

**Diagnóstico ambiental de la cuenca San Juan-Bayate, como  
premisa para su manejo integral**

**Lic. Luis Manuel Viera Sanfiel  
Dr. Juan Manuel Fernández Lorenzo  
Dra. Nancy Pérez Rodríguez**

**Facultad de Geografía  
[nan@geo.uh.cu](mailto:nan@geo.uh.cu)**

## INTRODUCCION

“Desde la época del surgimiento del hombre, el desarrollo social, al actuar sobre los recursos naturales ha interferido de forma sistemática y acelerada en el intercambio normal de sustancias y energía del medio natural, causando la alteración del mismo...” (Isachenko; en Del Risco, Y.; 1999).

El deterioro de las condiciones ambientales en áreas del territorio nacional, constituye un hecho palpable por todos sus habitantes. Tratar de poner fin a este fenómeno es un asunto que atañe tanto a la comunidad científica como a las instancias gubernamentales y sociedad en general; demostrándose cada día más, que la mejor forma de lograrlo es la de evitar nuevas acciones degradantes, para conservar las buenas condiciones ambientales donde existan y tratar de recuperar o restaurar lo dañado en la medida que sea posible. Resulta necesario, para el logro de estos objetivos, que se adquiera un pleno conocimiento de las condiciones del área objeto de la acción, por lo que se requiere de un profundo estudio de todos sus componentes, así como del proceso histórico que ha incidido en el predominio de las condiciones actuales.

Un aspecto que resulta importante a la hora de acometer estudios ambientales, radica en la elección del marco de acción; en este sentido es notable el aumento de la importancia que ha adquirido la elección de la cuenca hidrográfica superficial como unidad básica para la realización de los mismos, debido a que constituye un área con límites naturales bien definidos, con funcionamiento sistémico, dentro de la cual ocurre una interrelación de dependencia entre todos sus componentes; permitiendo una interpretación eficaz de la situación ambiental existente, así como la determinación de las posibles causas que le dieron origen.

Para poder iniciar un proceso de manejo integral en una cuenca hidrográfica superficial, es de vital importancia y premisa fundamental, el conocer con la mayor profundidad posible, las condiciones ambientales imperantes en el momento de acometer la planificación de las acciones a ejecutar en la misma y en este sentido, el diagnóstico de dichas condiciones constituye una tarea indispensable, pero primeramente hay que ejecutar una fase de inventario.

Concluida la obtención de información mediante los inventarios, se pasa a la etapa de evaluación, la que según Dourojeanni, A.; 2000 "... es el resultado de un proceso de comparación entre un patrón de referencia adoptado como modelo (por los habitantes, por los técnicos o por ambos) y la situación existente en un tiempo o tiempos determinados". Esta etapa, coincidiendo con lo planteado por González, I.; 1995, tiene como objetivo final el de brindar una visión del estado actual de los componentes del medio natural y socio-económico, debiéndose caracterizar por la profundidad e integralidad en el análisis de los aspectos tanto negativos como positivos que se detecten, principalmente en el estado de los recursos suelo, agua, flora y fauna como renovables, algunos no renovables si el objetivo de la investigación lo requiere y además los aspectos correspondientes al medio sociocultural y económico.

Posteriormente, y partiendo de los resultados de la evaluación se emite el diagnóstico, el cual presupone "... una interpretación de las causas que originaron la desviación entre el patrón de referencia y la situación existente. El diagnóstico también puede incluir una proyección para un horizonte de tiempo, definido previamente, de las tendencias de la evolución de la situación existente". (Dourojeanni, A.; 2000).

El presente trabajo aborda la problemática relativa a la cuenca San Juan-Bayate, ubicada en la vertiente sur oriental de la provincia Pinar del Río la cual, a pesar de no estar incluida dentro de las 34 cuencas priorizadas por las instancias del gobierno, posee una serie de particularidades y condiciones que la hacen meritoria de especial atención, dentro de las que sobresalen entre otras; la inclusión de su parte alta dentro de la reserva de la biosfera "Sierra del Rosario", en la cual se llevan a cabo planes de desarrollo sustentable basados en la explotación turística y forestal; la existencia de obras hidrotécnicas que han incidido negativamente en el estado de las condiciones ambientales en áreas ubicadas aguas abajo de las mismas, además de la situación que representa la división de gran parte de su área por el límite provincial entre Pinar del Río y La Habana, lo cual ha conllevado a la falta de atención hacia algunas zonas desde el punto de vista administrativo e investigativo, por parte de las entidades pertinentes.

La gran mayoría de los trabajos consultados sobre el tema de estudios ambientales en cuencas hidrográficas, no abordan con el mismo grado de importancia todos los componentes que la

forman, dando en este sentido, un mayor peso a los aspectos físico geográficos o a los socioeconómicos, u obviando uno de ellos según sea el caso. Por otra parte, los antecedentes, con los que se pudo contar, sobre trabajos investigativos realizados en la cuenca San Juan-Bayate, consisten en estudios parciales sobre un área específica, como los realizados en la reserva de la biosfera “Sierra del Rosario”, los cuales no incluyen el enfoque de cuenca; o los realizados a raíz del proyecto de construcción de la presa Bayate II, en la que se estudiaron algunos componentes del medio natural como la geología, el relieve y la hidrografía.

En tal sentido, el trabajo aborda las diversas tareas con un sentido holístico y sistémico; teniendo como principal intención, brindar un cúmulo de información que pueda ser utilizada como punto de partida para la toma de decisiones y la elaboración de un plan de manejo integral para esta cuenca, el cual permita solucionar los problemas ambientales presentes en la actualidad y garantice el gradual mejoramiento de las condiciones de vida para sus habitantes, basado en un desarrollo socioeconómico ambientalmente sostenible.

Por lo que bajo el enfoque integrador, propio de la dimensión ambiental, este trabajo se apoyó fundamentalmente en los métodos investigativos del manejo integral de cuencas hidrográficas, de forma tal que quedaran estudiados con la misma profundidad la mayor cantidad de componentes posible, en relación con la disponibilidad de información, permitiendo el análisis del producto de su interrelación; lo cual resulta en cierto grado novedoso, con respecto a la forma de acometer dichos estudios.

Teniendo en cuenta la información preliminar, sobre algunas particularidades de esta cuenca, el presente trabajo se planteó como **hipótesis de investigación** lo siguiente: *“A partir del inventario y evaluación de los componentes físico geográficos y socioeconómicos de la cuenca San Juan-Bayate, es posible lograr, con alto grado de integración, la identificación y evaluación de sus principales unidades ambientales, a fin de emitir el diagnóstico ambiental de la misma, como base para el establecimiento de una propuesta de manejo integral.”*

Como **objetivo general** se estableció:

*Realizar el diagnóstico ambiental de la cuenca San Juan-Bayate identificando los principales problemas ambientales presentes en la misma.*

### **Procedimiento Metodológico.**

Como establecen los diferentes postulados metodológicos relacionados con el tema del Diagnóstico ambiental y en particular en una cuenca hidrográfica, un primer paso lo constituye el inventario de los componentes ambientales, con posterioridad pasar a la fase de evaluación. Una vez realizado el inventario de la cuenca, el que no aparece recogido en este artículo, se procedió a pasar a la etapa de evaluación, para lo cual se realizó la selección de los componentes o variables objeto de evaluación así como los indicadores e índices, mediante los cuales se desarrollaría esta tarea; de forma tal que resultaran los más representativos de las condiciones ambientales de la cuenca de estudio y a la vez permitiesen el establecimiento de diferencias espaciales al respecto.

A los efectos fueron seleccionados entre los componentes del medio natural, en primer lugar el suelo, cuyo estado fue evaluado a partir de la relación capacidad de uso-uso actual así como la incidencia y carácter de procesos negativos; para la realización del primer análisis, se valoraron las siguientes metodologías: esquema de evaluación de tierras de la FAO (1976), la del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1965) y la propuesta para la clasificación de tierras por capacidad de uso, de la República de Guatemala, 1995; seleccionándose esta última por ajustarse a las características de la información disponible y a los objetivos del presente estudio.

Dicha metodología se basa en la utilización de los datos relativos a la profundidad efectiva del suelo y la pendiente del terreno, como variables determinantes de la capacidad de uso y se adicionan los de pedregosidad y el drenaje, como factores que en forma temporal o permanente, pueden modificar dicha capacidad; de la comparación de los resultados de este análisis con la información de uso actual de la tierra en la cuenca de estudio, se clasificaron las diferentes unidades según las categorías sub-utilizado, con uso óptimo o sobre-utilizado, según sea el caso.

