y/o coordinación centralizada recae en la Universidad de Mendoza. Los Proyectos del PRIDEMA estarían en una fase de estudios preliminares y recopilación de datos.

En la FASE B, se debe analizar en funcionamiento, las limitaciones del SGA proponiendo y efectuando las modificaciones necesarias. El Programa de Gestión Ambiental deberá atacar, a esa altura, objetivos precisos, para lo cual se requiere una buena comunicación e intercambio con el SIDMA. El PRIDEMA, debería satisfacer algunos requerimientos concretos como los de evaluación de los datos recopilados, recopilación más eficiente de datos, precisiones en tomo a la instrumentación necesaria para estudios más avanzados y estudios de factibilidad urbanísticos y sociales.

Durante la FASE C, se estima conveniente sancionar una Ley Provincial de Monitoreo y Control Ambiental para el Gran Mendoza, que comprenda la definición final del SMCA, y en particular la definición del SAAT, que debería comenzar a operar experimentalmente, durante la etapa operacional del Plan de Monitoreo Ambiental. En esta fase, debería estar operativa una versión experimental de la Red Informática Ambiental, y una primera aproximación del Sistema de Información Ambiental. Por otra parte, ya debería perfilarse la Red de Instrumentación, la cual se basaría en la integración de los instrumentos existentes con otros desarrollados o adaptados; los instrumentos prototipos finales que se debieran agregar a la red, estarían en el proceso de integración final. Se estaría en condiciones también, de plantear proyectos de largo plazo, en cuanto a cuestiones de aprovechamiento energético y conservación ecológica, en escala regional, abordando la definición de modelos de expansión urbanística.

#### **4.- REQUERIMIENTOS GENERALES PARA EL SENSADO DEL SISTEMA ECOLÓGICO BAJO ESTUDIO**

El monitoreo del sistema ecológico (compuesto por el medio social, el cultural y el biofísico) comienza por un correcto sensado de los parámetros de interés del mismo. Este debe proveer todos los datos necesarios sobre el estado presente del mismo, a fin de que la información que se pueda extraer contribuya a una caracterización constantemente actualizada de su evolución. Tal es el sujeto y objeto general del sensado ambiental.

En cuanto a la metodología del sensado ambiental, ésta puede clasificarse en dos grandes tipos, el sensado "in situ", mediante el cual se extraen datos en la localización específica del instrumento, y el sensado remoto, mediante el cual se extraen datos más allá de la localización específica del sensor. Ambos son complementarios.

Dentro del sujeto general, además, pueden identificarse diversos sujetos principales y secundarios. El objeto del sensado apunta ya sea a una

caracterización general o a una particular de los diversos sujetos. Mediante el primero se determinaría el estado global del sujeto de sensado, en tanto que mediante el segundo se determinaría algún parámetro de interés específico del mismo. Dependiendo del objeto del sensado, y del mismo sujeto bajo inspección, se selecciona un método adecuado.

Vamos a intentar, en lo que sigue, determinar los aspectos particulares del sensado ambiental, especialmente en lo que se refiere a la caracterización del medio biofísico. En éste, podemos identificar los siguientes sujetos principales: las fuentes de emisión de contaminación (especialmente aquellas antropogénicas), los medios de transporte (y acumulación) de la contaminación y la biósfera.

#### **4.1.- Sobre las fuentes de emisión de contaminantes**

Los contaminantes típicos que afectan directamente al desenvolvimiento del ecosistema bajo estudio, en su medio biofísico, pueden agruparse en tres tipos genéricos. Los químicos, los físicos y los biológicos.

Entre los químicos podemos citar al  $O_3$  troposférico, al  $SO_2$ , al  $CO_2$ , al CO, al  $NO_2$ , aldehídos, las sustancias PAN (nitratos de peroxy-acyl), a los hidrocarburos halógenos (halocarburos), aerosoles, etc., todos éstos de presencia atmosférica y que en proporciones no admisibles producen efectos sensibles sobre el clima y biosfera del ecosistema. A ellos habría que agregar una serie de sustancias tóxicas que se encuentran regularmente en diversas proporciones tanto en el suelo como en el agua y que son, en general, de naturaleza mineral o derivados de la producción industrial. Entre los físicos podemos citar a la radiación electromagnética en exceso (UV, Infrarrojo térmico onda corta), desintegración nuclear, a la ionización, a la temperatura, al ruido acústico, etc. Finalmente, entre los biológicos se podría citar una larga lista de microorganismos y virus con distintos grados de peligrosidad.

Las fuentes de emisión de tales contaminantes pueden clasificarse en principio según la ubicación relativa al ecosistema. Estas pueden ser exógenas o endógenas. Nuestro interés particular se centra, en cuanto a sujeto del sensado, en las endógenas, entre las cuales podemos identificar, según la causa, fuentes naturales y antropogénicas.

Entre las fuentes naturales podemos citar: los afloramientos de ciertos depósitos minerales, la generación fotoquímica atmosférica, la ionización debida a vientos superficiales o a tormentas eléctricas, etc.

Las fuentes antropogénicas, que son de especial interés por ser en principio controlables, pueden clasificarse en móviles y fijas. Entre las fijas, podemos identificar, según su distribución espacial media, a las siguientes: a) fuentes puntuales, entre las cuales se ubicarían los diversos establecimientos industriales, de servicios generales y las plantas de energía, b) concentradas superficiales, que abarcarían a los depósitos de desechos comunes y específicos, y a los fertilizantes y plaguicidas, y c) cuasicontinuas

superficiales, entre las que podríamos citar, a escala urbana, a las fuentes domiciliarias. Entre las móviles se identifican, según su distribución espacial media, fuentes lineales y superficiales. Las lineales abarcan, entre otras, al transporte aéreo, al transporte pesado diesel eléctrico (p.e. trenes) y al transporte pesado diesel, todos ellos de rutas más o menos definidas en tanto que entre las superficiales, podemos citar al transporte liviano diesel y naftero, de rutas indefinidas.

Al menos idealmente, el sensado de las fuentes de emisión de contaminantes debería permitir una caracterización suficiente de las mismas bajo dos aspectos distintos: uno estacionario y uno no estacionario (dinámico estadístico).

La caracterización estacionaria de la fuente, apunta a determinar sus peculiaridades en el sentido espacial, físico y químico (predicción). En el espacial, incluimos su distribución y localización relativa al ecosistema. En el físico, incluimos al balance local de energía con el medio, a la temperatura y presión de equilibrio, al transporte de masa (emisión), las fases de la emisión, la radiación, el rendimiento de conversión de energía-masa, etc., en tanto que en el químico, a la composición relativa de la emisión, a la tipología y cadena de reacciones, al balance de energía y masa de las mismas, etc.

