

UNA APROXIMACIÓN AL ESTADO ACTUAL DEL MEDIO AMBIENTE EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA ALMENDARES – VENTO. SIG Y MULTIMEDIA

***J. L. Cuevas-Ojeda*⁽¹⁾, *B. Gutiérrez-Pérez*⁽²⁾, *B. Polo-González*⁽³⁾, *E. Jaimez-Salgado*⁽⁴⁾, *M. Nuñez-Lafitte*⁽⁵⁾, *I. Guerra-Oliva*⁽⁶⁾, *Ma. G. Valdés-Hernández*⁽⁷⁾, *J. Olivera-Acosta*⁽⁸⁾, *B. L. Miravet-Sánchez*⁽⁹⁾ y *J. F. Alcaide-Orpí*⁽¹⁰⁾**

Instituto de Geofísica y Astronomía, Cuba, Calle 212 No. 2906 e/ 29 y 31, La Coronela, La Lisa, Ciudad de La Habana, CP 11 600; 1. jlcuevas@iga.cu; 2. bperez@iga.cu; 3. bpolo@iga.cu; 4. ejaimenz@iga.cu; 5. mnunez@iga.cu; 6. ingrid@iga.cu; 7. gertrudis@iga.cu; 8. yoyi@iga.cu; 9. liz@iga.cu; 10. alcaide@iga.cu

RESUMEN

La actualización del Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Almendares-Vento, tuvo por objetivo realizar una caracterización del estado actual del medio ambiente, analizando los aspectos más relevantes, del medio físico natural, del medio socio-económico y sus interrelaciones, realizándose una valoración acerca de los principales problemas ambientales. Entre los principales resultados están la confección de mapas temáticos necesarios para valorar el estado actual de los recursos de la cuenca, se determinaron las Fuentes Contaminantes en las zonas más vulnerables a la contaminación por escurrimiento superficial e infiltración cársica y zonas susceptibles a las inundaciones, además análisis de la contaminación por metales pesados y su relación con los patrones de flujos por escurrimiento superficial. Entre las conclusiones se plantea que continúa siendo la situación sanitaria muy desfavorable debido a las descargas indiscriminadas de las aguas residuales, constituyéndose en serios problemas ambientales. La integración temática, junto a los materiales de interpretación realizados, permitieron actualizar y enriquecer el conocimiento del medio ambiente, lo que está permitiendo a los decisores contar con una herramienta útil para el manejo integral, gestión y la consulta rápida, facilitada por la implementación de un SIG y una Multimedia. Entre las novedades se encuentra la modelación hidrológica para la delimitación de las cuencas de drenaje, el patrón de flujo de las corrientes, lo que permitió, determinar los patrones de la contaminación superficial. La obra multimedia facilita la asimilación, aplicación y divulgación de los resultados, mediante una interfase gráfica más potable para los decisores, destacándose los aspectos fundamentales de la investigación. Además para la necesaria generalización entre diferentes entidades introductoras se confeccionó un instalador que permitiera al usuario poder establecer sus normas individuales para la instalación de la versión 2.1. En la actualidad más de 10 instituciones de carácter científico, docente superior, agricultura, forestales, de salud y otras cuentan con la aplicación.

ABSTRACT

The upgrade of the Environmental Diagnosis of the Almendares-Vento Basin, had for objective to carry out a characterization of the current state of the environment, analyzing the most excellent aspects, of the natural physical means, of the socio-economic means and its interrelations, being carried out a valuation about the main environmental problems. Among the main results they are the making of necessary thematic maps to value the current state of the resources of the basin, they were determined the pollutants sources in the most vulnerable areas to the contamination for superficial glide and karstic infiltration and susceptible areas to the floods, also analysis of the contamination for heavy metals and their relationship with the patterns of flows for superficial glide. Among the conclusions it thinks about that it continues being the very unfavorable sanitary situation due to the indiscriminate discharges of the residual waters, being constituted in serious environmental problems. The thematic integration, next to the carried out interpretation materials, they allowed to upgrade and to enrich the knowledge of the environment, what is allowing to the ruling people to have an useful tool for the integral handling, administration and the quick consultation, facilitated by the implementation of a GIS and a multimedia system. Among the novelties it is the hydrological modeling for the delimitation of the drainage basins, the pattern of flow of the currents, what allowed, to determine the patterns of the superficial contamination. The multimedia system facilitates the assimilation, application and popularization of the results, by means of a more drinkable graphic interface for the ruling people, standing out the fundamental aspects of the investigation. Also

for the necessary generalization among different entities an installer was made that allowed the user to be able to establish its individual norms for the installation of the version 2.1.

INTRODUCCIÓN

En 1997 se crea el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, por acuerdo del Consejo de Ministros, de esta forma se inició un nuevo estilo en el trabajo ambiental del país, considerándose las cuencas como la unidad básica que requiere de un trabajo de gestión ambiental integral.

Según este mismo organismo (Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, 2006), la cuenca hidrográfica se define como un espacio delimitado por una línea divisoria de las aguas o parteaguas, y conformado por una red de afluentes que conducen sus aguas a un río principal, lago o embalse hasta desembocar al mar o sumergirse. El ciclo hidrológico puede verse alterado por diferentes interacciones entre sus elementos, lo que puede hacer que una acción aguas arriba implique consecuencias adversas aguas abajo. Es por eso que teniendo en cuenta esta dinámica de sus elementos hay que considerarla como un núcleo integrador y una unidad para la gestión integrada.

Entonces en Cuba se considera la cuenca hidrográfica como unidad básica funcional y ámbito de aplicación de los Programas y Planes de Manejo Integral de los recursos naturales, en su vínculo con el desarrollo económico y social

La Cuenca Almendares – Vento, objeto de investigación del presente estudio es una de las principales cuencas hidrográficas de interés nacional del país definida por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, siendo considerada como una de las ocho más importantes del país, la cual abarca un área de 470,16 km², la misma tiene representación de 10 municipios de la provincia La Habana y en 3 municipios de la provincia Mayabeque, con una población aproximada de más de 823.000 habitantes, con un volumen de extracción promedio anual aproximado de más de 29 millones de m³.

En la cuenca existe un gran desarrollo de las actividades productivas, como industrias, fábricas, empresas, centros de investigaciones científicas, industria médico – farmacéutica, educación, salud y servicios, las que aportan el valor de sus producciones a los municipios, a la provincia y al país, puesto que muchas de ellas son de carácter provincial y nacional. También se cuenta con un número de establecimientos vinculados a los servicios de población en su gran mayoría, como son los casos de Centros Hospitalarios, Cadenas Hoteleras e Instituciones Culturales.

La situación ambiental de la cuenca es crítica, debido a la contaminación de sus aguas por el vertimiento de residuales líquidos y sólidos (urbanos e industriales) deficientemente tratados o sin tratamiento alguno, manejo inadecuado de los residuos sólidos, deforestación además de problemas con la erosión de los suelos, así como otros.

Es por todo lo anterior, que se hace necesario la actualización de los estudios ambientales y los diagnósticos, de manera tal de aumentar y actualizar el conocimiento que sobre la cuenca podemos tener con el objetivo de lograr un adecuado programa de manejo, la aplicación de medidas mitigadoras, así como el establecimiento de un sistema de control y prevención, dándole las herramientas necesarias a los decisores que le permitan hacer posible mejorar de forma sostenible, las condiciones ambientales actuales de la cuenca, teniendo como primer propósito la elevación continua de la calidad de vida de su población.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Para el desarrollo de la presente actualización del diagnóstico ambiental en esta etapa de investigación, se contó con los siguientes materiales generales: mapas e informes geológicos, hidrogeológicos, geofísicos, edafológicos, carsológicos, meteorológicos, topográficos y aéreo cósmicos de las provincias La Habana y Mayabeque a diferentes escalas, disponibles en los archivos del Instituto de Geofísica y Astronomía, así como información del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, del archivo del Centro Nacional de Información Geológica del Instituto de Geología y Paleontología, informaciones de los centros visitados y de los gobiernos municipales de los municipios localizados en la Cuenca Almendares - Vento.