Los procesos negativos tomados en cuenta fueron los siguientes: pérdida de capacidad agrícola, inundaciones periódicas, erosión entre débil y media, erosión fuerte a muy fuerte, compactación y contaminación potencial. La combinación del resultado de la evaluación capacidad de uso-uso actual, con la situación presentada por las diferentes unidades de suelo, dio lugar finalmente, a la evaluación del estado de los suelos de la cuenca.

El segundo componente, constituido por los recursos hídricos (superficiales y subterráneos), fue evaluado fundamentalmente, sobre la base de su calidad en las diferentes partes de la cuenca, ya que, aunque se pretendía abordar aspectos relacionados con la disponibilidad del recurso para diferentes usos, la información obtenida resultó insuficiente para estos fines, no obstante, se muestran de modo cualitativo algunas valoraciones sobre la situación que al respecto se presenta en el área de estudio.

Como tercer componente, fue seleccionada la vegetación, evaluada a través de las características y estado actual de la cobertura vegetal presente en cada parte de la cuenca; se debe aclarar que en cuanto al estado de la vegetación, solo fue posible obtener la información correspondiente a los bosques presentes en la parte alta de la cuenca, por lo que este indicador solo se desarrolló con carácter ilustrativo, no siendo utilizado en el posterior proceso de diferenciación y evaluación de las unidades ambientales de la cuenca.

Los componentes del medio socio-económico se dividieron, al igual que en la fase de inventarios, en aspectos sociales y económicos; dentro de los primeros, se evaluó el sistema de asentamientos de la cuenca, mediante los indicadores: tipología y estado de la vivienda, servicios básicos a la población (solución de residuales líquidos, recogida de desechos sólidos, servicios médicos, comercio y servicio de transporte público), estado de las vías internas, distancia a la cabecera municipal, presencia de contaminación hídrica así como el riesgo de inundación por rotura de la presa Bayate II, a partir de la información recogida en la fase de inventarios.

La metodología empleada, retomó los procedimientos utilizados en trabajos realizados con anterioridad, en los que se aborda el tema de la evaluación de componentes socio-económicos, (Pérez, N.; 1995 y Font, M.; 2002), citados en las referencias; los cuales consisten en asignarle a

cada indicador un valor, denominado índice de contribución arbitrario, "...el que ofrece un comportamiento lógico, a pesar de no tener un fundamento matemático."(Pérez, N.; 1995). En este sentido le fue asignado un valor entre 1 y 4 a las diferentes categorías que describen las características o estado de los indicadores utilizados durante la evaluación, ver tablas 2 y 3 del anexo 3, asumiendo el mínimo para lo mejor y el máximo para lo peor; en el caso de las variables dicotómicas (sí o no), solo se utilizan los valores extremos según sea el caso, posteriormente se realizó la sumatoria de los valores asignados, para cada asentamiento, cuyo resultado se valoró de acuerdo a los rangos definidos para la evaluación socio-ambiental (favorable, medianamente favorable, desfavorable y muy desfavorable).

La evaluación de los indicadores referentes a los aspectos demográficos de la cuenca no fue posible debido a la falta de calidad en la información obtenida durante el inventario.

Para la evaluación de los aspectos económicos, se valoraron las particularidades de las diferentes actividades económicas desarrolladas en el área de la cuenca, principalmente en cuanto a la influencia que cada una ejerce sobre el medio físico y social de la cuenca; entre los indicadores utilizados se encuentran, el tipo de fuente de abasto del agua empleada, características de las técnicas aplicadas y procedencia de la fuerza laboral.

Además de estos aspectos se realizó una valoración crítica de la situación político-administrativa de la cuenca de estudio, teniendo en cuenta las consecuencias negativas resultantes de la actual división provincial y municipal a que está sujeta.

En un tercer momento, y tomando como base los tres sectores o unidades de primer orden definidos durante la fase de inventario (S-I, S-II y S-III), se procedió a la diferenciación de sus respectivas áreas en unidades ambientales de orden inferior, mediante la utilización de otros criterios, cuya elección se basó en la importancia de los mismos en la determinación de las condiciones ambientales del área, teniendo en cuenta las características específicas de la cuenca de estudio, así como la disponibilidad de información; en tal sentido fueron utilizados, el uso de la tierra y la cobertura vegetal, como segundo y tercer criterio de diferenciación.

Posteriormente fueron utilizados cuatro criterios diferenciadores, que a la vez sirvieron para evaluar el estado de las diferentes unidades ambientales resultantes, estos fueron, por orden de utilización, el estado de los suelos, cuyos índices de contribución se corresponden con los resultados de la evaluación de este componente; el riesgo de inundación por rotura de la presa, cuyos límites espaciales responden a los cálculos realizados por la Delegación Provincial del INRH de Pinar del Río, los cuales pudieran guardar relación con las áreas de mayor probabilidad de inundación en el sector S-III, ante la incidencia de eventos lluviosos extremos; además de dos criterios relacionados con el medio social de la cuenca, como la existencia o no de asentamientos poblacionales concentrados, asumiendo en caso de su existencia el índice de contribución resultante de la evaluación del estado socio-ambiental del mismo; y la existencia de población dispersa, cuyo índice de contribución (3), constituye una expresión generalizada de las condiciones de vida de dicha población, en la cuenca de estudio, la cual se asume como desfavorable debido, entre otras, a las condiciones de habitabilidad de sus viviendas, la carencia de suministro de agua potable, precariedad del sistema de solución de residuales y el déficit de servicios básicos, lo cual contribuye a que la relación de dicha población con el medio circundante posea un carácter degradante.

El hecho de no utilizar criterios relacionados con el componente hidrológico en el proceso de diferenciación ambiental anteriormente descrito, responde a la ausencia de información suficiente que permitiera dar una valoración espacial satisfactoria acerca de su comportamiento, no obstante se optó por agregar al mapa final de unidades ambientales de la cuenca el resultado de la evaluación del estado de los recursos hídricos en diferentes tramos de la red fluvial realizado a partir de la información de calidad de las aguas y la ubicación de las fuentes contaminantes, lo cual, a los efectos del presente estudio se asumieron como unidades ambientales independientes, con expresión lineal como característica particular.

En tal sentido fueron definidas tres categorías para las corrientes superficiales, de acuerdo con el grado de contaminación que poseen los diferentes tramos, cuya diferenciación se basó fundamentalmente en un criterio cualitativo, ya que desde el punto de vista cuantitativo, la información recopilada no resultó suficiente; las mismas se relacionan con las corrientes de aguas superficiales no contaminadas, las contaminadas y las altamente contaminadas; situaciones que

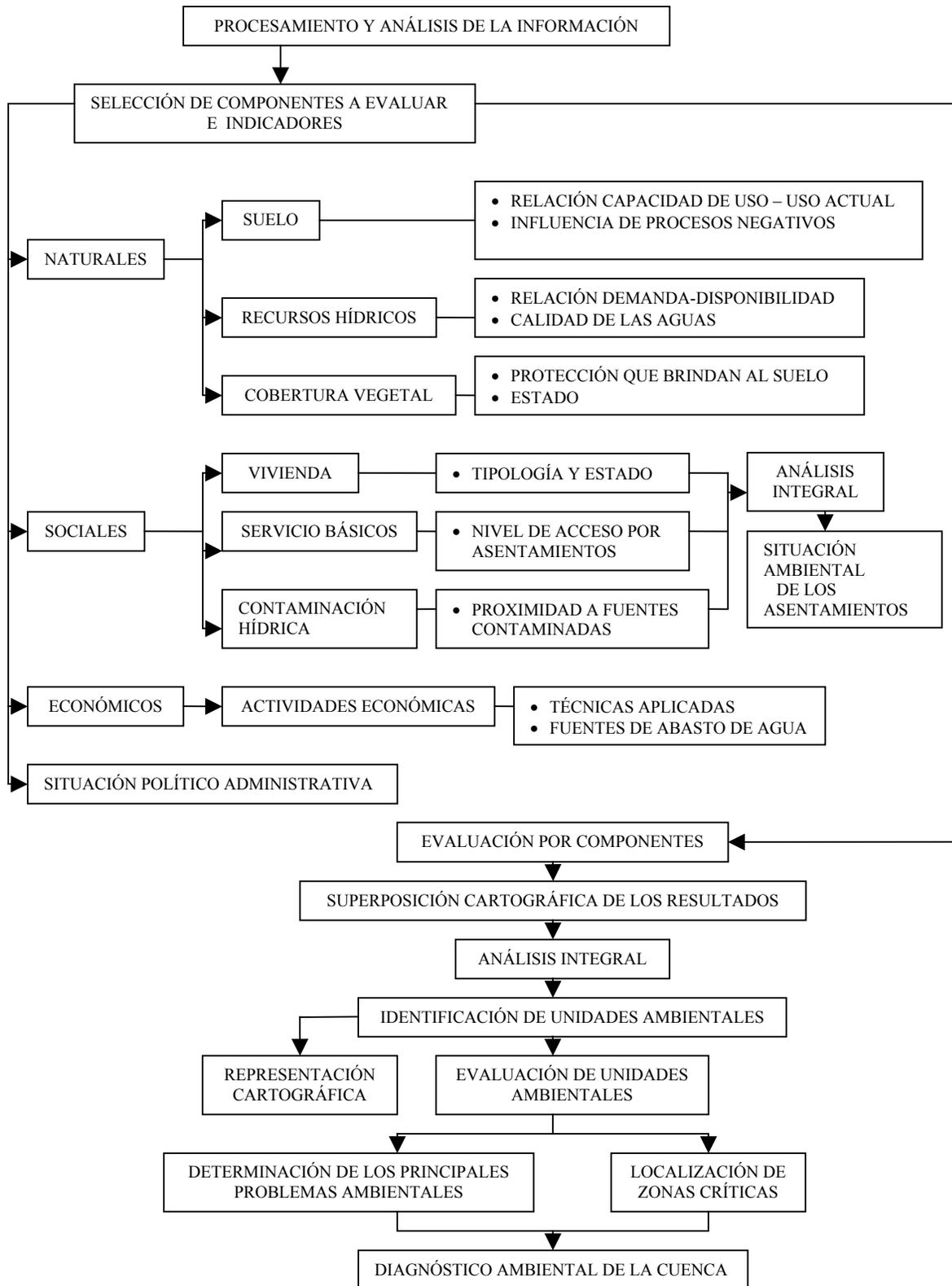
fueron evaluadas como favorable, desfavorable y muy desfavorable respectivamente.