En la caracterización no estacionaria, se apuntaría a determinar sus propiedades generales de la fuente, en tanto tomada como proceso estocástico clásico (estacionariedad y ergodicidad, distribución y densidad de distribución de probabilidad, momentos de la distribución, autocorrelación y autocovarianza, espectro de potencia, etc.), y en particular, las propiedades que presenta su media de emisión estadística (espectro de frecuencia en régimen permanente, evolución temporal media, eventualmente el régimen transitorio, etc.).

El comportamiento real de las fuentes (considerado a largo plazo), sin embargo, involucra procesos estocásticos no estacionarios "no clásicos", que son en rigor impredecibles. La única solución consiste en una simulación constante, sobre la base del conocimiento aproximado del comportamiento de corto plazo, que permita evaluar, entre otras cosas, el peor caso. Dicho procedimiento es la esencia misma de la alerta ambiental temprana.

Concluyendo, en un sistema de monitoreo ambiental como el propuesto, es imprescindible realizar un seguimiento del nivel de contaminantes, en las mismas fuentes de contaminación, especialmente en las antropogónicas las cuales, como se dijo, son, en el mayor grado, controlables directamente. En consecuencia podemos distinguir, al menos, los siguientes sujetos secundarios cuyo sensado es prioritario: el transporte público, el transporte privado, las industrias y plantas de servicios generales, las plantas de energía, los depósitos de desechos y las instalaciones domiciliarias (que incluye los desechos individuales).

#### **4.2.- Sobre los medios de transporte (y acumulación) de los contaminantes**

Los medios de transporte de la contaminación pueden ser físicos o biológicos. Entre los primeros situamos al aire, al agua y al suelo como sujetos principales de sensado. Entre los segundos podemos distinguir al hombre, a los animales domésticos y de ganado, a los insectos y también a los vegetales comestibles. Vamos a concentrarnos en los primeros, dado que los medios de transporte biológicos son regularmente monitoreados por el sistema sanitario, el cual, no obstante esto, se propone, en una solución completa, integre su información al SMCA.

En el aire podemos identificar, todavía, al menos tres sujetos secundarios de sensado: la troposfera inferior, la troposfera superior, y la estratosfera y mesósfera. En la troposfera inferior y superior se distingue, en cuanto al objeto del sensado, una caracterización general que apunta al relevamiento micrometeorológico y de la radiación solar incidente, y una caracterización particular en donde se buscaría efectuar el relevamiento de la concentración de partículas en suspensión y contaminantes varios (especialmente gases residuales) ( estructura atmosférica). En la estratosfera y mesósfera, en cambio, apuntamos , en principio, sólo una caracterización particular, con el relevamiento de la concentración de contaminantes y de algunos gases residuales no contaminantes, fundamentalmente de O<sub>3</sub>, el cual, como es sabido, se encuentra en disminución a esas alturas, afectando el filtrado atmosférico de la radiación ultravioleta solar.

En el agua (fase líquida), podemos identificar varios tipos de sujetos secundarios, los cauces de riego, los cauces de aguas servidas, los cauces principales de abastecimiento de agua a las plantas potabilizadoras y, finalmente, las tuberías de abastecimiento de agua potable. El objeto del sensado en este caso, en su caracterización general, debería proveer datos en cuanto a caudal, ubicación geográfica, zonas abastecidas o bañadas, etc., en tanto que la caracterización particular se referiría al relevamiento de la concentración de contaminantes de las tres especies.

En los suelos distinguimos varios sujetos secundarios que podríamos agrupar en dos: suelos ocupados por el hombre, (urbanos y agrícolas) y suelos no ocupados (erosión). La caracterización general apuntaría a una zonificación y microzonificación de suelos, en tanto que la caracterización particular, a un relevamiento de los diversos contaminantes (y presencia de elementos que indirectamente contaminan el agua) presentes.

Muchas de las caracterizaciones generales se realizan mediante la labor de diversas instituciones, pero, al igual que antes, pueden ser sujetos de mejoramiento en la evaluación en el SMCA o al menos de integración (o intercalibración) en cuanto a la información obtenida de ellas.

### **4.3.- Sobre la biósfera**

Los sujetos principales de sensado en la biosfera, como receptora de la contaminación, son los seres humanos, los animales y los vegetales.

Los seres humanos se pueden distinguir en dos sujetos secundarios: la población urbana y la población campesina. La caracterización general implica un relevamiento de la distribución demográfica, la composición, su crecimiento, el (índice de mortalidad, etc., en tanto que la caracterización particular requiere un relevamiento exhaustivo de las enfermedades mortales y no mortales relacionadas directamente con la contaminación.

En forma similar podría decirse de los animales, en el que podríamos distinguir como sujetos secundarios al ganado y animales domésticos y a la fauna silvestre, y de los vegetales, entre los que podría distinguirse la forestación y flora y los vegetales de producción agrícola. En la caracterización general, además, debe agregarse el destino del animal o vegetal, en tanto tomado como alimento de la población humana.

Todo este sector de monitoreo se encuentra usualmente bajo operación a través de distintas instituciones pero, a los efectos de un correcto seguimiento de la evolución del sistema ecológico bajo estudio, como antes, tales datos deberían integrarse normalmente al SMCA.

## **5.- REQUERIMIENTOS PARTICULARES Y CARACTERÍSTICAS DEL SENSADO EN EL OASIS NORTE DE MENDOZA Y GRAN MENDOZA**

Como conclusión del punto anterior podríamos decir que, en principio, para el caso particular que nos ocupa, esto es el Oasis Norte de Mendoza y Gran Mendoza, es posible identificar ciertos objetivos de sensado de responsabilidad directa de nuestro escalón de Adquisición y Control; estos podrían ser:

- caracterización general y particular de todas las fuentes de emisión de contaminantes antropogénicas
- caracterización general y particular del aire
- caracterización particular de cauces de agua
- caracterización particular de terrenos

El resto de los datos, acorde con la clasificación que se hizo en el punto anterior, debería integrarse de los sistemas actualmente operativos en diversas instituciones. La estructura general del escalón queda conformada en consecuencia por dos redes de sensado distintas. Una red propia de incumbencia en los objetivos trazados más arriba, y una red no propia, de donde se integraría información proveniente de sistemas de instrumentación y de seguimiento (censos) que contribuyen directa o indirectamente al monitoreo del resto de los objetivos de sensado.