Haciendo uso de las técnicas que brindan los Sistemas de Información Geográfica, a los que se hará referencia más adelante, se trabajó con los siguientes materiales:

- Modelo Digital de Elevación de las provincias habaneras a escala 1: 25 000 (Campos *et al.*, 2004),
- Mapa de Suelo del territorio a Escala 1:25 000 (Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, 1984),
- Mapa Geológico de las provincias habaneras a Escala 1:100 000 (García y otros, 2001),
- Mapa topográfico del territorio a Escala 1:50 000 (Planimétrico y Altimétrico)
- Bases digitales con los datos de las fuentes contaminantes de la Cuenca (Campos *et al.*, 2004; INRH, 2007),
- Imágenes satelitales del Google Earth del 2007 (Google Earth, 2008)

Además se utilizaron:

Informes de los Diagnósticos Ambientales de los municipios:

Plaza de la Revolución (Miravet *et al.*, 2007a), Habana Vieja (Miravet *et al.*, 2007b), Diez de Octubre (Valdés *et al.*, 2004), Cerro (Valdés *et al.*, 2003), Bejucal (Miravet, 2001), Arroyo Naranjo (Correa y otros, 1998), Cotorro, Boyeros (IGP, 1999) y Mariano (Hernández *et al.*, 2004) realizados por el Instituto de Geofísica y Astronomía y el Instituto de Geología y Paleontología.

Informe de los Estudios de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos Geológicos, Geofísicos y Tecnológicos de los municipios San José de las Lajas (Díaz *et al.*, 2000) y Playa (Fundora *et al.*, 2003) ejecutados por el Instituto de Geofísica y Astronomía.

También se utilizaron:

Informes y datos de los Gobiernos Municipales de los municipios comprendidos en la Cuenca Almendares - Vento de las provincias Artemisa y Mayabeque.

Informes de análisis de laboratorios de aguas residuales del año 2007, de la Planta de María (García *et al.*, 2008) Informes de caracterizaciones de los residuales de algunos centros visitados, durante las expediciones de campo.

Informe del Diagnóstico de la Cuenca Almendares Vento realizado por un colectivo de autores en el año 2004 (Pedroso *et al.*, 2004).

Informes de trabajos de investigaciones realizados por el Instituto de Geofísica y Astronomía en los recientes años 2005 (Pedroso *et al.*, 2005a; Pedroso *et al.*, 2005b), 2007 (Campos *et al.*, 2007a;

2007b; García *et al.*, 2007; Pedroso *et al.*, 2007) y 2008 (García *et al.*, 2008; Miravet *et al.*, 2008; Olivera *et al.*, 2008).

Los trabajos de compilación y evaluación de la información se complementaron con expediciones a los lugares y centros clasificados como Fuentes contaminantes de primera importancia.

Para la clasificación de los suelos y el diagnóstico de los principales procesos degradativos en el área de la Cuenca, se utilizó el criterio de evaluación por horizontes de diagnóstico, de acuerdo con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Instituto de Suelos, 1999).

Se utilizaron también un conjunto de normas cubanas para la protección del medio ambiente, para el diagnóstico y gestión cuencas hidrográficas, para la higiene comunal, así como otras.

Métodos

La realización del diagnóstico se sustentó en la metodología nacional para estos estudios, aprobada por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (2006), así como en otros criterios metodológicos para la determinación de impactos ambientales, la percepción ambiental y el manejo integrado de cuencas hidrográficas, la tecnología de los sistemas de información geográfica, las encuestas, muestreos de la biodiversidad y la observación realizada en recorridos de campo, entre otros.

El objetivo de esta actualización fue caracterizar el entorno ambiental y sociocultural de la cuenca. Se hizo una descripción de los factores bióticos y abióticos que identifican el entorno natural, tanto analizando los factores como las interrelaciones entre ellos.

Se describió el estado actual con la aportación de los datos disponibles y trabajo de campo, se analizaron las causas que han provocado los problemas ambientales actuales y se realizó una valoración de los puntos críticos.

Se entiende por problema ambiental "cualquier situación indeseable en el ambiente, que requiere de la acción humana para diagnosticarlo, manejarlo, controlarlo y corregirlo."

Como ya se mencionó anteriormente por cuenca hidrográfica o cuenca de drenaje el territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. La divisoria de aguas es una línea que delimita la cuenca hidrográfica. Una divisoria de aguas marca el límite entre una cuenca hidrográfica y las cuencas vecinas. El agua precipitada a cada lado de la divisoria desemboca generalmente en ríos distintos.

Las cuencas hídricas están sufriendo el deterioro causado por la alta tasa de deforestación y la falta de tratamiento de aguas servidas provenientes de actividades urbanas, industriales y agrícolas, aunado con el incumplimiento de los planes de ordenación.

De la experiencia previa, la revisión bibliográfica así como de la información recopilada por los autores de la presente investigación, se puede identificar problemas ambientales en la cuenca.

La metodología de trabajo empleada consistió, en la búsqueda y análisis de la bibliografía existente sobre el área, realización de recorridos de campo, en los cuales fue realizada la documentación textual y fotográfica de los diferentes componentes medioambientales, identificación de las fuentes contaminantes y de las afectaciones ambientales existentes en los límites de la cuenca.

Para el caso de la georeferenciación de los fuentes contaminantes que fueron visitadas, durante el período de expediciones, fue utilizado para dar coordenadas a las mismas un instrumento de posicionamiento global, más conocido por GPS, en este caso el *GPS-TRIMBLE SCOUTMASTER* modelo 17319.

En la etapa de trabajo de gabinete, se utilizaron diferentes software de Microsoft Office 2007 y 2003, que fueron utilizados para conformar las bases de datos para ser importadas al *MapInfo Professional Version 9.0*, 2007, que fue el sistema de información geográfica utilizado. Dentro de este sistema fueron utilizadas un número grande de herramientas de procesamiento de la información geocientífica, en especial denotaremos una el *StreamBuilder v2.02.13*, que tiene la capacidad de construir cuencas de drenaje, la red de drenaje y el patrón de flujo de las corrientes, a partir del modelo digital de elevaciones, esta herramienta fue muy útil en el procesamiento de la información y será discutida ampliamente más adelante. El Sistema Multimedia que fue preparado para agrupar toda la información generada durante la investigación fue el *CDMenuPro V6.23.00*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Situación geográfica

La cuenca hidrográfica del río Almendares incluye en su territorio a la cuenca subterránea Vento con nombre oficial (Almendares-Vento), que abastece a La Habana y la que suministra el mayor volumen de agua para todos los usos, que consume y utiliza la ciudad. Esta importante cuenca está muy relacionada con la vecina cuenca Ariguanabo; pues Vento está representada por una estructura hidrogeológica única, que a pesar de estar dividida en dos subcuencas (Ariguanabo y Vento), ambas tienen una estrecha interrelación hidráulica a través de un área común de descarga que son los manantiales de Vento; aún cuando la subcuenca Ariguanabo presenta una segunda descarga, de menor importancia, por el río de igual nombre o San Antonio, que nace a partir de la antigua laguna Ariguanabo (Molerio *et al.*, 2003).