Además de las corrientes superficiales, se definieron como unidades independientes, la presa Bayate II y la ciénaga ubicada al norte del núcleo urbano Candelaria, las cuales, a pesar de tener un comportamiento areal, presentan características específicas desde el punto de vista ambiental, confiriéndoles particular importancia.

Una vez diferenciadas, se procedió a la evaluación del estado ambiental de cada unidad, analizando para cada caso los valores resultantes de la sumatoria de los índices de contribución, correspondientes a las variables de los indicadores utilizados con esta finalidad, dicho valor quedó ubicado dentro de uno de los rangos definidos para describir el estado ambiental de las diferentes unidades: favorable, poco favorable, desfavorable o muy desfavorable.

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación de las unidades ambientales se elaboró el diagnóstico ambiental de la cuenca de estudio, sobre la base de las tres unidades de primer orden o sectores; esta tarea se llevó a cabo a modo de síntesis generalizada de la situación ambiental existente, resaltando los principales problemas ambientales presentes en sus respectivas áreas y que afectan o pudieran afectar las condiciones de la cuenca en general, además de enunciar las posibles causas que han propiciado el surgimiento de tales problemas.

La información resultante de las tareas realizadas durante el proceso de evaluaciones tanto parciales como integrales, quedó recogida en sus correspondientes tablas, además de elaborarse un mapa final donde aparecen plasmados los resultados relacionados con la diferenciación ambiental de la cuenca San Juan-Bayate.



Fuente: Elaborado por los autores para los fines de la presente investigación.

En la realización del trabajo se utilizaron los siguientes **materiales**:

- Bibliografía especializada en soportes analógico y digital.
- Informes relativos a trabajos realizados en el área de la cuenca.
- Material cartográfico general y temático de la zona, a diferentes escalas.
- Información perceptual obtenida durante los trabajos de campo.
- Bases de datos de las instituciones gubernamentales vinculadas con la cuenca (planificación física, estadística, salud pública, entidades económicas, etc.).
- Bases de datos de diferentes dependencias dedicadas a la investigación (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Centro de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Pinar del Río, Dirección Provincial de Aprovechamiento Hidráulico de La Habana, Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas, Instituto Nacional de Geología y Paleontología, Instituto de Ecología y Sistemática, Facultad de Geografía de la Universidad de la Habana, etc.).

Los **métodos** utilizados fueron:

- Cartográficos.
- Matemáticos y estadísticos propios de los estudios hidrológicos.
- Perceptuales.
- Analítico comparativo.
- Entrevista a especialistas.
- Criterio de expertos.

Durante la etapa de estudios preliminares se realizaron cuatro trabajos de campo, en los que se pudo obtener información sobre el relieve, la vegetación, los suelos, el uso actual de la tierra, las características de las obras hidrotécnicas y condiciones del área en general, así como los principales problemas que desde el punto de vista ambiental se presentan en la misma; además se visitaron diferentes entidades municipales, provinciales y nacionales involucradas mediante su actividad con el área de estudio, con el objetivo de recoger la información básica existente relativa a los diferentes componentes de esta cuenca, tanto físico geográficos como socioeconómicos; fue precisamente en esta tarea, en la que se presentaron los principales

problemas, ya que la información disponible sobre algunos componentes era escasa, nula o la escala de trabajo, así como el nivel de referencia, no eran los idóneos, por lo que en algunos casos, hubo que estimar datos, depender de la comunicación personal o prescindir de la misma; cuestión esta que atentó contra la exactitud e integralidad del resultado final, no obstante, se considera que de una forma u otra, dichos resultados se encuentran a la altura de los objetivos planteados. Culminada la investigación se realizó un último trabajo de campo en el que pudo comprobarse *in situ* la veracidad de dichos resultados.

## **PRINCIPALES RESULTADOS**

- **Localización geográfica y caracterización general de la cuenca.**

La cuenca San Juan-Bayate se ubica en la región occidental de Cuba, en la porción sur del área limítrofe entre las provincias Pinar del Río y La Habana. Dicho límite recorre de este a oeste un segmento del sector sur - oriental de la Sierra del Rosario hasta su intersección con el río Bayate, cuyo cauce principal, desde este punto hasta su desembocadura en el Golfo de Batabanó, representa la división político administrativa entre ambas provincias; los puntos extremos de referencia para su ubicación geográfica coinciden con las siguientes coordenadas, obtenidas del mapa topográfico a escala 1: 50 000 de la proyección Cónica Conforme de Lambert: norte (X 299 000 mE Y 339 500 mN); sur (X 311 500 mE Y 308 500 mN); este (X 304 000 mE Y 332 000 mN) y oeste (X 290 500 mE Y 336 000 mN). Ver esquema de localización en la figura 1 del anexo 6.

Esta cuenca posee forma alargada, con una orientación aproximada noroeste-sureste y como cuencas vecinas, se encuentran al norte, las correspondientes a los ríos Santiago, San Claudio y San Francisco, al este la del río Pedernales y al oeste la del Hondo-Los Colorados y Jejenes. Según su magnitud superficial esta cuenca se clasifica como mediana, abarcando un área total de 202,3 km<sup>2</sup>; de los cuales el 58,7 % (118,8 km<sup>2</sup>) pertenecen desde el punto de vista administrativo a la provincia Pinar del Río, municipio Candelaria y el 41,3 % restante (83,5 Km<sup>2</sup>) a la provincia La Habana, municipio Artemisa.

Morfométricamente se caracteriza por poseer un largo de 35,15 km, un ancho promedio de 5,8 km, una altitud promedio de 130,4 m, una pendiente promedio de 15,1 %, posee una red de drenaje superficial total es de 287,3 km con una densidad de drenaje de 1,42 km/km<sup>2</sup>, cuya corriente principal (río Bayate) tiene una longitud de 50,5 km y una pendiente promedio de 0,5 %.

Es una cuenca exorreica y su sistema fluvial está constituido, además del Bayate, por el río San Juan, que ocupa el segundo lugar en importancia y el Manantiales. Aunque en las cabeceras de los tres ríos se localizan varios manantiales, la principal fuente de alimentación de dicho sistema es pluvial, coincidiendo los períodos de mayor y menor valor de escurrimiento con los períodos húmedo (mayo-octubre) y seco (noviembre-abril) del año respectivamente.

Atendiendo a la sectorización propuesta en la metodología para el área de la cuenca, aparecen, de norte a sur, primeramente la parte alta, denominada sector S-I, a los efectos del presente estudio; este se caracteriza por el relieve montañoso, donde predominan alturas entre 200 y 500 m.s.n.m. con pendientes medianamente abruptas, que llegan a ser abruptas en algunas zonas, esta parte ocupa un área de 82,0 km<sup>2</sup>, lo que representa el 40,5 % del total de la cuenca; a partir de este se extiende el sector S-II, o parte media, ocupando un área de 34,7 km<sup>2</sup> (17,2 %) en forma de banda con orientación este-oeste, perteneciente a la llanura alta, de relieve colinoso, con alturas que oscilan entre los 60 y 150 m.s.n.m. y pendientes entre ligera y medianamente inclinadas; el resto se corresponde con el sector S-III o parte baja, con un área de 85,6 km<sup>2</sup> (42,3 %), constituido por la llanura ligeramente ondulada, que llega a ser muy plana y pantanosa a partir de los últimos 8 km hasta la línea de costa.