### 5.1.- Sobre la red propia

Para avanzar sobre la constitución de la red propia habría que realizar un adecuado análisis de las principales características que a priori sean asignables a los sujetos de sensado, a fin de determinar el plan espacial y temporal de medición. Del plan espacial determinaríamos la distribución de sensores, en tanto que del plan temporal la frecuencia de muestreo.

No obstante esto, y dada la variedad de los sujetos de sensado, podemos imaginar que la característica espacial de la medición involucraría instrumental de medición a escala global, regional y local (de baja y alta densidad), y que la característica temporal implicaría adquisición de datos sistemática (de baja o alta frecuencia) y ocasional.

Difícilmente pueda esta situación ser cubierta por un solo tipo de sensores (in situ o remotos), ni aún por una red fija que incluya variados tipos. Así pues, se presenta relativamente clara la necesidad de que la Red Propia de Monitoreo Ambiental abarque tanto una red fija como una móvil (fig. 2).

En la red fija terrena, distinguiríamos una parte de alta densidad de sensado in situ, otra de baja densidad de sensado in situ, una estación de sensado remoto y finalmente un laboratorio central de análisis físico- químico (fig. 3).

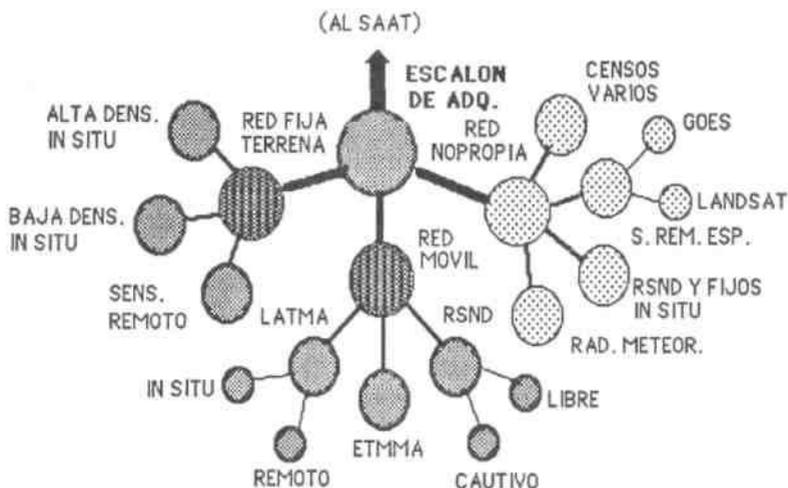


Fig. 2 - Estructura tentativa de la Red de Instrumentación Ambiental (Escalón Adquisición y Control)

La red de alta densidad de sensado in situ cubriría la caracterización de la troposfera inferior, al igual que la red de baja densidad, que adicionalmente cubriría la caracterización de los cauces acuíferos que sea conveniente inspeccionar. En la estación de sensado remoto, se buscaría caracterizar tanto la troposfera como la estratosfera.

En la red móvil (fig. 4), distinguiríamos otras tres partes: a) Una estación terrena móvil de análisis in situ de las fuentes de contaminación antropogénicas y de captura de muestras de la troposfera inferior, de aguas y de suelos, b) Un laboratorio aerotransportado cuyo objeto sería la caracterización por sensado remoto de la troposfera superior, de la estratosfera y mesósfera, y de la superficie terrestre, así como la captura de muestras de la troposfera, y c) radiosondeos (operados probablemente desde la estación terrena móvil) tanto de carácter libre (micrometeorología troposférica) o de carácter cautivo para captura de muestras de aire a mayor altura.

## **5.2.- Sobre la red no-propia**

La red no-propia abarca desde instrumentos, o sistemas de instrumentos, hasta procedimientos de censos varios. En la actualidad, podemos distinguir (fig. 1): a) una red de procedimientos regulares de censos sobre biosfera, b) un sistema de sensado remoto que abarca la utilización del satélite GOES, con sus sistemas VISAR (meteorología de gran resolución) y DCS (sistema automático de colección de datos) y que permite la adquisición de datos por plataformas terrenas alejadas (DCP) (hay una buena cantidad instaladas en el territorio provincial), y de los satélites LANDSAT- TM y GOES de uso para la observación multiespectral de la superficie terrestre (con aprox. 20 m de resolución espacial), c) un sistema de radiosondeos (VAISALLA) sistemáticos para el relevamiento meteorológico y una red de sensores in situ de diversa naturaleza (por ejemplo sismógrafos), y d) radares meteorológicos (de uso en lucha antigranizo) con cobertura en la zona de interés.

Todos estos sistemas contribuyen o pueden contribuir a la caracterización general, y en algunos casos hasta particular, del medio biofísico del ecosistema bajo consideración. Bastaría, pues, integrar la información que se obtenga por estos medios, a la que eventualmente se agregaría de la red propia, para conformar un amplio sistema de adquisición de datos ambientales.

| Tipo                                           | Característica                                       | Instrumental asociado                                                      | Mediciones                                                                                               |
|------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DCP Ambiental (in situ)                        | ALTA DENSIDAD<br>(Gran Mendoza y<br>Urbes asociadas) | Set de micrometeorolog.                                                    | Temp., Pres., vientos, rad. solar                                                                        |
|                                                |                                                      | Esp. de masas ( sólo en<br>algunas estaciones)                             | Gases residuales hasta nº mas. 100                                                                       |
|                                                |                                                      | Detector de partículas                                                     | Partículas en suspensión                                                                                 |
|                                                | BAJA DENSIDAD<br>(Oasis Norte)                       | Set de micrometeorolog.                                                    | Temp., Pres., vientos, rad. solar                                                                        |
|                                                |                                                      | Set de aguas                                                               | Caudal, temp., pH, salin., Bioact., cont                                                                 |
| Esp. de masas ( sólo en<br>algunas estaciones) |                                                      | Gases residuales hasta nº mas. 100                                         |                                                                                                          |
| Est. Sens. Remoto                              | PASIVO                                               | Radiometría- Espectros-<br>copia milimétrica y sub-<br>milimétrica         | Perfil estrat. y mesosf. de diversos<br>gases residuales ( O3, CO, CLO, etc)<br>Perfil de temp. (O2)     |
|                                                | ACTIVO                                               | Radar Láser ( LIDAR)                                                       | Perfiles troposfér. de Temp., pres.<br>part. en susp., O3, humed., vientos<br>Idem perfiles horizontales |
| Lab. Central Anál.                             | ANÁLISIS FIS.QUIM.                                   | Métodos químicos puros<br>Cromatógrafo de gases<br>Cromatógr. Fase Líquida | Análisis de Gases con alta precisión<br>Análisis de Líquid. con alta precis.                             |
|                                                | ANÁLISIS BIOQUIM.                                    | Microscopio<br>Instrumental elect. quím.<br>etc.                           | Análisis de Contaminación bioquím.                                                                       |

Fig. 3.- Especificación tentativa de la red fija propia

### 5.3.- Apoyo a la adquisición de datos

En el Centro de Operaciones Ambientales (COPAN) debe ubicarse la estación de recepción de datos provenientes de las diversas partes de la red propia (tentativamente la telemetría se realizaría en VHF), así como la estación central de comunicaciones con la red móvil y los equipos necesarios para mantener el enlace de datos para la Red Informática Ambiental, por la cual, seguramente, una buena parte de los sistemas de la red no-propia quedarían integrados al SMMA.