Esta cuenca Almendares - Vento es una de las principales cuencas hidrográficas de interés nacional del país definida por el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, considerada además como una de las ocho más importantes, la cual abarca un área de 470,16 km², de ellos 283,76 km² perteneciente a los 10 municipios de La Habana (60,4% del área total), 186,4 km² pertenecen a 3 municipios de la provincia Mayabeque (39,6% del área total) e incluyen 11 km² ocupados por embalses. Más adelante se detallan las áreas por municipios.

El límite occidental más meridional de la cuenca Almendares-Vento ocurre en una zona llana, donde converge con la cuenca de Ariguanabo (Núñez-Jiménez y Viña-Bayés, 1998). Limita por su extremo Norte con las Lomas de San Francisco Javier, San Francisco de Paula y el Lomerío de Santa María del Rosario, por su lado Sur con las Alturas de Bejucal-Managua-Limonar, por su extremo Este con las Escaleras de Jaruco y por el Oeste por las cercanías de la desembocadura del río Almendares y las terrazas marinas emergidas del límite costero norte de los municipios Playa y Plaza de la Revolución.

Enmarcada en las coordenadas geográficas Norte: 22° 54' 22.90" - 23° 08' 8.77" y Este: 82° 28' 59.04" - 82° 03' 31.82" y en las coordenadas planas X: 347850 - 391550 m y Y: 342649 - 367 686 m, en las hoja topográficas La Habana (3785-III), Jaruco (3785-II), Bejucal (3784-IV) y San José de las Lajas, (3784-I), a escala 1: 50 000.

La cuenca se extiende por un total de 13 municipios de ambas provincias La Habana y Mayabeque, de ellos 10 municipios son de La Habana (Playa, Plaza de la Revolución, Centro Habana, Habana Vieja, Cerro, Diez de Octubre, Marianao, Boyeros, Arroyo Naranjo y Cotorro) y tres municipios de la provincia Mayabeque (Bejucal, Jaruco y San José de las Lajas). En la Figura 1, se puede apreciar la situación geográfica en el contexto de las antiguas provincias habaneras hoy La Habana, Mayabeque y Artemisa.

Breve descripción de los principales resultados

Anteriormente se hizo referencia a la situación geográfica, así como las características físico-geográficas, incluyendo la clasificación de la cuenca que es clasificada como de tipo cerrada, conformada por rocas cársicas fundamentalmente de las formaciones Güines y Colón. Sobre las características climáticas, se hace un análisis del comportamiento de las temperaturas, precipitaciones y humedad relativa, así como un análisis de los eventos meteorológicos extremos que han afectado a la región de la cuenca, puesto que los mismos aportan una cantidad de lluvias y sus fuertes vientos, pueden provocar afectaciones en la dispersión, transporte y acumulación de contaminantes en los suelos y sedimentos en la cuenca Almendares – Vento.

En esta información preliminar se describen las características geológicas de la zona de estudio, que permitieron posteriormente entre otras características determinar las zonas más vulnerables a la contaminación por infiltración y otros. Se caracterizaron las características geomorfológicas de forma regional en la cuenca, incluyéndose un análisis de los tipos de relieve, relieve predominante y

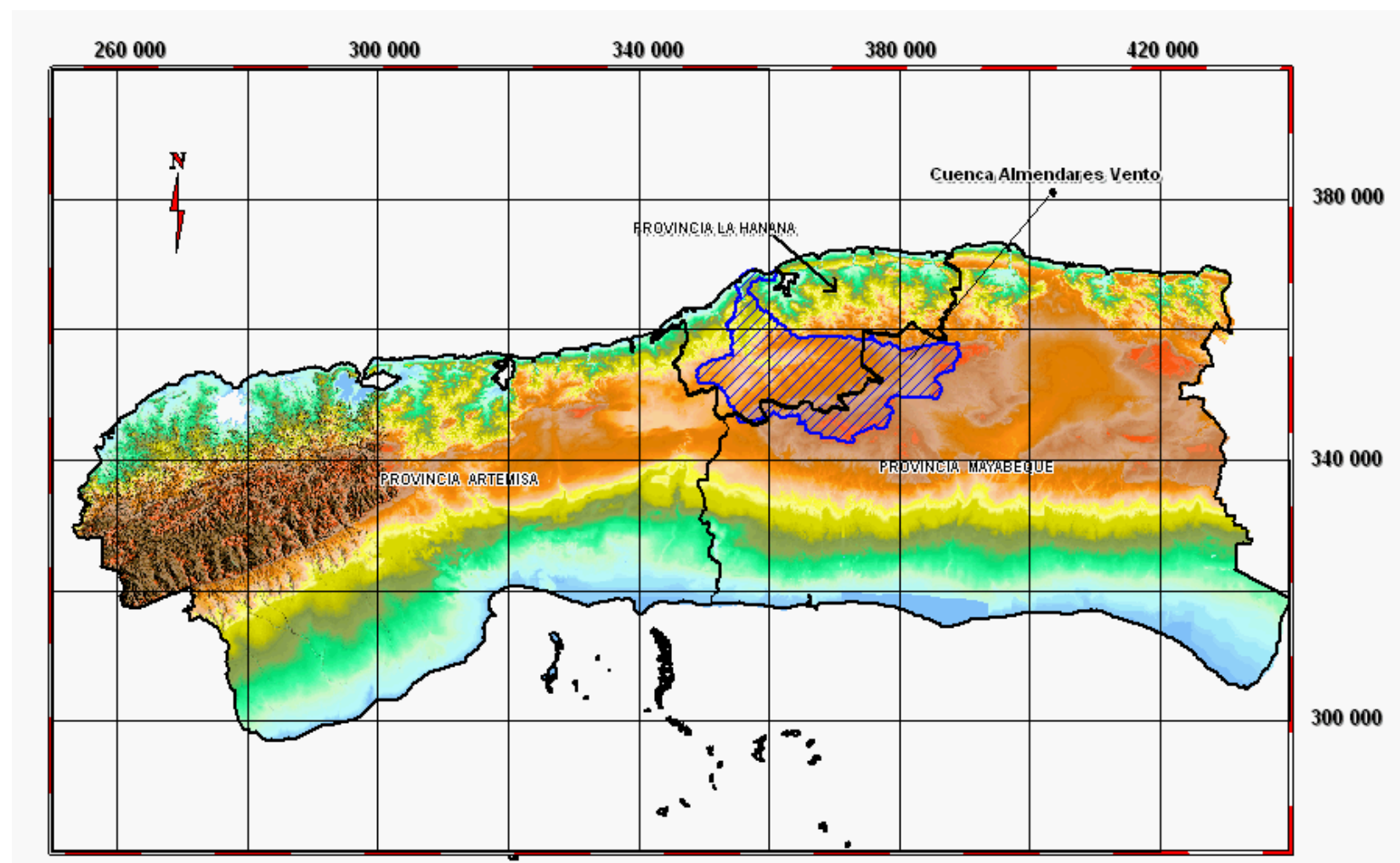


Figura 1.- Situación geográfica de la Cuenca Almendares – Vento en el marco geográfico de las provincias La Habana, Mayabeque y Artemisa

pendientes, los suelos otro importante componente de los recursos de la cuenca, fue objeto de estudio; la hidrografía fue otro de los aspectos tratados, un análisis interesante fue el realizado en relación con las fuentes contaminantes (FuC) agropecuarias y las fuentes de albañales domésticos y la dirección del flujo de las aguas subterráneas, este aspecto de indudable importancia para los decisores, puesto que el desarrollo indiscriminado de las FuC de naturaleza agropecuaria debido a la necesidad de aumentar las fuentes alimentarias ha dado al traste con la consiguiente contaminación de las aguas subterráneas, incluso sin percepción del daño ambiental que provocan las acciones de los propios productores.