Dada la magnitud de la información procesada en el presente estudio y las características del artículo sólo se harán referencia a las fases de evaluación y diagnóstico propiamente dicho.

- **EVALUACIÓN Y DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA SAN JUAN-BAYATE.**

**Evaluación por componentes.**

Culminada la fase de inventario, fueron seleccionados, para su evaluación, aquellos componentes cuyo comportamiento muestra una mayor influencia en cuanto a la diferenciación espacial de las condiciones ambientales de la cuenca San Juan-Bayate, teniendo en cuenta el volumen y calidad de los datos recopilados. A continuación se exponen los principales resultados obtenidos durante dicho proceso.

## **Componentes naturales.**

### **Suelo.**

A partir de la información obtenida en el proceso de inventario, se realizó la evaluación de las diferentes unidades de suelo existentes en la cuenca según la metodología descrita en el primer capítulo, cuyos resultados se describen a continuación, analizados dentro del contexto de “unidad de tierra”, entendida esta como “...superficie de la tierra, por lo general mapeada, con características específicas, la cual se usa como base para una evaluación...” (FAO; 1976, 1985, 1991; en Guía técnica del INAB; 1999).

En el sector S-I, donde predominan los suelos esqueléticos, la relación capacidad de uso-uso actual resultó ser óptima para el 95 % del área, no obstante, aproximadamente el 34 % de sus tierras (28 km<sup>2</sup>), se encuentran en estado medianamente favorable, determinado por la incidencia de procesos erosivos de categorías débil a media; con estado desfavorable se presenta el 61 % (50 km<sup>2</sup>), debido a la incidencia de procesos erosivos fuertes a muy fuertes; y dentro de esta, aparecen de forma aislada cuatro unidades evaluadas de muy desfavorable, correspondientes a las áreas no forestales, cubiertas por pastos, palmas y arbustos, lo cual presupone una sobre-utilización de estas tierras, donde además influyen procesos erosivos muy fuertes, estas abarcan un área total de 4 km<sup>2</sup> (5 %).

En el sector S-II, el 21,6 % de las tierras (7,5 km<sup>2</sup>) se hallan en estado favorable, coincidiendo en su totalidad con tierras utilizadas por debajo de su capacidad agrícola, en las que además no se observa la incidencia de procesos negativos.

El 45 % (15,7 km<sup>2</sup>), se encuentra en estado medianamente favorable, ya que, aunque su uso se encuentra por debajo de su capacidad, en estas se observan procesos erosivos de categoría débil a media; no obstante se debe señalar que durante los trabajos de campo, se detectó dentro de esta unidad, aproximadamente en los (333,3 mN – 302,4 mE), la existencia de cárcavas, con alrededor de 2 m de profundidad, como evidencia de un proceso erosivo extremadamente fuerte, las cuales, según campesinos del área, deben su origen al abandono de una zanja abierta con el objetivo de la instalación de una tubería para acueducto.

Con estado desfavorable, quedó evaluado el 20,7 % (7,2 km<sup>2</sup>), donde se combinan áreas con uso óptimo, en las que se dan procesos erosivos fuertes, con áreas sobre-utilizadas donde los procesos erosivos son débiles.

El estado muy desfavorable se presenta en un 4,3 % del área (1,5 km<sup>2</sup>), lo cual se corresponde con tierras sobre-utilizadas (existencia de pastos donde debería de haber bosque), en las cuales, influyen procesos erosivos fuertes; el 8,2 % restante del sector, se encuentra ocupado por la presa Bayate II.

En el sector S-III, solo pudo ser evaluado el 58,1 % de sus tierras (49,7 km<sup>2</sup>), debido a la falta de información con respecto al resto del área (zona militar); de la parte evaluada, se determinó que el 16,3 % (8,1 km<sup>2</sup>), se encuentra en estado favorable, correspondiéndose en algunos casos con un uso óptimo de la tierra y en otros sub-utilización de las misma, siendo en ambos casos nula la presencia de procesos negativos.

Con estado medianamente favorable, aparece el 29,8 % de las tierras (14,8 km<sup>2</sup>), las cuales coinciden en su totalidad con áreas cañeras (uso óptimo), en las que solo se observa como proceso negativo, la pérdida de capacidad agrícola como resultado de la recogida de la paja de la caña, después de la zafra, quedando desprotegidos los suelos ante la acción del intemperismo, además de perder una fuente natural de nutrientes.

Las tierras evaluadas con estado desfavorable, ocupan el 47,7 % del sector (23,7 km<sup>2</sup>), las mismas se encuentran relacionadas con diferentes situaciones, resaltando en tal sentido, el área

cañera ubicada al este del río Bayate, en la que a pesar de poseer un uso óptimo, según la evaluación realizada por unidades de suelo, inciden varios procesos negativos, como la compactación, provocada por el uso de maquinaria pesada, en unidades caracterizadas por su textura arcillosa, además de la pérdida de capacidad agrícola y erosión débil, lo cual pudiera significar que no obstante a que en dicha área se aplican mejoras, específicamente para el drenaje, estas no son suficientes y el régimen de explotación intensivo a que están sometidas, excede el límite de su capacidad de uso; otras áreas deben su estado desfavorable a la sobre-utilización de sus tierras sin que en las mismas fuera observada la influencia de procesos negativos o solamente incide la pérdida de capacidad agrícola, por el mismo motivo descrito con anterioridad, y para el caso de las tierras ubicadas al norte del núcleo urbano Candelaria, aunque su uso es óptimo, constituyen áreas inundables en períodos muy lluviosos, además de que al ocurrir dichos fenómenos, pudieran quedar afectadas por la contaminación existente en la ciénaga ubicada en su interior, aspecto que al no poderse comprobar experimentalmente, se evaluó como contaminación potencial.

Finalmente, quedó evaluado como muy desfavorable, el 6,2 % del sector (3,1 km<sup>2</sup>), el cual, se relaciona con áreas subutilizadas en las que inciden varios procesos negativos, resaltando el área perteneciente a la mencionada ciénaga, la cual no obstante a quedar incluida dentro de esta categoría, el carácter de los procesos negativos que sobre ella inciden, le confieren un estado crítico; estos son el empantanamiento y la contaminación directa, provocada por los vertimientos del mencionado núcleo urbano, resultando extremadamente importante que esta situación sea tomada en cuenta por las entidades pertinentes, dado el uso agrícola que en la actualidad se le brinda a este espacio, siendo el consumo humano, el destino final de las producciones que de ahí se obtienen.

### **Recursos hídricos**

La evaluación de este componente se basó en el análisis de la disponibilidad y la calidad del mismo, tanto superficial como subterráneo, en los diferentes sectores de la cuenca de estudio, a partir de la información disponible.

## **Disponibilidad**

En el sector S-I, parte alta de la cuenca de estudio, la disponibilidad del agua superficial como recurso explotable satisface la demanda, ya que las tres subcuencas mantienen sus corrientes principales de forma permanente durante todo el año, gracias a la existencia de varios manantiales en las cabeceras de los tres ríos, además de constituir el sector de la cuenca con mayor promedio anual de precipitaciones (2013,9 mm); dicho análisis toma en cuenta que en el área predomina la conservación y protección de los recursos naturales y solo en algunos lugares bien localizados, las aguas superficiales son utilizadas con fines recreativos. La explotación de aguas subterráneas se reduce la que llega de forma natural a la superficie, a través de los manantiales que constituyen la fuente de abasto de la villa turística de Soroa y la base de campismo La Caridad, satisfaciendo plenamente su demanda, incluyendo la de la población dispersa residente en sus cercanías.

En el sector S-II, parte media de la cuenca, los volúmenes de escurrimiento sufren una disminución, debido al tránsito de las corrientes a través de la zona afectada por la falla Pinar, caracterizada por la existencia de varios sumideros, ingresando una parte de dicho escurrimiento a niveles subterráneos; esto conlleva a que en el período seco disminuyan considerablemente los caudales, llegando a ser nulos en períodos extremadamente secos, principalmente en los ríos Bayate y Manantiales.

De tal situación se deriva que la relación disponibilidad-demanda del recurso en este sector de la cuenca, experimente fluctuaciones de carácter estacional, afectándose la actividad pecuaria desarrollada en el mismo durante los períodos secos, principalmente el área ubicada al oeste del río Bayate, cuya fuente de abasto depende únicamente de la captación en pequeños estanques, de las aguas provenientes del escurrimiento superficial; el resto de la actividad pecuaria, al igual que los asentamientos ubicados en este sector, reciben el servicio de acueducto.