Todos estos sistemas contribuyen o pueden contribuir a la caracterización general, y en algunos casos hasta particular, del medio biofísico del ecosistema bajo consideración. Bastaría, pues, integrar la información que se obtenga por estos medios, a la que eventualmente se agregaría de la red propia, para conformar un amplio sistema de adquisición de datos ambientales.

| Tipo                                                                            | Instrumental asociado    | Mediciones                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|
| Laboratorio Aerotransp.<br>para el Monitoreo del<br>Medio Ambiente<br>( LATMA ) | Cámara infrar. térmica   | Imágenes térmicas y visibles           |
|                                                                                 | Cám. visible-infr. cerc. |                                        |
|                                                                                 | Muestreador de aire      | Gases residuales tropósfera            |
|                                                                                 | Radiómetro milim.        | Idem anterior + perfil H2O             |
|                                                                                 | Radiómetro solar         | Energía solar incidente total          |
|                                                                                 | LIDAR                    | Idem anterior                          |
| Estación Terrena Móvil<br>para el Monitoreo del<br>Medio Ambiente<br>( ETMMA )  | Toma de muestras         | Análisis en lab. de agua, aire , suelo |
|                                                                                 | Espectrómetr. de gases   | Análisis in situ de gases              |
|                                                                                 | Grabador de Audio        | Análisis en lab. de cont. sonora       |
|                                                                                 | Instr. de apoyo          | Apoyo al RSND, reparac., comun.        |
| Radiosondeos Verticales<br>( RSND )                                             | Cautivos                 | Toma de muestras de aire trop. inf.    |
|                                                                                 | Libre                    | Sondeo vertical meteorológico          |

Fig. 4.- Especificación tentativa de la red móvil propia

También encontraríamos en él un laboratorio de análisis en donde se estudiarían las muestras de aire, agua y suelo tomadas por la red móvil. Ambos sectores, así como el mantenimiento general del instrumental de la red, pertenecerían a la órbita del escalón de Adquisición.

La adquisición de datos propiamente dicha, en forma automática o manual, pasa posteriormente al escalón de Información, que comanda tal tarea a través del Sistema Computacional de Información Ambiental (SCIA).

## 6. -ESTRUCTURA GENERAL DEL ESCALÓN DE INFORMACIÓN

El escalón de Información constituye una pieza esencial en el desenvolvimiento del SAAT, al ser su misión fundamental el almacenamiento, ordenamiento, análisis básico y distribución de los datos ambientales. La estructura general de este escalón puede ser relativamente simple, y en rigor sería fijada por la estructura del Centro de Procesamiento de Datos Ambientales (CPDA), el cual es la reunión de los recursos humanos, materiales ( hardware) y de información y análisis (software), necesarios para el cumplimiento de la misión del mismo.

El hardware del CPDA viene dado fundamentalmente por la (o las) computadora(s) y periféricos asociados, entre estos últimos los de

comunicación -y que serán objeto de un análisis posterior- mientras que el software, viene dado por lo que hemos acordado en llamar el Sistema Computacional de Información Ambiental. Un esquema básico de tal estructura se puede observar en la fig. 5.

## 7.-CARACTERISTICAS DEL SISTEMA COMPUTACIONAL DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

El SCIA es un conjunto de programas de computadora (software), desarrollado en diversos lenguajes típicos, articulados e interrelacionados según un conjunto de normas prefijadas e instrucciones exteriores, cuyo comando se ejerce desde un programa central, desarrollado en un lenguaje superior propio.

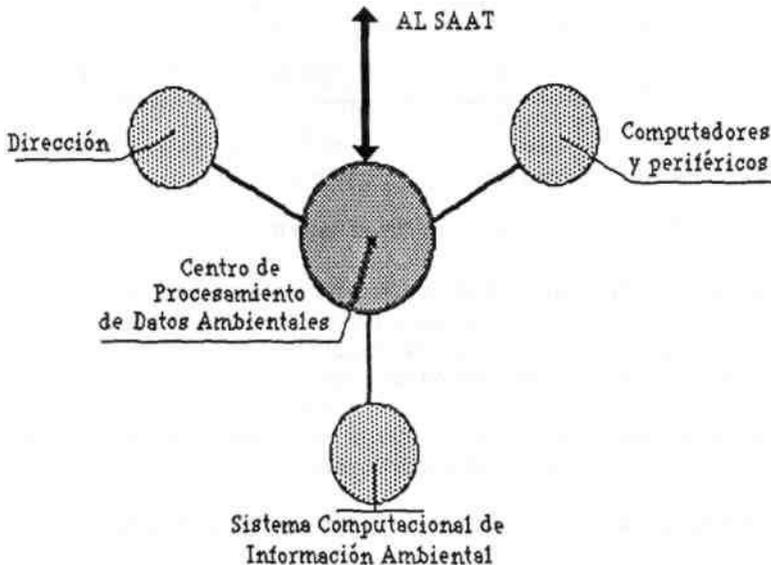


Fig. 5.- Estructura del Centro de Procesamiento de Datos Ambientales (Escalón de Información del SAAT)

La función general del sistema consiste en administrar los recursos de las máquinas (hardware), con el objeto de facilitar el ingreso, almacenamiento, procesamiento y recuperación (extracción) de los datos, en forma simple e interactiva (relativa al usuario), proveyendo al análisis e interpretación de la información contenida.

### 7.1.- Funciones Particulares del SCIA

Las funciones particulares del sistema, se pueden clasificar según el uso de la información y según el tipo de procesamiento que se realice.

Vamos a concentrarnos, en este apartado, a describir las funciones particulares del sistema según el uso de la información, para tratar de proponer, posteriormente, una estructura para el SCIA, según los bloques de Información contenidos.

Las funciones particulares del sistema pueden clasificarse, según el uso de la información, en:

- Para el Control
- Para el Pronóstico
- Para la Prevención
- Para el mantenimiento del Monitoreo

Veamos con algún detalle, cada una de ellas (fig. 6).