Otros aspectos fueron estudiados como el proceso de asimilación socioeconómica en la cuenca, con detalle en los municipios que conforman la misma. Se realizó un análisis detallado de las principales FuC, con descripciones puntuales en más de 30 de ellas.

En el trabajo se confeccionaron más de 25 mapas temáticos entre los que están: precipitaciones, geología, geomorfológico, genético de suelos, erosión actual de los suelos y de los procesos degradativos de los mismos, uso de suelos, formaciones vegetales, ordenamiento de la red hidrográfica, áreas protegidas, principales FuC y los considerados como de riesgos y vulnerabilidad entre los que se encuentran las zonas susceptibles a las inundaciones por intensas lluvias, zonas más vulnerables a la contaminación por el escurrimiento superficial y el agrietamiento (Figura 2), así como por la infiltración cársica que hace vulnerable al acuífero subterráneo como se ha referido con anterioridad

(

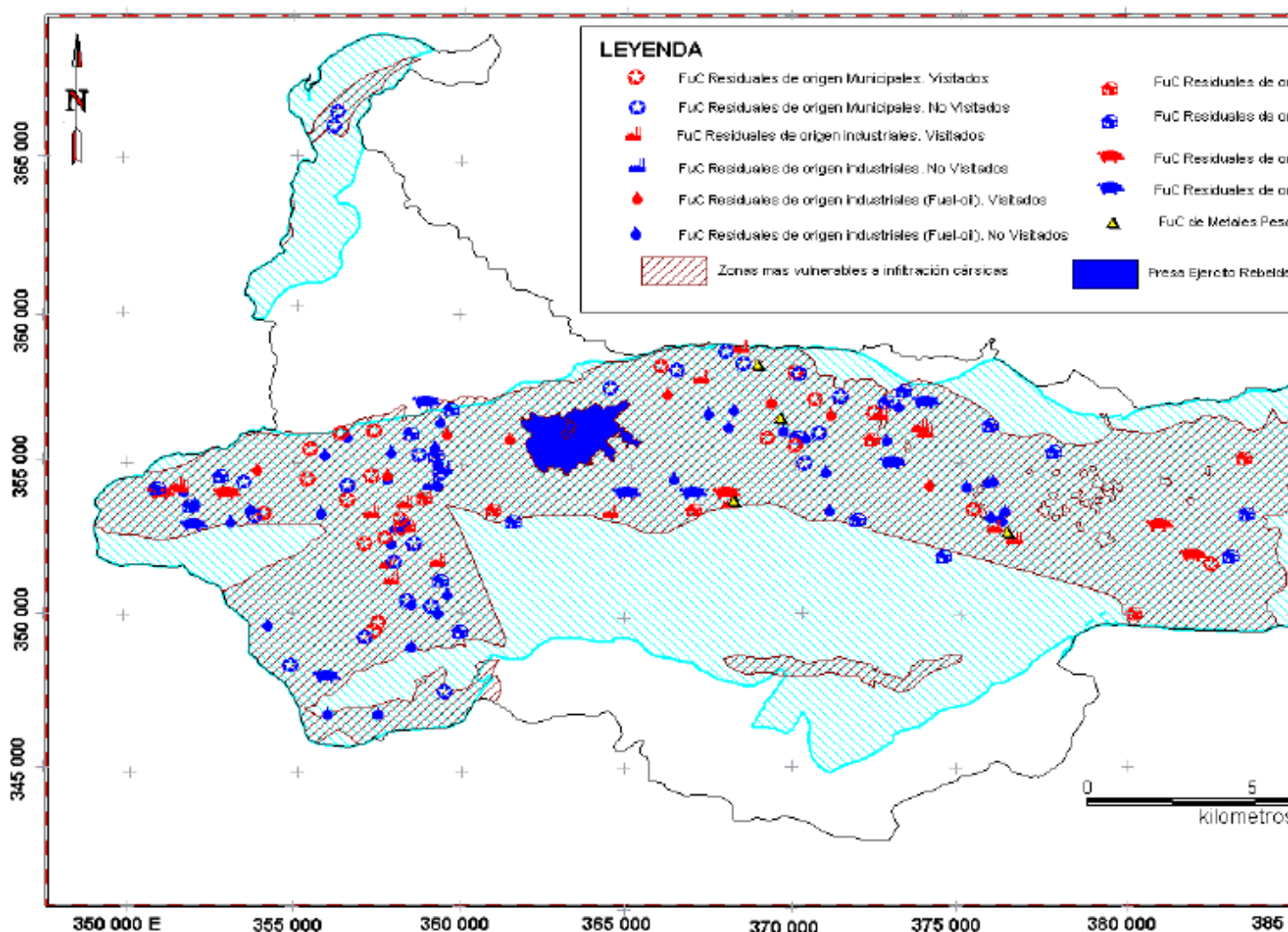


Figura 3).

En estos dos últimos aspectos se aplicó la novedosa técnica, antes descrita brevemente, de construir los patrones del flujo principal, describiendo de esta forma el escurrimiento superficial y así como las subcuencas que tributan hacia dichos flujos, lo que nos puede dar idea de hacia donde se dirigen las potenciales contaminaciones de las diferentes FuC, según el tipo de residual que generan. Para este análisis se separaron las FuC por el principal tipo de residual que están aportando, así está el caso de las FuC de tipo Industrial (incluyendo las de residuales de Fueloil y Diesel), en los mapas contruidos al efecto se pueden apreciar la combinación de las zonas más vulnerables al fenómeno que se está estudiando, con la determinación de los patrones de flujo de la contaminación que permite poder establecer una red de monitoreo ó para determinar los lugares donde poder realizar exámenes de contaminación y conocer que industrias son las que contaminan una determinada zona . De igual manera se pueden observar las zonas de las subcuencas que tributan a estas FuC y a las que hemos llamado subcuencas de contaminación (Figura 4).

En la presente investigación se incluyó un análisis de las FuC por vulnerables a la contaminación estimada para metales pesados, integrada a los patrones de flujos de escurrimiento superficial y las subcuencas de contaminación que fueron construidas aquí (Figura 5). En resumen como se ha visto la presente actualización se ha querido adicionar información en cuanto a las direcciones determinadas del escurrimiento superficial, de manera tal de obtener una posible explicación a las zonas estimadas

de alta y muy alta contaminación por metales pesados a partir del estudio de las direcciones de los flujos por escurrimiento superficial, lo que constituye otra novedad que ha tenido un buen impacto ambiental.

A manera de resumen la información cartográfica obtenida, permitió diseñar un Sistema de Información Geográfica, implementado en MapInfo Professional versión 9.0, que permitió la integración temática de todas las informaciones y materiales, junto a las investigaciones precedentes y los materiales de interpretación realizados, permitieron actualizar y enriquecer el conocimiento del medio ambiente en la cuenca, lo que permitirá a los decisores contar con una herramienta útil para el manejo integral de la misma.

Entre los principales resultados están la confección de un conjunto de mapas temáticos necesarios para valorar con la información de los trabajos de campo, el estado actual de los recursos de la cuenca, por otra parte se elaboró una serie de mapas de interpretación, donde se determinan las FuC en las zonas más vulnerables a la contaminación por escurrimiento superficial e infiltración cársica, así como un análisis de la contaminación de metales pesados y su relación con los patrones de flujos por escurrimiento superficial, así como FuC presentes en las zonas susceptibles a las inundaciones.