En esta parte de la cuenca, aproximadamente 1,5 Km. aguas arriba de la intercepción de los ríos Bayate y Manantiales, se ubica la presa Bayate II, cuya situación actual, dada su importancia, será analizada posteriormente de forma independiente. En este sector, aunque la disponibilidad de

aguas subterráneas es alta, su profundidad de yacencia dificulta la explotación, no obstante en el extremo este del mismo se localiza el pozo RSJB-46, fuente de abasto del núcleo urbano Las Terrazas, mediante el cual queda plenamente satisfecha la demanda tanto de su población, como de las actividades que en el se desarrollan.

En el sector S-III, parte baja de la cuenca, la demanda de agua resulta potencialmente mayor, debido al uso predominantemente agrícola que poseen sus tierras, además de concentrar la mayor cantidad de población; no obstante, según la información obtenida en la fase de inventario, la demanda de aguas superficiales por parte del sector cooperativo (cultivos temporales), varía en dependencia de la disponibilidad de recursos energéticos, ya que dicha fuente de abasto se alterna con la extracción de aguas subterráneas, el resto de las áreas, dedicadas a la agricultura cañera, utilizan la modalidad de secano.

Al igual que en el sector S-II, en esta parte de la cuenca la relación disponibilidad-demanda del recurso hídrico superficial, experimenta fluctuaciones de carácter estacional, siendo los productores independientes, los más afectados durante los períodos secos, principalmente los que desarrollan sus actividades en la parte de la subcuenca Bayate-Manantiales, ubicada aguas abajo del cierre de la presa Bayate II, hasta su intercepción con el San Juan.

El área de la cuenca ubicada aguas abajo de la confluencia del río Bayate con el San Juan, también se ha visto afectada por la disminución de los volúmenes de escurrimiento aportados por el primero de estos después de la construcción de la presa, al permanecer constante solo los del segundo hasta la derivadora homónima, a través de la cual se desvía, principalmente durante el período seco, la totalidad del escurrimiento que llega a la misma, provocando un déficit de escurrimiento superficial importante, aguas abajo. Durante los trabajos de campo realizados por el autor pudieron constatarse algunas afectaciones al ecosistema producidas por tal situación, como la pérdida de la vegetación y fauna acuática, estrechamiento del cauce y la invasión de vegetación terrestre; lo que confirma la existencia de períodos relativamente largos sin escurrimiento.

A partir del cálculo de la demanda total de agua potable para la población de la cuenca, según la

norma NC: 53-91: 83, “Elaboración de Proyectos de Construcción de Acueductos. Agua Potable en Poblaciones. Determinación de la demanda.”, se puede plantear de manera general que existe una disponibilidad del recurso subterráneo suficiente para la satisfacción de dicha demanda.

El déficit hídrico superficial existente en el área ubicada aguas abajo del cierre de la presa Bayate II, se debe en gran medida a la pérdida de grandes volúmenes de agua por infiltración a través del vaso; lo cual responde a su ubicación, coincidente con una sección de la zona de contacto entre las rocas de la formación Guevara con las de Paso Real, en la cual, además de constituir zona de alimentación del acuífero “Costera Sur”, resulta abundante la presencia de formas cársticas de superficie, principalmente los sumideros de absorción, otra de las posibles causas que favorece este fenómeno, aunque de menor importancia, pudiera estar constituida por la presencia de calas de investigación que no fueron selladas debidamente. (Juan Miguel Guerra Pereira, Vicedirector técnico del Centro de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Pinar del Río; comunicación personal).

Dicho problema ha traído como consecuencias negativas, en primer lugar, que no se cumplan los objetivos para los que fue construida la presa, ya que en las épocas de mayor demanda, esta permanece seca, llegando incluso a servir como áreas de pasto al ganado con la consiguiente invasión de especies colonizadoras como el marabú, el cual mantiene cubierta la mayor parte del vaso; en segundo lugar se observa que aguas abajo de la misma, ha disminuido considerablemente el escurrimiento superficial en los cauces de los ríos Manantiales y Bayate, permaneciendo secos gran parte del año, hasta su unión con el San Juan, quedando afectados, tanto los ecosistemas fluviales como gran parte de la población campesina residente en esta porción de la cuenca, cuyas actividades productivas y domésticas dependían en gran medida de dicha fuente de abasto, según las experiencias transmitidas por algunos campesinos de la zona durante los trabajos de campo, después de la construcción de dicha presa los caudales históricamente habituales de este río disminuyeron considerablemente, al extremo de permanecer nulo durante varios meses; esta situación también ha repercutido en la disminución de los volúmenes de agua que arriban a la derivadora San Juan, los cuales, debido a la demanda, son desviados totalmente durante casi todo el año, haciéndose prácticamente nulo el escurrimiento superficial aguas abajo de la misma, poniéndose en peligro la salud de los ecosistemas existentes en este tramo.

## **Calidad de las aguas**

Según la información suministrada por la Gerencia Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (GEARH), en la cuenca de estudio existe un total de cuatro focos contaminantes, ver tabla 3 del anexo 5, los mismos son: la base de campismo La Caridad en el sector S-I, el cual vierte sus residuales hacia el río Manantiales; el núcleo urbano Candelaria, en el sector S-III, cuyo receptor se encuentra constituido por la ciénaga localizada al norte del mismo con comunicación superficial con el río Bayate; y el asentamiento rural concentrado Mango Dulce, cuyos residuales líquidos se vierten directamente al río San Juan. A lo anterior se suma que en los trabajos de campo realizados por el autor, se detectó la existencia de una granja avícola, la “Sergio González”, que vierte los residuos de su actividad sin tratamiento al río Manantiales; la cual no aparece en el inventario de fuentes contaminantes consultado. La ubicación geográfica de los mismos, al igual que los tramos de río afectados por los mismos.

El proceso de análisis se basó en la comparación de la información obtenida de los estudios físico-químicos realizados por el CENHICA, a las muestras tomadas en los trabajos de campo, así como los datos suministrados por GEARH, ver tabla 2 del anexo 5, con las normas de calidad del agua para riego y consumo humano; (Estudio FAO, Riego y Drenaje No.29; La Calidad del Agua en la Agricultura, 1987); y las normas cubanas NC: 93-02: 85 “Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo” y NC: 93-11: 85 “Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria”.

## **Aguas para riego**

### **Fuentes subterráneas.**

Aunque los pozos analizados no se encuentran dentro de los límites de la cuenca superficial, un por ciento de las tierras irrigadas con sus aguas sí lo están, específicamente las ubicadas en la parte baja de la misma, utilizadas para la producción de alimentos, además de las áreas cañeras pertenecientes a la UBPC “Aguacate”.

El resultado de dichos análisis, mostró que si bien todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos considerados normales, algunos presentan grado de restricción ligera a moderada para cultivos sensibles, tal es el caso del cloruro (Cl) y las sales solubles totales (SST), así como el PH (8,3) en el pozo RJ-10, muy próximo al límite máximo (8,4).

### **Fuentes superficiales.**

De las cinco estaciones de muestreo, ver tabla 2 del anexo 5, solamente el agua de la ciénaga del norte de Candelaria resulta no apta para el riego, ver foto 7 del anexo 7, por presentar alteraciones en la concentración del potasio ( $K=12$  mg/l) muy por encima del nivel máximo permisible ( $K= 0 - 5$  mg/l); además, no obstante a la imposibilidad de realización de otros análisis más detallados, cabe esperar la presencia de otros elementos dañinos al suelo, las plantas y el hombre, al constituir la misma, el cuerpo receptor de los residuales provenientes de dicho núcleo urbano; esta situación afecta además la calidad de las aguas del río Bayate, aguas abajo de la conexión superficial que posee con esta ciénaga; tramo en el que también se incorporan las aguas del San Juan, contaminadas con los residuales líquidos del asentamiento Mango Dulce, por lo que dichas aguas resultan de dudosa calidad para el riego, requiriendo la realización de los estudios pertinentes antes de ser utilizadas con estos fines.

Las aguas correspondientes al resto de las estaciones analizadas, presentaron niveles normales en sus parámetros, no obstante, todas presentan grado de restricción para riego por aspersión de ligera a moderada, debido a las concentraciones registradas del anión bicarbonato ( $HCO^3$ ).

### **Aguas para el consumo humano.**

#### **Fuentes subterráneas.**

De los cuatro acueductos ubicados en el área de estudio, solo tres de ellos contaron con información disponible.

- Pozo RC-19 (acueducto Candelaria): todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos

normales, no obstante las concentraciones de SST y calcio, se encuentran por encima de la concentración máxima deseable. Si bien en la actualidad las aguas de esta fuente de abasto se consideran aptas para el consumo humano y reciben el tratamiento adecuado (clorado) antes de llegar a la población, poseen un alto riesgo de contaminación, debido a encontrarse ubicado en el área receptora de las aguas de escorrentía superficial, proveniente del núcleo urbano.