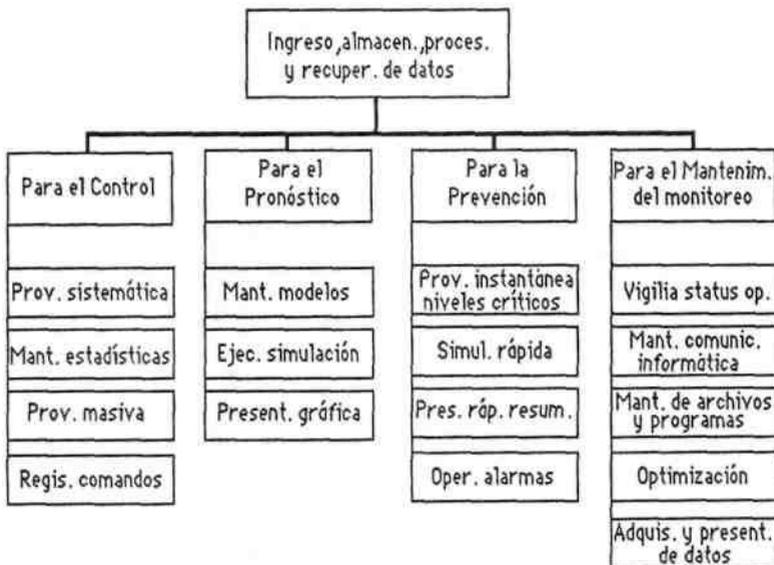


Fig.6.- Clasificación de funciones del SCIA según el uso de la información

1º) **Para el Control:** Controlar el medio ambiente significa, primitivamente, seguir la evolución de los parámetros ambientales seleccionados para el monitoreo. El seguimiento puede ser pasivo o activo. El seguimiento pasivo involucra un simple registro de los datos para la realización de estadísticas de evolución. El seguimiento activo, en cambio, va en busca de interpretar las relaciones escondidas en las estadísticas. El primero es de carácter general y provee al sentido del medio ambiente. El segundo es de carácter particular y provee a la investigación del medio ambiente.

Un estadio más avanzado en el Control del medio ambiente, incluiría, también, acciones concretas de comando, por ejemplo, de sistemas para la reducción de la contaminación ambiental (señalización para la reducción o modificación del tránsito vehicular, provocación artificial de precipitaciones pluviales, etc.).

En consecuencia, la función particular del SCIA, en cuanto al Control radica en:

- a) provisión sistemática de datos ordenados según algún criterio (estado presente).
- b) mantenimiento de estadísticas y provisión de gráficos representativos (evolución)
- c) provisión masiva de datos y procesamiento específico a pedido (investigación)
- d) registro de comandos ejecutados (operaciones)

2º) **Para el Pronóstico:** El Pronóstico de las condiciones futuras del medio ambiente requiere del conocimiento cualitativo y cuantitativo (estadístico) de los mecanismos que regulan la evolución del sistema ecológico bajo estudio. Este permite calcular, a partir del estado presente del sistema, la probabilidad de que, en un tiempo dado, se alcance otro estado.

El Pronóstico puede ser de corto, mediano y largo alcance. Por corto alcance nos referimos a períodos que van desde algunas horas hasta semanas, mientras que por largo alcance nos referimos a períodos que abarcan varios años (lustros o décadas). En particular, el Pronóstico de largo alcance, es de especial importancia en la evaluación del impacto de las medidas y contramedidas ambientales de carácter urbano-social.

Para realizar pronósticos se requieren modelos de simulación ambiental (ecológicos). Estos abarcan: -las fuentes físicas de contaminación, -el medio contaminado, -el comportamiento social (como causa y efecto de contaminación).

La función particular del SCIA, en cuanto al Pronóstico, radica en:

- a- mantenimiento de los modelos residentes (actualización, modificación, sustitución, ampliación)

- b- ejecución de la simulación según pedido
- c- presentación de tablas, registros, gráficos, de la situación futura.

3º) **Para la Prevención:** Las funciones de pronóstico y control permiten una constante evaluación del sistema ecológico. Sin embargo, pueden producirse emergencias ambientales imprevistas, o bien previsibles pero dentro de plazos muy cortos, (por ej. derrames químicos tóxicos, explosiones nucleares, etc.). La Prevención implica tanto un Plan de Emergencia Ambiental, como un seguimiento o vigilia preventiva del sistema ecológico en forma casi instantánea. Dentro del plan de emergencia, se incluye, entre otras cosas, la operación de alarmas prefijadas en grado y cantidad.

La función particular del SCIA en cuanto a la Prevención radica, en consecuencia, en:

- a- provisión instantánea de niveles críticos
- b- simulación rápida de efectos
- c- presentación resumida rápida (Quick-look)
- d- operación de alarmas

4º) **Para el Mantenimiento del Monitoreo:** El Mantenimiento del Monitoreo requiere una constante preocupación por el funcionamiento del sistema a nivel logístico, técnico y científico.

Las funciones particulares del SCIA en cuanto al Mantenimiento del Monitoreo se refieren a:

- a- vigilia del estado de la red operativa (status)
- b- mantenimiento de la comunicación con la red informática
- c- mantenimiento de programas, archivos y bases de datos
- d- actualización de procedimientos, optimización de funciones y confiabilidad del SAAT
- e- adquisición y presentación de datos

## 7.2.- Estructura según los bloques de información

Habiendo discriminado las funciones particulares, estamos en condiciones de proponer una estructura para el SCIA, en cuanto a los bloques de información necesarios (fig. 7).

Como se puede ver el SCIA podría estructurarse sobre tres bloques principales: el bloque de Simulación, el bloque de Archivo de Datos y el Bloque de Procedimientos y Herramientas del Sistema.

Veamos, en lo que sigue, una breve descripción de cada uno de ellos.

1º) **Bloque de Procedimientos y Herramientas del Sistema:**

Este bloque reúne una biblioteca general de las herramientas básicas (por ej. compiladores de lenguajes, de desarrollo de programas, etc.) y de procedimientos básicos, en general no accesibles, y procedimientos avanzados, en general accesibles. Está vinculado intrínsecamente al sistema operativo central de los computadores.