Se implementó en forma de Sistema de Información Multimedia



Figura 6), toda la información generada durante la presente investigación, donde se han conjugado documentos y los mapas temáticos y de interpretación correspondientes antes mencionados todos en CUARTA CONVENCION CUBANA DE CIENCIAS DE LA TIERRA, GEOCIENCIAS '2011. Memorias en CD-Rom, La Habana, 4 al 8 de abril de 2011. ISBN 978-959-7117-30-8

formato htm (web), con acceso a sus bases de datos, lo que facilita la consulta de los mapas, sin tener que acceder directamente al informe o al SIG, así como el acceso a la sección de Anexos Gráficos y el Anexo – Tabla, que incluye un resumen de las afectaciones y plan de medidas para mitigar la vulnerabilidad a las inundaciones en algunos sectores de la cuenca. También se puede acceder desde el menú de la multimedia a las fotos tomadas en las fuentes contaminantes, durante los recorridos, con algunos comentarios, así como a las fotos de manera independiente.

Con la actualización del Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Almendares - Vento, se realizó una caracterización del estado actual del medio ambiente de la cuenca, analizando los aspectos más relevantes, tanto de los componentes del medio físico natural, como los del medio socio-económico y sus interrelaciones, realizándose además, una valoración acerca de los principales problemas ambientales, que afectan a la cuencas. Un análisis más detallado sobre todos los aspectos del estado actual del medio ambiente en la Cuenca Almendares – Vento puede consultarse en Cuevas *et al.* (2008; 2009).

CONCLUSIONES

- La contaminación a la cuenca fluvial del río Almendares, ha sido uno de los problemas ambientales más preocupantes, siendo aún su situación sanitaria muy desfavorable debido a las descargas indiscriminadas de las aguas residuales de tipo industrial, doméstica, agropecuarias y municipales, que actualmente se vierten sin tratamiento o poseen un tratamiento deficientemente o por la insuficiencia de alcantarillado, de lagunas de oxidación, redes de drenaje en mal estado técnico y la poca existencia de plantas de tratamientos, lo que trae consigo serios problemas a los suelos y a la calidad de las aguas del acuífero subterráneo Vento.
- Existe también medidas de buenas prácticas de algunas de las industrias locales que han tenido en cuenta sus problemas de contaminación contemplado en sus planes de inversiones, otras han cambiado sus producciones o se han cerrado totalmente como ha sido el caso de la Fábrica de Helado Coppelía con su inversión capital, la antigua Fábrica de Asbesto-Cemento “Perdurit” que desde el 2006 cambió su línea de producción y actualmente es la Empresa Comercializadora y de Transporte del Grupo Perdurit y en el caso del Matadero de Aves de Altahabana (calle 100) está cerrado y hoy en día es el Centro de Aseguramiento del Ministerio de la Agricultura.
- Como resultado de los recorridos y visitas realizadas a diferentes fuentes contaminantes ubicadas en la cuenca, se pudo constatar de manera general, la falta de conciencia ambiental que existe tanto a nivel de directivos como de trabajadores, unido esto a la escasez de conocimientos generales sobre medio ambiente. Esta situación trae consigo la toma de malas decisiones y la realización de acciones que no respetan en lo más mínimo el medio ambiente.
- Aunque los recursos forestales no son aún suficientes en el área de la cuenca, en el presente no se cumplen con los planes de ordenamiento forestal en lo que respecta a las fajas hidrorreguladoras para los ríos y embalses, así como las plantaciones de especies que las mismas admiten, aunque por supuesto que ha habido medidas parciales que han contribuido al restablecimiento de los ecosistemas del Gran Parque Metropolitano de La Habana, con la reforestación de zonas hidrorreguladoras
- Uno de los principales problemas asociados a la erosión potencial en los suelos de la cuenca, puede decirse que se asocia a la inexistencia de buenas franjas hidrorreguladoras en las márgenes de ríos y arroyos tributarios a la corriente principal, así como en las márgenes de los embalses y micropresas ubicados dentro de la misma, además de la presencia de canteras abandonadas y áreas colinosas desnudas,

- Se han analizado cuales han sido las FuC que tributan sus residuales directamente hacia el acuífero subterráneo Vento y además cuales son los patrones de flujos de la contaminación superficial lo que permitirá poder establecer las direcciones de la misma, así como tener la herramienta para poder establecer en el caso de que sea necesario una red de monitoreo general o específico para la caracterización de los residuales y por otra parte poder ver qué zonas son las que pueden ser afectadas, y ver además cuales son las subcuencas de contaminación donde se agrupan un número determinado de FuC de diferentes tipos de residuales.
- En la presente actualización se ha adicionado información útil, en cuanto a las direcciones determinadas del escurrimiento superficial, de manera tal de obtener una posible explicación a las zonas estimadas de alta y muy alta contaminación por metales pesados a partir del estudio de las direcciones de los flujos por escurrimiento superficial.
- Se han determinado aquellas FuC que se encuentran situadas en las distintas zonas de peligro ser inundadas, de manera tal que los decisores, puedan tomar medidas para mitigar cualquier incidencia de este fenómeno, además de presentar un análisis detallado de las afectaciones y las medidas que se han propuesto para mitigar o disminuir la vulnerabilidad al fenómeno de las inundaciones.