- Pozo RSJB-31 (acueducto Bayate): al igual que el caso anterior, las concentraciones de SST y calcio, se encuentran por encima de la concentración máxima deseable, además de detectarse la presencia de coliformes totales en el orden de 460 nmp/100 ml de agua, excediendo el máximo permisible (250 nmp/100 ml); por lo cual se determina que estas aguas no son aptas para el consumo humano, teniendo que recibir para estos fines un tratamiento convencional, según norma NC: 93-11: 85.

Aunque no se encontraron datos que lo confirmen, según la información ofrecida por la Dirección Provincial de Planificación Física de la provincia La Habana, el agua extraída por el acueducto Mango Dulce, presenta mala calidad para el consumo humano debido a la presencia de coliformes.

Otro aspecto que no pudo ser comprobado es el relacionado con la alta probabilidad de contaminación que poseen los pozos particulares del núcleo urbano Candelaria, debido a la antigüedad del mismo y el predominio de las fosas mauras y letrinas como sistema de solución de los residuales domésticos y humanos.

### **Fuentes superficiales.**

Con excepción de la ciénaga de Candelaria, cuya situación fue descrita anteriormente, el resto de las estaciones presenta parámetros físico-químicos con niveles dentro de los rangos permisibles para el consumo humano, solamente en el caso del PH en la estación No.1 y la concentración del calcio en la No.2, se encuentran por encima del máximo deseable.

En cuanto a las características bacteriológicas de esta agua, aunque no fue posible la obtención de

información al respecto, resulta lógico suponer la presencia de coliformes en determinados tramos de la red hidrográfica de la cuenca, teniendo en cuenta la ubicación de las fuentes contaminantes y el tipo de residuales que vierten; en tal sentido se puede considerar contaminado el tramo del río Manantiales ubicado aguas debajo de la base de campismo La Caridad, tramo en el que además se localiza una granja avícola, la cual, según la información suministrada por uno de sus trabajadores, vierte los residuales directamente al río; debido a esto, queda también afectado el tramo del río Bayate ubicado aguas abajo de la confluencia de ambos, situación que se agudiza a partir del punto en que se unen a este río, las aguas provenientes de la ciénaga del norte de Candelaria, que como se ha mencionado, se encuentran altamente contaminadas por los residuales domésticos del núcleo urbano, con concentraciones de coliformes totales y fecales presumiblemente altas.

Al igual que en la parte alta del río Manantiales hasta la base de campismo La Caridad, así como en la parte alta y media del Bayate, las aguas del río San Juan conservan buena calidad para el consumo humano, hasta el punto en que ingresan al mismo los vertimientos provenientes del asentamiento Mango Dulce, en los cuales son también presumiblemente altas las concentraciones de coliformes, afectando la aptitud de estas aguas para el consumo humano.

Cabe resaltar, que en esta situación se presenta como una agravante la disminución de los volúmenes de escurrimiento del río Bayate, en los tramos ubicados aguas abajo del cierre de la presa, ya que a la vez ha afectado el poder autodepurador de estos ecosistemas, limitando la renovación de esta agua y consiguientemente la disminución y eliminación de los contaminantes.

- **Cobertura vegetal.**

A partir del análisis de la información obtenida, se obtuvo como resultados, que en el sector S-I, la situación más desfavorable, se relaciona con las áreas cubiertas por sabanas semiantrópicas (pastos) y por pastos, palmas y arbustos, las cuales, suman un total de 5,4 km<sup>2</sup> (7 % del área del sector) y deben su origen a la degradación del bosque original hasta su total desaparición, constituyendo espacios donde la erosión hídrica pudiera alcanzar niveles extremadamente fuertes debido a lo fuertemente inclinadas que resultan las pendientes en el área.

El bosque siempre verde medio, presenta un 66.6 % de su área total en estado degradado, ver figura 3 del anexo 6., situación que resulta desfavorable, teniendo en cuenta que estos cubren el 64 % del área de este sector, y dicha degradación presupone una disminución del por ciento de cobertura, del 80 % que presenta en su estado original, a un 60 %, lo cual afecta su función protectora en un medio caracterizado por el predominio de suelos esqueléticos y altos valores de inclinación de las pendientes.

El matorral xeromorfo espinoso sobre serpentinita, se encuentra degradado en un 84 % de su área, la cual, no obstante a resultar relativamente pequeña, contiene especies de valor por su endemismo.

El bosque siempre verde alto, al igual que el bosque semidecídúo presenta buen estado de conservación.

En el sector S-II, aunque no se contó con información relativa al estado de la vegetación, se puede plantear que el principal problema radica en la existencia de grandes extensiones de tierra (30 – 50 % del área destinada al pastoreo), invadidas por el marabú, especie, que no obstante a brindar buena cobertura y protección al suelo, incide negativamente sobre el medio, al eliminar y/o impedir el desarrollo de otras especies, a la vez que reduce el espacio destinado a la actividad ganadera. En este sector el bosque en galería se encuentra degradado, desapareciendo en algunos tramos.

En el sector S-III, la cobertura vegetal es inestable, debido a la asimilación agrícola del mismo, existiendo períodos en que la misma es nula en grandes extensiones de tierra, principalmente, las dedicadas al cultivo de la caña, donde la cobertura pasa de un 90 % antes de la zafra, al 0 % después de la misma; por su parte las áreas destinadas a los cultivos temporales (viandas y hortalizas), ofrecen por cientos de cobertura muy bajos, lo cual en combinación con el carácter intensivo de dicha actividad provoca la degradación de los suelos.

En este sector, los restos de bosques en galería resultan muy escasos y aislados, además de encontrarse muy degradados, tal situación debe sus orígenes al proceso histórico de asimilación

agrícola del territorio, durante el cual dicha actividad ha ido demandando paulatinamente espacios más amplios para su desarrollo, por lo que en la actualidad se observan zonas en que los sembrados se encuentran muy próximos a los cauces, violándose lo estipulado en la norma cubana de carácter obligatorio NC: 23: 99, con respecto a las dimensiones mínimas que deben poseer dichas franjas.

### **Componentes socio-económicos.**

- **Aspectos sociales.**

### **Tipología y estado de la vivienda.**

La mejor situación se presenta en el núcleo urbano Las Terrazas, con un 90,4 % de las viviendas de tipología I y un 99,1 % de las mismas en buen estado; en los asentamientos rurales, por lo general, predomina la vivienda de tipología IV y el estado regular, siendo el caso más crítico el de Mango Dulce con un 62,4 % de las viviendas de tipología IV y el 55,9 % de las mismas en mal estado.

### **Servicios básicos a la población.**

El análisis de los indicadores seleccionados para la evaluación del acceso a los servicios básicos en los diferentes asentamientos de la cuenca, arrojó como resultados, que la mejor situación se presenta en ambos núcleos urbanos; en los asentamientos rurales, la situación es desfavorable para algunos y muy desfavorable para el resto, siendo el caso más crítico el asentamiento La Perla, cuya población no recibe ningún tipo de servicios dentro del mismo.

### **Distancia a la cabecera municipal.**

Un factor determinante en los resultados obtenidos de este análisis, radica en la actual división político administrativa, tanto municipal como provincial, a que está sometida el área de la cuenca, apareciendo con una situación favorable, los asentamientos pertenecientes al municipio

Candelaria (menos de 2 km), con excepción de Las Terrazas, ubicada a 22 km de dicha cabecera; por otra parte, los asentamientos pertenecientes al municipio Artemisa, presentan una situación desfavorable ya que las distancias existentes entre estos y su cabecera municipal oscila entre 18 y 25 km. Una agravante en este sentido resulta de la mala situación que presenta el servicio de transporte, lo que conlleva a que el traslado de los habitantes de esta parte de la cuenca, hacia la cabecera municipal, no se encuentre garantizado.

### **Vías Internas.**

El análisis de este aspecto, arrojó como resultados que, la mejor situación se observa únicamente en ambos núcleos urbanos; de los asentamientos rurales, Bayate y Mango Dulce poseen vías internas sin pavimento (terraplén mejorado), clasificándose como situación intermedia; el resto de los asentamientos se corresponden con la peor situación al carecer de las mismas.

### **Presencia de contaminación hídrica.**

Los asentamientos afectados por este fenómeno resultaron ser, el núcleo urbano Candelaria, que a su vez, constituye la principal fuente de contaminación hídrica dentro de la cuenca de estudio; los asentamientos rurales El Jardín, Isidro de Armas y Bayate, ubicados en las inmediaciones de área cenagosa y corrientes fluviales contaminadas; y Mango Dulce, por su cercanía a las zonas de vertimiento de residuales provenientes de la actividad ganadera, además de presentar problemas de contaminación en la fuente de abasto a la población, al igual que Bayate.