En general podríamos clasificarlo en tres sub bloques: a- el de Adquisición y Almacenamiento que nuclea a las herramientas y procedimientos para el ingreso y archivo transitorio o permanente de los

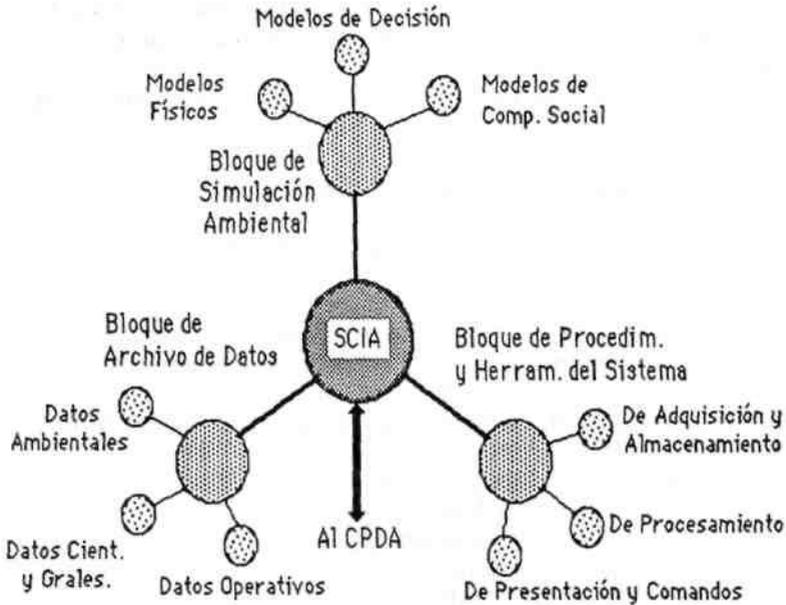


Fig.7.- Estructura del SCIA según los Bloques de Información

datos; b- el de Procesamiento, que nuclea a las herramientas y procedimientos para el despiece, combinación, transformación y recombinación de los datos, según técnicas prefijadas o bien exigidas desde el exterior; y c- el de Presentación y Comandos, que abarca a aquellas herramientas para el display de los datos procesados, en forma de listados o gráficos, volátiles y no volátiles, copias duras, CCT ( Cintas compatibles para Computadoras), etc., y para la comunicación y control de los periféricos subordinados al sistema.

2º) **Bloque de Archivo de datos:** Este bloque es una biblioteca general que reúne todo tipo de datos objetos de alguna clase de procesamiento. Podemos distinguir a: a- los Datos Ambientales, que reúnen la información específica sobre el estado pasado y presente del medio ambiente a través de los valores de las variables y parámetros ecológicos bajo observación; b- los Datos Científicos y Generales, que reúnen información, en forma de bases de datos bibliográficas, gráficas o en textos, de trabajos científicos relativos a medio ambiente, recopilaciones de normas y legislaciones ambientales (internacionales, nacionales, provinciales y municipales) y de regulaciones de organismos oficiales centralizados o no, de datos y normas de planificación urbana, censos generales (económicos y poblacionales), mapas, etc.; y c- los Datos Operativos, referente al "status" técnico y logístico (pasado y presente) del SAAT, a las órdenes y comandos emitidos, etc.

Un detalle característico de este bloque debe ser la multiaccesibilidad de los archivos, según títulos, subtítulos, contenido, fecha, autores, etc.

3º) **Bloque de Simulación Ambiental:** La habilidad de todo el sistema para la función particular de Pronóstico está resumida en este bloque.

El mismo provee las bases, para una correcta correlación de los datos, y para el estudio de las relaciones funcionales.

Los modelos en él incluidos, que serán objeto de una discusión posterior, apuntan a representar el ámbito físico, el ámbito social y el marco de las decisiones políticas, mediante ecuaciones deterministas, cuasideterministas, funcionales estadísticos o simplemente funcionales cualitativos.

En rigor, este bloque, a través de los modelos de decisión o impacto, elaborados sobre los otros dos tipos, representa de alguna forma la misma "salida" del SAAT como sistema, cuya dirección apunta a la provisión de marcos referenciales para la decisión en el ámbito del SGA de corto, mediano o largo plazo. Por otra parte, representa, en particular, una herramienta del tipo CAD ( Computer Aided Design ), de apoyo a los planteadores ambientales.

### **7.3- Características del procesamiento en el ámbito del Sistema Computacional de Información Ambiental**

Según se planteó en el apartado anterior, las funciones particulares del sistema no sólo se pueden estudiar según el uso de la información, lo que nos llevó a la estructura del sistema visto desde el usuario, sino también desde el punto de vista interno del sistema, es decir relativo al tipo de procesamiento a realizar.

Podemos clasificar a dicho procesamiento en tres tipos:

- Procesamiento de aplicación
- Procesamiento en tiempo real
- Procesamiento dedicado

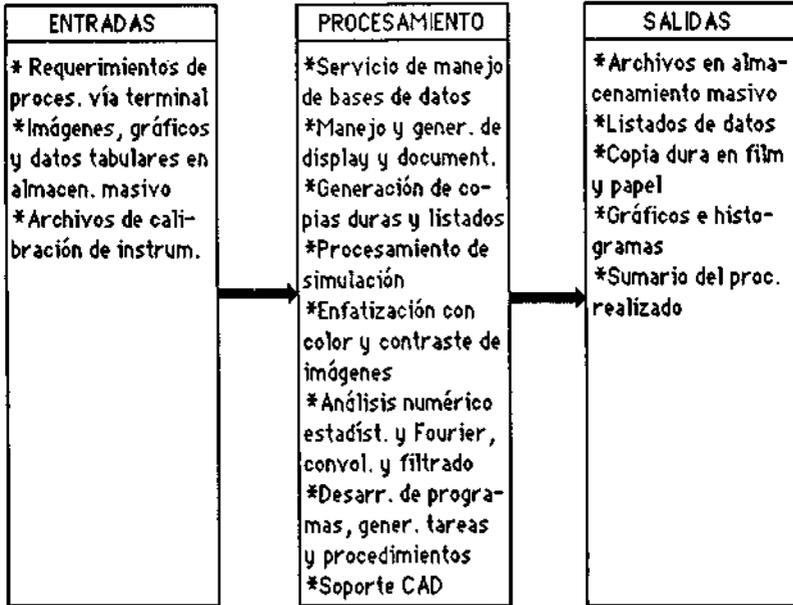


Fig. 8.- Procesamiento científico

Veamos brevemente cada uno de ellos.

1º) **Procesamiento de aplicación:** En este nivel de procesamiento se ejecutan las tareas generales y particulares de manejo y análisis de la información ambiental.

Para clarificar su alcance hemos de dividirlo en tres subniveles: a- procesamiento científico, b- procesamiento sistemático, c- procesamiento general.

Dentro del primero incluimos a todas las tareas de apoyo a la investigación del medio ambiente. Un cuadro general de sus características puede observarse en la figura 8.