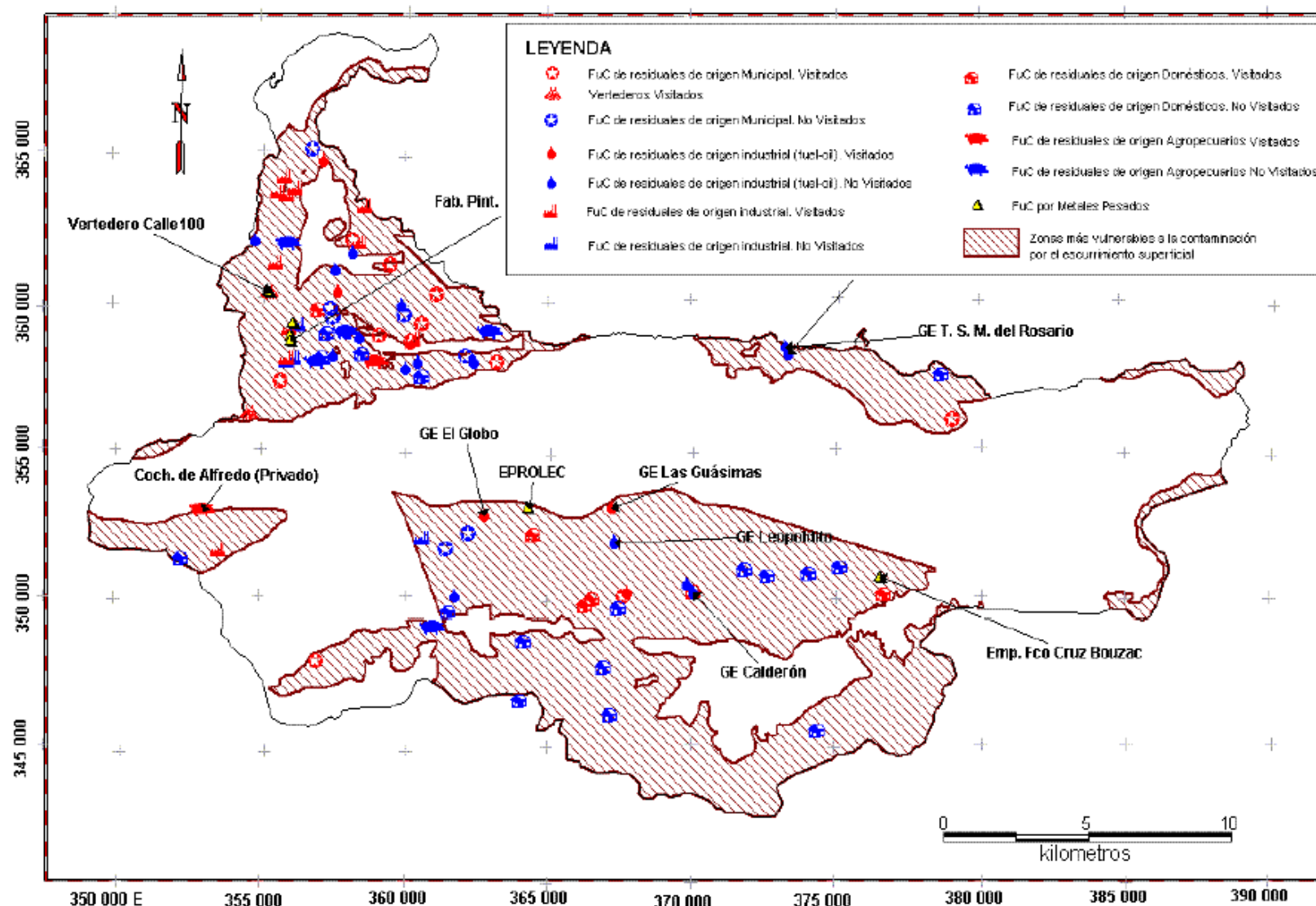
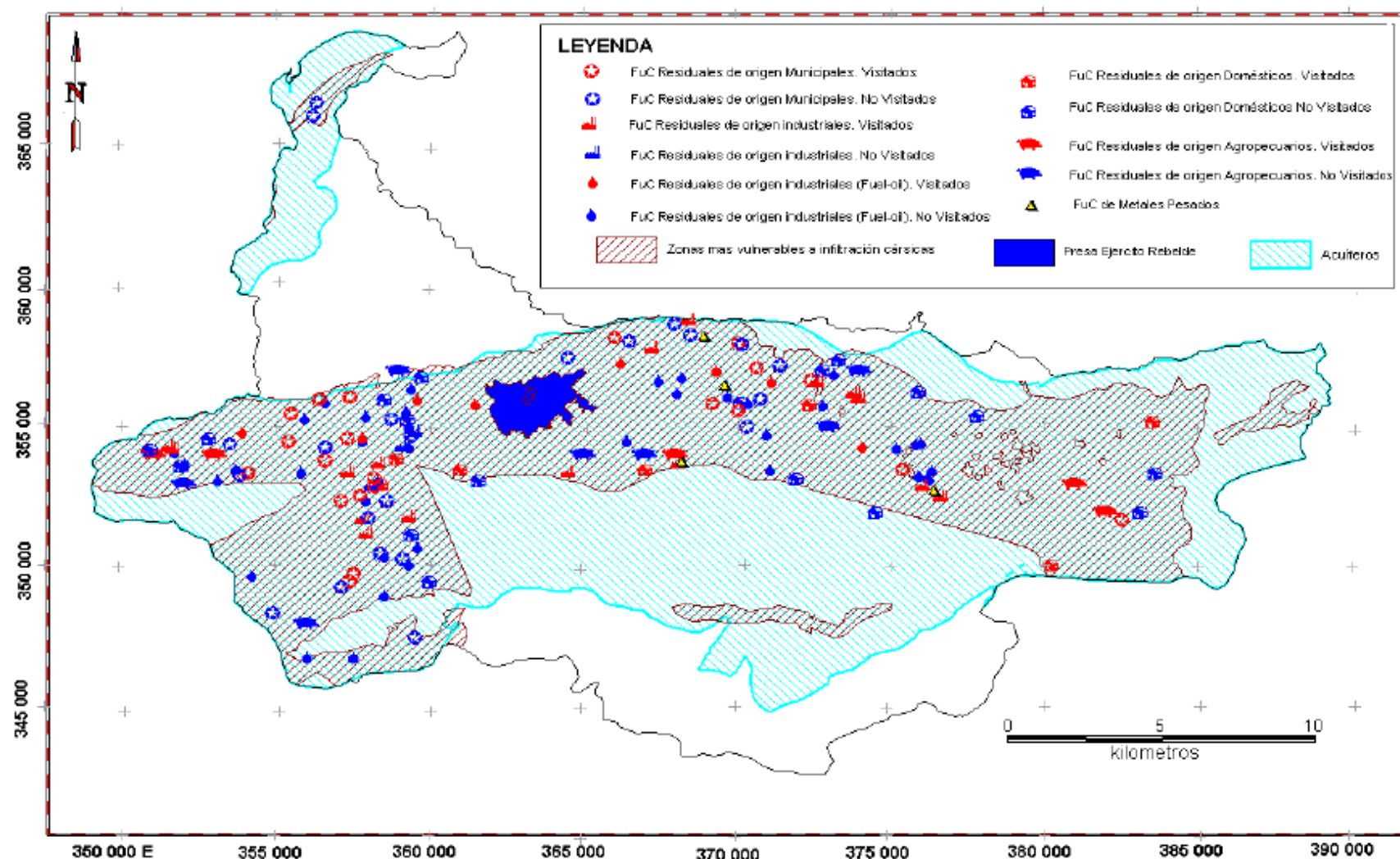


Figura 2.- Mapa de zonas más vulnerables a la contaminación por escurrimiento superficial y las FuC



gura 3.-Mapa de zonas más vulnerables a la contaminación por absorción cársica y las FuC