- **Situación ambiental de los asentamientos poblacionales.**

Como resultado del proceso de evaluación de los asentamientos poblacionales ubicados en la cuenca de estudio, los mismos quedaron clasificados en cuatro categorías que reflejan su situación socio-ambiental predominante.

En el sector S-I de la cuenca el núcleo urbano Las Terrazas, presenta una situación socio-ambiental clasificada como favorable.

En el sector S-II, se ubican dos asentamientos rurales concentrados, 20 de Soroa, con situación medianamente favorable y Ginebra con situación desfavorable. Una agravante desde el punto de vista socio-ambiental para este sector, reside en el predominio de la población dispersa, ver tabla 3 del anexo 2; lo cual presupone la existencia en dicha área, de una cantidad relativamente alta de población, en viviendas de tipología III y IV, en regular y mal estado, además de presentar limitaciones en cuanto al acceso a los servicios básicos, hecho que repercute negativamente en su relación con el medio natural, en tanto presupone acciones degradantes como la tala de árboles y los vertimientos de residuales en zonas inapropiadas, entre otras.

En el sector S-III, para el caso particular del núcleo urbano Candelaria, por su extensión e importancia, se realizó una evaluación diferenciada, en la que además de los indicadores utilizados para valorar la situación en el resto de los asentamientos, se tomaron en cuenta otros factores; los cuales se encuentran relacionados con la insuficiente cobertura del sistema de alcantarillado; dificultades en el servicio de limpieza de fosas mareas, trayendo como consecuencia que algunas se encuentren colmatadas, además de la posible afectación a las aguas subterráneas; existencia de zanjas sanitarias al aire libre, principalmente al sur de la vía férrea; así como la presencia de focos insalubres; todo lo cual, sumado a la influencia de contaminación hídrica, principalmente para los habitantes de la zona situada al norte de la carretera central, dada su proximidad a la ciénaga receptora de los vertimientos provenientes del propio asentamiento, condujo a que dicha evaluación se encuentre en la categoría medianamente favorable.

Del resto de los asentamientos ubicados en este sector de la cuenca, presentaron una situación desfavorable, Quebrada del Yuro y La Perla; y como muy desfavorable se evaluó la situación de El Jardín, Isidro de Armas y Mango Dulce, el cual constituye el caso más crítico en cuanto a degradación socio-ambiental se refiere.

## **ASPECTOS ECONÓMICOS**

### **Evaluación de las actividades económicas.**

#### **Actividad forestal.**

La actividad forestal se desarrolla satisfactoriamente, en cuanto a las técnicas y métodos que utiliza, garantizándose un equilibrio entre los actuales niveles de producción y la protección de los recursos naturales del área; como principales problemas detectados, se encuentran la falta de apoyo gubernamental, en cuanto al suministro de medios de trabajo, la irregularidad del servicio de transporte para el laboreo, además de la incidencia de tala y caza ilícitas, propiciadas por la insuficiente cantidad de guardabosques, uno por cada 15,49 km<sup>2</sup>. (Florencio Galá León, jefe de producción de la Unidad Silvícola de Candelaria; comunicación personal).

#### **Actividad agrícola.**

En el desarrollo de la actividad cañera, se detectó el uso de técnicas inapropiadas en el área de la parte baja de la cuenca, atendida por la UBPC “Quebrada del Yuro”, donde se emplea el corte mecanizado sin considerar la existencia de un sector de 5,56 km<sup>2</sup> de suelos “oscuros plásticos” y 6,39 km<sup>2</sup> de “gley ferralítico concrecionario”, caracterizados por poseer alta susceptibilidad a la compactación, ante el empleo de maquinarias pesadas, presentándose en el segundo caso la abundancia de mocarreros como limitante para el uso de esta técnica, (Silvia Díaz, comunicación personal); además, según plantean los campesinos de la zona, después de finalizadas las labores de corte, se retira toda la paja, quedando el suelo totalmente desprotegido, lo cual favorece el deterioro de sus propiedades y la acción de los procesos erosivos, con la consecuente disminución de los rendimientos productivos. Otro problema detectado, radica en que los límites de las áreas de cultivo, se encuentran restringiendo el desarrollo de las franjas forestales protectoras del cauce del río San Juan Bayate, las cuales poseen un ancho menor a los 20 m, establecidos por la Norma Cubana NC-23: 1999.

En cuanto a la actividad agrícola no cañera, el principal problema, está dado por su desarrollo en áreas cercanas a fuentes hídricas contaminadas, como son la ciénaga ubicada al norte de Candelaria, dentro de los límites de la UBPC de cultivos varios “Leoncio Rodríguez” y el río Bayate en el tramo inferior a la confluencia de sus aguas con las provenientes de dicha ciénaga, el cual afecta el área perteneciente a la CCS “Antonio Maceo”. En tal sentido resalta el hecho de que para el riego de estas áreas, se utiliza ocasionalmente esta corriente fluvial como fuente de abasto. (Manuel Ismael Porra, jefe de producción de la empresa de cultivos varios del municipio Candelaria; comunicación personal).

### **Actividad pecuaria.**

Los principales problemas presentados por dicha actividad son, en primer lugar la infección de sus áreas por especies no deseadas (aroma y marabú), presentándose como situación más crítica, la existente en las granjas pertenecientes a la Empresa Pecuaria Genética “Los Naranjos”, en las que dicho fenómeno afecta el 50 % de las mismas; otro problema surge del deficiente control del ganado en las cercanías de la presa Bayate II perteneciente a la granja “Premontaña”, ocasionando su entrada al área del vaso en busca de alimento, lo cual ha provocado su infección por parte de las especies anteriormente mencionadas. Según lo planteado en el “Plan de ordenamiento territorial y urbanismo”, DPPF de La Habana, 1999; dentro de las áreas de uso ganadero, ubicadas al sur de Mango Dulce, pertenecientes a la granja “Galope”, existen sectores de tierras ociosas, las cuales pudieran ser incorporadas a la producción de alimentos para la población.

### **Actividad turística.**

Dadas las modalidades empleadas para el desarrollo de dicha actividad, se observa un total equilibrio entre esta, el desarrollo económico de la comunidad asociada a la misma y la protección de los valores naturales e históricos de la zona.

### **Situación político-administrativa.**

Para el caso particular de la cuenca de estudio, resulta importante realizar un análisis de la influencia que sobre el estado de algunos de sus componentes, ejerce la actual división político-administrativa. En tal sentido se observa que los asentamientos ubicados en la parte de la cuenca perteneciente al municipio Artemisa, provincia La Habana, presentan la situación más desfavorable desde el punto de vista socio-ambiental, lo cual demuestra cierto grado de aislamiento al encontrarse los mismos en el extremo oeste del municipio, alejados de la cabecera municipal, dificultándose la atención a los mismos en cuanto a la solución de problemas y oferta de servicios, lo cual constituye un incentivo a la migración de sus habitantes.

A la población radicada en los asentamientos de la cuenca pertenecientes al municipio Artemisa, les resulta más fácil, dada su cercanía, trasladarse al núcleo urbano Candelaria para satisfacer su demanda de servicios, no obstante aquellos relacionados con las instituciones gubernamentales municipales, deben resolverlos en su cabecera municipal, teniendo que recorrer una mayor distancia, sin contar para ello con un servicio apropiado de transporte.

Las investigaciones realizadas a nivel territorial, en raras ocasiones contemplan las áreas más próximas a dicho límite, las cuales se encuentran en una relativa situación de “tierra de nadie”, incluso, durante los trabajos de campo realizados por el autor, se comprobó que los propios habitantes de esta zona muestran una total ausencia de sentido de pertenencia hacia una de las dos provincias.

Dicha situación dificulta el trazado de planes para el manejo integral de la cuenca estudiada, ya que no existe ninguna institución encargada del estudio de su área de forma íntegra, ni un trabajo conjunto entre las instituciones de ambas provincias que relacione los resultados de sus estudios parciales, a fin de lograr un análisis profundo de su situación bajo un enfoque de cuenca hidrográfica superficial con sentido integrador.

## **IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS UNIDADES AMBIENTALES.**

Como resultado del proceso de diferenciación ambiental de la cuenca San Juan-Bayate, quedaron definidas un total de 72 unidades ambientales; de estas, las relacionadas con las corrientes superficiales no contaminadas y contaminadas, aparecen representadas en los tres sectores, por lo que la distribución de las mismas resultó de 13 unidades en el sector S-I, 27 en el sector S-II y 36 en el sector S-III.