En el segundo, nos referimos a tareas rutinarias de tratamiento de la información ambiental, como por ejemplo la corrección, ordenamiento,

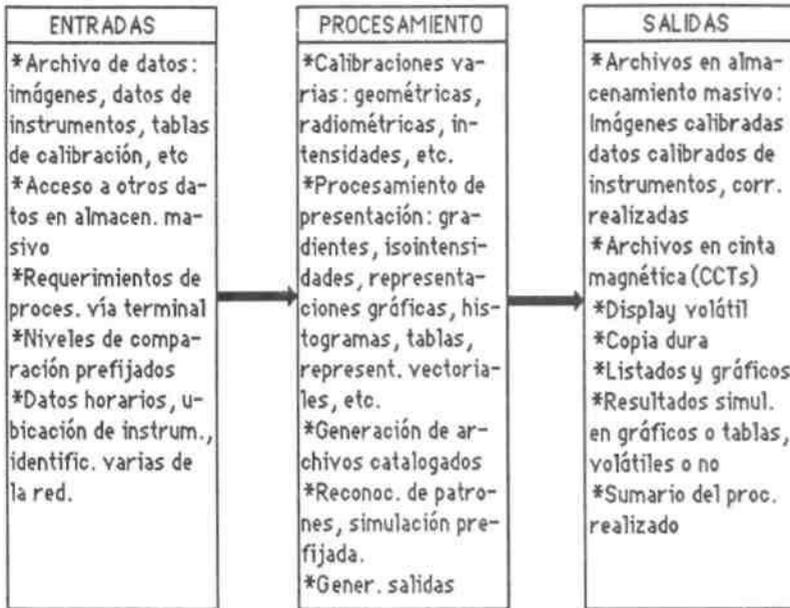


Fig. 9 - Procesamiento sistemático

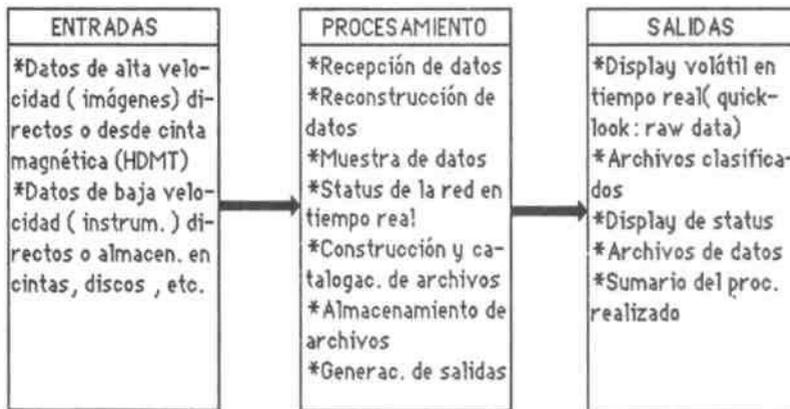


Fig.10.- Procesamiento en tiempo real

presentación y almacenamiento en medios masivos (transportables, como las CCTs, o no) de los datos recogidos por la red de instrumentación.

Mientras que en el primero las tareas de procesamiento se realizan según el orden y alcance que el científico disponga, en el segundo las tareas están en general prefijadas sin acceso público exterior (fig. 9).

En el tercer subnivel hemos de considerar a todas las tareas que sean necesarias para el mantenimiento general y operación de los otros dos subniveles, como por ejemplo el mantenimiento de los programas del procesamiento sistemático.

**2<sup>2</sup>) Procesamiento en tiempo real:** En este nivel debemos incluir a todas las tareas relativas a la recepción, catalogación, almacenamiento y reconstrucción y presentación rápida (quick-look) de los datos ambientales y del "status" operativo de la red. Un cuadro general de sus características puede observarse en la figura 10.

**3<sup>fi</sup>) Procesamiento dedicado:** En este nivel incluimos a todos las tareas y programas específicos que surgen de la operación general del sistema de información. Podemos citar, por ejemplo, a los compiladores de los lenguajes residentes, las rutinas de manejo de las base de datos, registros de procedimientos, herramientas y utilitarios del sistema, etc.

La estructura general del SCIA, en cuanto al procesamiento, puede tomar la forma tipo Kernel-shell de la fig. 11. Observemos en ella un centro conformado por el sistema operativo residente que comanda en general al hardware del CPDA. En el nivel más exterior se encuentran todos los programas, subprogramas y procedimientos necesarios para realizar los tres tipos de procesamiento indicados.

La conexión entre tales herramientas avanzadas y el sistema operativo, está dada por el sistema ejecutivo, que implica un lenguaje superior de comando, como el que hacíamos referencia al principio. Entre las características destacables del ejecutivo podemos mencionar:

- a- Operación en dos modos: por lotes de datos (modo batch) o interactivo
- b- Lenguaje superior de comando orientado al tratamiento de grandes matrices de datos, imágenes, etc.
- c- Sistema Menú
- d- Subrutina de ayuda a la programación con capacidad de acceso al lenguaje de máquina.
- e- Procedimientos modulares
- f- Documentación amplia (modo Help)

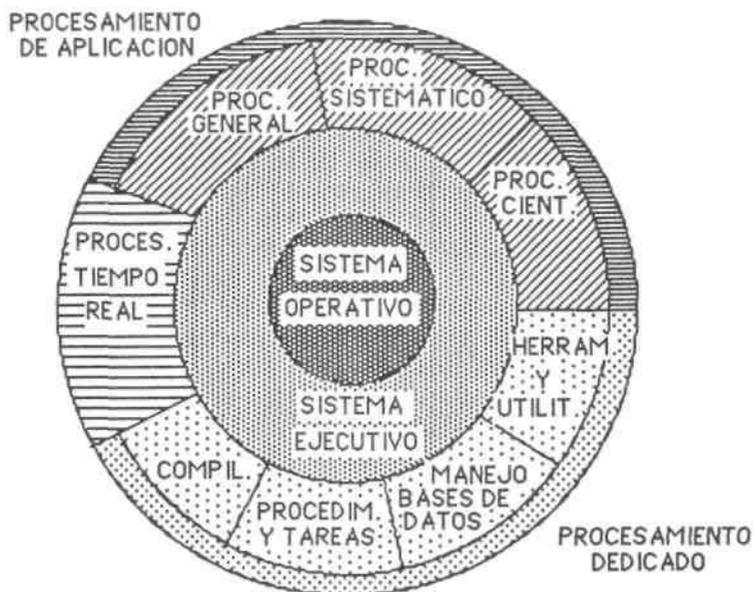


Fig. 11.- Estructura del SCIA según el procesamiento

El sistema operativo residente (SOR) debe permitir, desde luego, el ensamble estructurado de tales herramientas y el ejecutivo, a más de proveer las rutinas y procedimientos básicos usuales, como ocurriría en el caso de un SOR del tipo UNIX o similar.