Fi

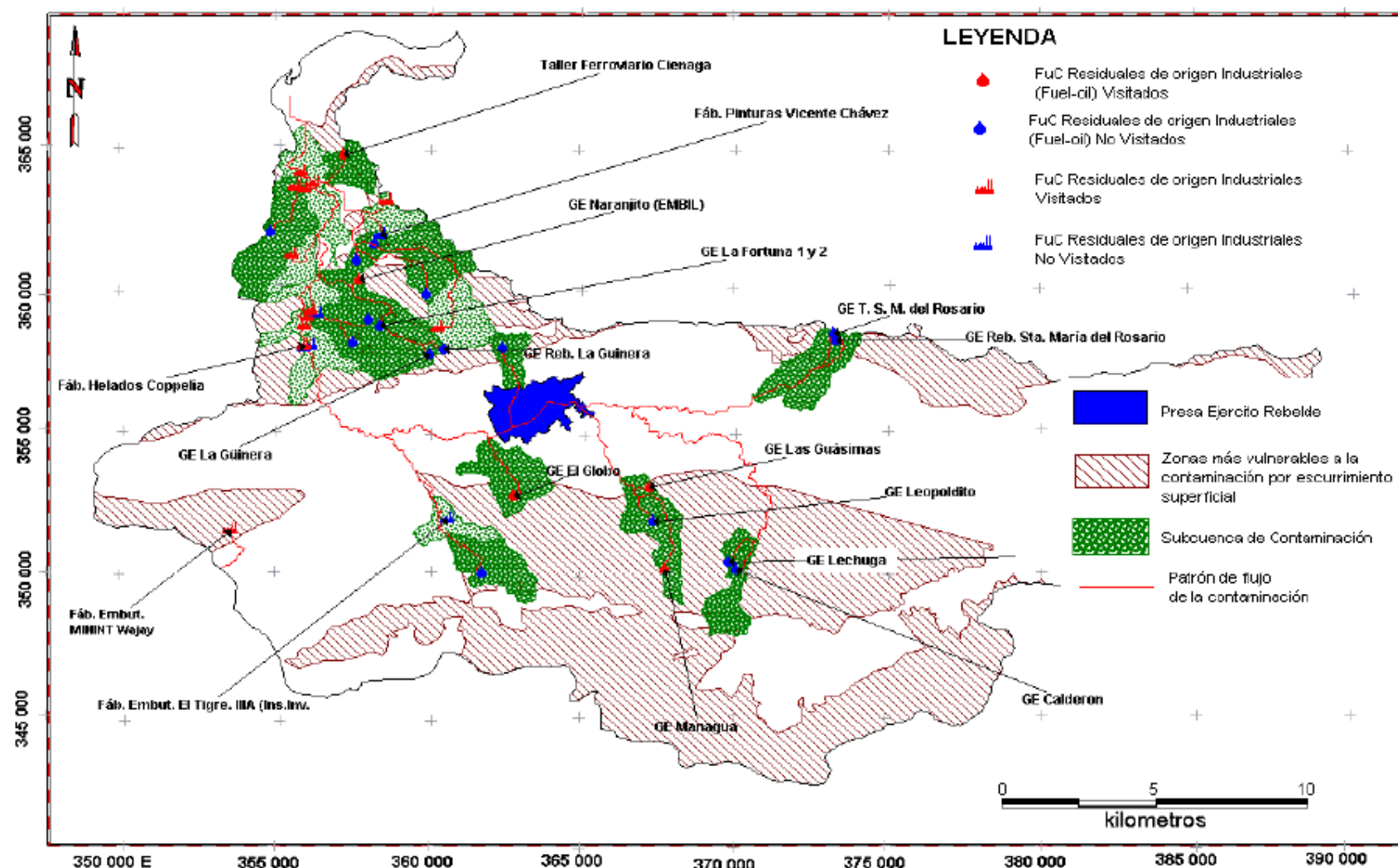


Figura 4.- Mapa de zonas más vulnerables a la contaminación por escurrimiento superficial, integrado a los patrones de flujo y subcuencas de contaminación de las FuC de tipo industrial

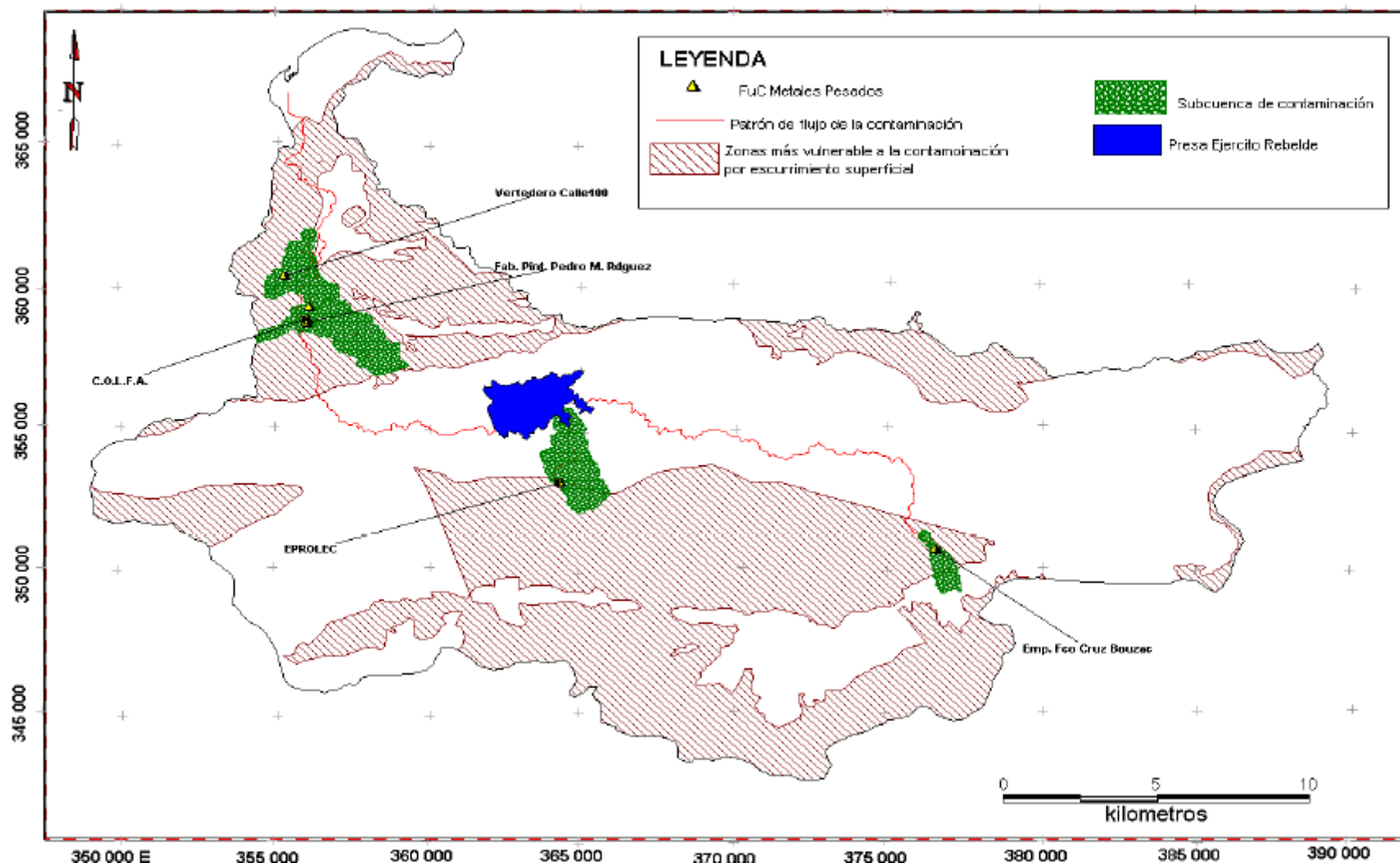


Figura 5.- Mapa de zonas más vulnerables a la contaminación por escurrimiento superficial, integrado a los patrones de flujo y subcuencas de contaminación de las FuC de metales pesados