## 8.- LA RED INFORMÁTICA AMBIENTAL Y SU INTERRELACION CON EL ESCALÓN DE INFORMACIÓN

La Red Informática Ambiental (RÍA) está constituida por los centros de procesamiento de datos de los tres subsistemas que componen el Sistema de Monitoreo Ambiental, es decir por el del SGA, el del SIDMA y finalmente el del SAAT, que hemos denominado CPDA. A estos centros de procesamiento de datos habría que agregar otros, fundamentalmente de aquellos organismos y entidades en general que sin participar específicamente en el SMCA, o bien brindan datos de utilidad al sistema de monitoreo, o bien son usuarios autorizados del mismo.

Todos los centros de procesamiento de datos que constituyen la RÍA, tienen como fuente de información o como fin de la comunicación principal, al SCIA

(Sistema Computacional de Información Ambiental) residente en el centro de procesamiento del Sistema de Alerta Ambiental Temprana (CPDA).

Considerando, entonces, a los sistemas computacionales interconectados de la RÍA, como una red de comunicaciones compleja, podemos imaginar al nodo central de la misma, ubicado en el Escalón de Información del **SAAT**.

Las comunicaciones que, en consecuencia, debería controlar el SCIA, provienen de muy diversos centros con características propias. No obstante esto, es posible determinar a priori que dichas comunicaciones pueden caracterizarse por la dirección del flujo principal de información, por la densidad de la misma, por la frecuencia de la comunicación y finalmente por la categoría y seguridad de la información intercambiada.

Los canales físicos de comunicación se seleccionan siguiendo las pautas que se derivan de la anterior clasificación. Podemos distinguir al menos tres tipos: a-estándar específico (por ejemplo red Delphi); b-estándar no específicos (servicios especiales de comunicación); y c-proprios, estos últimos en el caso de comunicaciones de corta distancia y bit rate y/o frecuencias de intercomunicación muy elevadas. Hay que tener en cuenta, por ejemplo, que puede ser necesaria la transmisión en tiempo real de imágenes de mediana o gran resolución.

Una segunda forma de comunicación, es de tipo indirecta, a través del intercambio de cintas de computadoras compatibles (CCT). Este método es particularmente útil cuando grandes volúmenes de datos deban ser trasladados, sin restricciones en cuanto al tiempo de procesamiento.

Una última consideración de importancia se refiere al reparto de tareas, en la etapa operativa del Plan de Monitoreo Ambiental, entre el CPDA y el centro de procesamiento del SIDMA. En cuanto a esto, debemos destacar que el procesamiento científico, tal cual lo hemos definido en el párrafo anterior, debe realizarse en el ámbito del SIDMA, lo que indudablemente establece características particulares a la intercomunicación entre centros, sobre todo si se considera que las tareas de procesamiento del **SIDMA** pueden estar repartidas en más de un subcentro.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-FABIAN, PETER; Atmosphäre und Umwelt- ISBN 3-540-17099-5 - SPRINGER VERLAG-1987

-HARTMANN, GERD; Observación, reconocimiento y utilización conservante del medio ambiente. Ecología y Economía.- Ed. IDEARIUM de la Universidad de Mendoza - UM.02-08-06-0612-0788-1988

-RANDLE, P. (Editor); La Contaminación Ambiental - Ed. OIKOS-1979

-SEINFELD, J.H.; Contaminación Atmosférica; Fundamentos Físicos y Químicos- Ed. I.E.A.L- Madrid 1978

-UNEP; Agua, Desarrollo y Medio Ambiente en América Latina- Naciones Unidas- Comisión Económica para América Latina- Stgo. de Chile-1980

-UNIVERSIDAD DE MENDOZA (Editor) (Cano, Guillermo- Fabian, Peter-García Bellido, Javier y otros); El Medio Ambiente y la Contaminación Producida por el Hombre- Ed. IDEARIUM - UM 01-08-07-0616-888 - ISBN 950-624018-3- Mendoza 1989

-UNIVERSIDAD DE MENDOZA (Editor); Programado Investigaciones Científicas y Desarrollos Tecnológicos sobre Medio Ambiente (PRIDEMA)- Ed. IDEARIUM- UM.02-09-05-0609-0688-1988

-WEIDNER, HELMUT; Air Pollution Control Strategies and Policies in the F.R. Germany- ISBN 3924859-17-5- EDITIUM SIGMA 1986

-WEIDNER, HELMUT; Clear Air Policy in Great Britain- ISBN 3-924859-19-1-EDITIUM SIGMA 1987

## 10. AUTOR

JOSE LUIS PULIAFITO: Nació en Mendoza el 14 de octubre de 1955. Egresó de la Universidad de Mendoza (UM) en Dic. 1979 con el título de Ingeniero en Electrónica y Electricidad. Ha trabajado como investigador, en temas relativos al sensado remoto e instrumentación científica compleja tanto en la UM como en la Comisión Nacional de investigaciones Espaciales (Argentina) desde 1980 hasta la fecha. Durante 1983-84 estuvo trabajando como científico invitado en el D.F.V.L.R (Agencia Espacial de la Rep. Federal de Alemania) en el Instituto para Optoelectrónica (Oberpfaffenhofen-München) y ha formulado y dirigido diversos proyectos relacionados con el tema. Se desempeña además, desde 1985, como profesor adjunto ordinario de la Universidad de Mendoza y como profesor adjunto interino de la Universidad Tecnológica Nacional en diversas cátedras de la especialidad electrónica. Ha tenido participación en congresos internacionales y cursos superiores relativos al monitoreo del medio ambiente. Desde 1988, se desempeña como Coordinador Científico del PRIDEMA en el área Tecnología, en el Centro de Investigaciones Superiores de la Universidad de Mendoza.

## 11. AGRADECIMIENTOS

El Autor agradece la cooperación desinteresada de la comunidad universitaria de la Universidad de Mendoza, de miembros del PRIDEMA, en particular del Ing. Carlos Mario Puliafito, Arq. Pablo Pithod, Arq. Jorge Cremaschi y de todos aquellos que contribuyen regularmente al desarrollo del mismo y muy especialmente al Coordinador Científico internacional Honorario del PRIDEMA Prof. Dr. Gerd Hartmann y al miembro del Comité Honorario Internacional del PRIDEMA Prof. Dr. Peter Fabian, quienes han influido profundamente en las concepciones que sustentan este trabajo.