Figura 6.- Vista principal del sistema multimedia AD Almendares – Vento v3.0

REFERENCIAS

- Campos, M., M. Guerra, J. Olivera, B. Gutiérrez, E. Jaimez, J. F. Alcaide, I. Guerra y otros, 2004. Caracterización geólogo ambiental de las provincias habaneras [Inf. Result. Parc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Colección Proy. Ram. Evaluación geólogo ambiental de las provincias habaneras [cód. 30302], 121 pp.
- , M. Guerra, J. Olivera, E. Jaimez, B. Gutiérrez, J. F. Alcaide, E. Pacheco y otros, 2007a. Análisis geológico - ambiental de las provincias habaneras, República de Cuba. En Memorias del Congreso Internacional sobre Desarrollo, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Cochabamba, Bolivia, 11-13 Jul., pp. <http://www.congresoiuc.umss.edu.bo/en/media/rabstract/78>
- , M. Guerra, J. Olivera, E. Jaimez, B. Gutiérrez, J. F. Alcaide, E. Pacheco y otros, 2007b. Evaluación geólogo ambiental de las provincias habaneras [Inf. Result. Final]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, 120 pp.
- Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, 2006. Metodología simplificada para el diagnóstico y la gestión en las cuencas hidrográficas, Arch INRH, La Habana, 25 pp.
- Correa, G. y otros, 1998. Diagnóstico Ambiental Integral del Municipio Arroyo Naranjo [Inf. Cient. Téc.]. Arch. Inst. Geol y Paleont., CNIG, La Habana, pp.
- Cuevas, J. L., B. Gutiérrez, B. Polo, E. Jaimez, M. Núñez, I. Guerra, M. G. Valdés y otros, 2008. Actualización del Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Almendares - Vento, 2008 [Inf. Cient. Téc.]. Div. Amb., Gamma Tecn. y M. Amb., La Habana, 239 pp. (+ 27 Anex. Gráf., 29 p y 1 Anex. Tabla, 14 pp.).
- , B. Gutiérrez, B. Polo, E. Jaimez, M. Núñez, I. Guerra, M. G. Valdés y otros, 2009. Actualización del Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Almendares - Vento, 2008 : Una Aproximación al Estado Actual del Medio Ambiente. SIG y Multimedia [CD-ROM], v1.0, La Habana. Imst. Geof. y Astron. Colección SCT Actualización Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Almendares - Vento, 2008.
- Díaz, L. A., M. J. Fundora, B. E. González, J. A. García-Peláez, I. I. Pedroso, T. Torres, M. Serrano y otros, 2000. Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos Geológicos en el Municipio San José de Las Lajas [Inf. Result.]. La Habana, Proy. Elaboración y Validación de una Metodología para la Estimación de Riesgos Geológicos en el Municipio San José de las Lajas, 35 pp. (+ 18 Anex. Gráf.).
- Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, 1984. Mapa de Suelos de la provincia de Pinar del Río, a escala 1:25 000. 1:25 000. Inst. Cubano Geod. y Cartografía, La Habana.
- Fundora, M., I. Pedroso, L. Díaz y otros, 2003. Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos Geofísicos, Geológicos y Tecnológicos del Municipio Capitalino Playa [Inf. Cient. Téc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Colección Programa Ramal AMA, 106 pp.
- García, A. E., B. L. Miravet, J. Olivera, M. Campos, V. Campos, E. Jaimez, M. Guerra y otros, 2007. Sistema Multimedia: Mapas de Inundaciones Históricas y Probables ante Intensas Lluvias y Sistema de Información para las Cuencas Vento - Almendares, Quibú y Jaimanitas. La Habana. Inst. Geof. y Astron. Colección Proy. Ram. Identificación y zonación de peligros por inundaciones ante intensas lluvias de las principales corrientes fluviales en áreas comprendidas en las cuencas Vento - Almendares, Quibú - Jaimanitas.
- , J. Olivera, E. Jaimez, B. L. Miravet, M. Núñez, M. Campos y M. G. Valdés, 2008. Sistema Multimedia Inundaciones Cuencas: Almendares, Quibú y Jaimanitas. La Habana. Inst. Geof. y Astron.
- García, D. y otros, 2001. Generalización y Actualización de la Región Habana-Matanzas [Inf. Proy.]. Inst. Geol y Paleont., La Habana, pp.
- Google Earth, 2008. Fotos satelitales de la Cuenca Almendares - Vento, Google Earth,
- Hernández, I., A. G. Pérez, E. Jaimez, M. Guerra, M. Campos, J. Pajón, J. Olivera y otros, 2004. Evaluación Ambiental del Municipio Marianao [Inf. Result. Final]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, 36 pp.
- IGP, 1999. Estudios geoambientales de los municipios Arroyo Naranjo, Regla, Habana del Este, Cotorro, San Miguel del Padrón y Boyeros [Inf. Cient. Téc.]. Arch. IGP, La Habana, 400 pp.
- INRH, 2007. Base de Datos del Inventario de las Fuentes Contaminantes en la Cuenca Almendares [CD-ROM]. La Habana, Edit. INRH, Actualización Anual. Nomb. Fichero: Focos Contaminantes (fuente INRH).xls
- Instituto de Suelos, 1999. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, Inst. Suelos, La Habana, AGRINFOR, 64 pp.
- Miravet, B. L., 2001. Diagnóstico Ambiental del Municipio Bejucal [Inf. Result. Final]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, 21 pp.
- Miravet, B. L., A. E. García, E. Jaimez, M. Campos, E. Rocamora, M. Guerra, B. González y otros, 2007a. Diagnóstico Ambiental del Municipio Plaza de la Revolución. Memorias GEOCIENCIAS'2007 (II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra - VII Congreso Cubano de Geología). La Habana, Soc. Cub. Geol.,

- Miravet, B. L., A. E. García, E. Jaimez, M. Campos, E. Rocamora, M. Guerra, B. E. González y otros, 2007b. Diagnóstico ambiental del Municipio Habana Vieja. [CD-ROM]. Memorias GEOCIENCIAS'2007 (II Convención Cubana de Ciencias de la Tierra – VII Congreso Cubano de Geología), La Habana, 20-23 Mar., Soc. Cub. Geol., pp. GEOINF1-P1: 9 ISBN 978-959-7117-16-2.
- Miravet, B. L., A. E. García, J. Olivera, E. Jaimez, M. Campos, M. Núñez y M. G. Valdés, 2008. Plan de Medidas para enfrentar la reducción y/o eliminación de los peligros identificados [Inf. Result. Parc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Colección Proy. Ram. Identificación y zonación de peligros por inundaciones ante intensas lluvias de las principales corrientes fluviales en áreas comprendidas en las cuencas Vento - Almendares, Quibú - Jaimanitas, 40 pp.
- Molerio, L., M. Pin y M. Guerra, 2003. Diseño de la Red de Monitoreo en las Aguas Subterráneas de la Cuenca de Vento [Inf. Cient. Téc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Cuba, 53 pp.
- Núñez-Jiménez, A. y N. Viña-Bayés, 1998. La Cuenca del Río Almendares. El Parque Metropolitano de la Habana. Sevilla, España, Ed. Diputación de Sevilla ISBN 959-230-026-7, 113 pp.
- Olivera, J., A. E. García, E. Jaimez, B. L. Miravet y M. Nuñez, 2008. Una aplicación SIG como herramienta para la determinación de las zonas susceptibles y el cálculo del peligro por inundaciones ante intensas lluvias. Caso de estudio Cuenca Almendares - Vento [Inf. Result. Parc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Colección Proy. Ram. Identificación y zonación de peligros por inundaciones ante intensas lluvias de las principales corrientes fluviales en áreas comprendidas en las cuencas Vento - Almendares, Quibú - Jaimanitas, 35 pp.
- Pedroso, I. I., M. Fundora, E. Jaimez, M. Guerra, I. González, J. Gandarilla, B. Gutiérrez y otros, 2005a. Cartografía magnética para el monitoreo de la contaminación por metales pesados. Aplicación en sectores de la cuenca del río Almendares [Inf. Result. Final]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, 109 pp.
- Pedroso, I. I., M. J. Fundora, E. Jaimez, I. González y J. Gandarilla, 2005b. Zonación de la Contaminación de los Suelos por Metales Pesados en sectores de la Cuenca del Río Almendares según la Cartografía Magnética [Inf. Result. Parcial]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Proy. Ramal Cartografía magnética para el monitoreo de la contaminación por metales pesados. Aplicación en la Cuenca del río Almendares, 16 pp.
- Pedroso, I. I., M. J. Fundora, E. Jaimez, M. Guerra, I. González, B. Pérez, I. Guerra y otros, 2004. Diagnóstico Ambiental para evaluación de áreas potenciales de contaminación por metal pesado en la Cuenca del Río Almendares [Inf. Result. Parc.]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, Colección Proy. Cartografía Magnética para el monitoreo de la contaminación por metales pesados. Aplicación en la Cuenca del Río Almendares, 86 pp.
- Pedroso, I. I., M. J. Fundora, E. Jaimez, M. Guerra, I. González, B. Pérez, R. Rossi y otros, 2007. Resumen del diagnóstico de la cuenca Almendares-Vento. Cuadernos del Almendares, 1(1): 9-31.
- Valdés, M. G., E. Jaimez, J. Olivera, M. Guerra, I. I. Pedroso, E. Pacheco, I. Guerra y otros, 2003. Evaluación Ambiental del Municipio Cerro [Inf. Result. Final]. Inst. Geof. y Astron., La Habana, 21 pp.
- Valdés, M. G., J. Olivera, E. Jaimez, M. Guerra, I. Guerra, J. Villariño, J. De-Huelbes y otros, 2004. Diagnóstico Ambiental del Municipio Diez de Octubre [Inf. Result. Final]. La Habana, 123 pp.