### **Sector S-I**

De las 13 unidades ambientales ubicadas en dicho sector, 7 de ellas (1, 2, 3, 5, 7, 8 y 9) se encuentran relacionadas directamente con el uso forestal, en las cuales no se observa, dada la escala de trabajo, la influencia de otros factores que determinen diferencias en sus condiciones ambientales, a no ser en cuanto al estado de los suelos en las unidades correspondientes a los bosques siempre verdes y vegetación secundaria, por lo que su estado fue considerado favorable; también aparecen dentro de dicha categoría las unidades 4 y 10, correspondientes al núcleo urbano Las Terrazas y el centro turístico de Soroa respectivamente.

Con estado poco favorable, solo se encontró la unidad 6, determinado por la existencia de población dispersa. Por otra parte, la unidad 11 quedó evaluada dentro de la categoría desfavorable, pese a que en la misma solo se presenta como factor determinante el estado muy desfavorable de los suelos, lo cual se correspondería con la categoría poco favorable; dicha salvedad se encuentra fundamentada por lo importante que, desde el punto de vista negativo, resulta la existencia de áreas desprovistas de bosque, en un sector caracterizado por fuertes inclinaciones de las pendientes y suelos esqueléticos muy erosionados, además de formar parte de un área protegida, con categoría de Reserva de la Biosfera.

Las dos unidades restantes, se relacionan con las corrientes superficiales, encontrándose el mayor por ciento dentro de la categoría no contaminada (70), evaluada como favorable; y el tramo del trío Manantiales, ubicado aguas abajo del campismo La Caridad, caracterizado como contaminado (71), cuya situación se evalúa como desfavorable.

## **Sector S-II**

De las 27 unidades detectadas en el mismo, se encuentran en estado favorable la 12, 13 y 14, correspondientes a las áreas forestales ubicadas al norte del sector; la 15, 17, 19, 24, 25, 26, 28 y 31, ubicadas dentro de las áreas dedicadas a uso pecuario, quedan diferenciadas entre sí de acuerdo con las características de la cobertura vegetal, así como el estado del suelo; por último aparecen dentro de dicha categoría, la unidad 33, correspondiente a otros usos (zona militar) y las corrientes de agua no contaminadas (70).

De las 8 unidades evaluadas con estado poco favorable ubicadas en las áreas ganaderas del sector (16, 18, 20, 21, 22, 27, 29 y 32), exceptuando la 21, correspondiente al asentamiento rural 20 de Soroa y la 22, cuya evaluación responde al peligro potencial de inundación por rotura de la presa, el resto se encuentra relacionado con la existencia de población dispersa; también dentro de dicha categoría se ubicó la unidad 34, debido al estado muy desfavorable de sus suelos.

Con la categoría desfavorable quedaron evaluadas las unidades 23, 30 y 35, en el primer caso, el factor determinante se relaciona con el peligro potencial de inundación por rotura de la presa combinado a la existencia de población dispersa; en el segundo, dicha evaluación se debe a la presencia del asentamiento rural Ginebra, cuyas condiciones socio-ambientales fueron calificadas como desfavorables, además de tener asociada población dispersa; y en el tercer caso, incidieron como factores determinantes, el estado muy desfavorable de los suelos y la presencia de población dispersa; también dentro de esta categoría se encuentra la unidad 71, correspondiente al tramo del río Manantiales en su trayectoria por este sector así como la unidad 68, presa Bayate II, cuya situación fue descrita en el epígrafe relativo a la evaluación de los recursos hídricos.

## **Sector S-III**

En este sector, de las 36 unidades ambientales definidas, solo 5 se encuentran evaluadas dentro de la categoría favorable (36, 46, 55 y 60), relacionadas con las áreas no pobladas ubicadas en la periferia norte de este sector, fuera de la zona con peligro potencial de inundación por rotura de la presa; además de las corrientes fluviales no contaminadas (70), correspondientes a este sector,

específicamente las pertenecientes al río San Juan hasta el asentamiento Mango Dulce, punto en que sus aguas son contaminadas por los vertimientos del mismo.

El número de unidades ambientales con situación poco favorable resultó ser de 14, la mayoría de las cuales (38, 40, 43, 49, 50, 54, 58 y 62) se relacionan con áreas no pobladas, cuyos suelos presentan condiciones entre favorable y desfavorable, además de encontrarse ubicadas en la zona con peligro potencial de inundación en caso de rotura de la presa; también dentro de esta categoría se encuentran las unidades 37, 47, 56 y 61, condicionado por la presencia de población dispersa; la 65, cuyo factor determinante se encuentra dado por el estado muy desfavorable del suelo; además de la 67 relacionada con el área del núcleo urbano Candelaria, cuyo estado, dada su extensión e importancia y los factores mencionados en su evaluación socio-ambiental, no pudo ser considerada como favorable.

Con respecto a las unidades contempladas dentro de la categoría desfavorable (39, 41, 44, 48, 52, 57, 59, 63, 64 y 66), se observan diferentes situaciones en cuanto a la combinación de los factores que de una manera u otra han determinado dicho estado ambiental, pudiéndose encontrar por ejemplo: la influencia, sobre tierras cuyo estado resulta favorable o poco favorable, del peligro potencial de inundación por rotura de la presa y la presencia de población dispersa (39, 41, 44, 59 y 63); áreas de tierras en estado muy desfavorable, con peligro potencial de inundación por rotura de la presa (52), o la existencia de población dispersa (66); entre otras, además del tramo del río Bayate, desde el cierre de la presa hasta el punto de confluencia con las aguas provenientes de la ciénaga del norte de Candelaria, las cuales, no obstante a que no se cuenta con la información suficiente para demostrarlo, pueden considerarse altamente contaminadas.

Como casos de estado ambiental muy desfavorable, en este sector y en general para toda la cuenca, se definieron 6 unidades (42, 45, 51, 53, 69 y 72), en las cuales se observa el máximo nivel de deterioro en el estado de al menos tres de los factores analizados; en tal sentido, se encontró que las unidades 42 y 45, se encuentran relacionadas con asentamientos humanos cuya situación socio-ambiental resulta muy desfavorable, además de tener asociada población dispersa y encontrarse dentro del área con peligro potencial de inundación por rotura de la presa; por otra parte la unidad 53, se encuentra en un área de tierras en estado muy desfavorable, bajo el peligro

potencial de inundación por rotura de la presa, además de existir población dispersa.

En el caso particular de la unidad 51 (asentamiento rural “El Jardín”), se consideró que su estado ambiental debe ser evaluado como muy desfavorable, pese a no encontrarse dentro del área con peligro potencial de inundación por rotura de la presa, ni poseer población dispersa; dicho criterio se basa fundamentalmente en la proximidad de su ubicación con respecto al área de la ciénaga, recibiendo afectación directa a través de malos olores, proliferación de vectores, además del el peligro potencial de inundación ante la incidencia de eventos lluviosos; las dos unidades restantes incluidas en esta categoría son la 69 y la 72, la primera coincide con el área de la propia ciénaga, cuyas condiciones, expuestas con anterioridad, la convierten en una de las unidades más críticas de la cuenca desde el punto de vista ambiental; y la segunda se encuentra relacionada con el tramo del río Bayate, aguas abajo de su confluencia con el drenaje de la mencionada ciénaga, a partir de la cual aumentan considerablemente los niveles de contaminación, principalmente bacteriológica.

## **DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA.**

Como resultado del proceso de identificación y evaluación de las unidades ambientales que conforman la cuenca estudiada, se pudo observar, la existencia de diferencias en cuanto al estado de las condiciones ambientales en los tres sectores establecidos, encontrando un gradual deterioro, a medida que se avanza del sector ubicado más al norte, S-I, al S-III en el sur.

En tal sentido, el primer sector presenta una menor diferenciación espacial en cuanto a condiciones ambientales se refiere (13 unidades); además, la proporción areal en que se encuentran representadas las diferentes condiciones ambientales favorece a las mejores (94 %) y la existencia de unidades con estado muy desfavorable es nula; tales condiciones se encuentran determinadas por el predominio de un uso óptimo en la mayor parte de su área, la cual se encuentra bajo régimen de protección ostentando la categoría de Reserva de la Biosfera, lo que ha permitido que salvo algunos casos bien localizados, las actividades que en esta se realizan, se encuentren en perfecta armonía con el medio natural, dentro de las que se encuentran la investigación, la conservación, el mejoramiento, etc.; otro aspecto positivo al respecto, está dado

por la baja densidad de población existente en el sector, la cual en su gran mayoría se encuentra concentrada en el núcleo urbano Las Terrazas cuyas ventajas en comparación con otros asentamientos de la cuenca ya se han mencionado.

El segundo sector, que al igual que el anterior, pertenece en su mayor extensión a la mencionada reserva (norte de la autopista), posee una diferenciación ambiental mucho mayor (27 unidades) pese a resultar un área más reducida. Esta situación se encuentra determinada por un nivel superior de asimilación socio-económica (antropización), de carácter histórico, que ha propiciado la desaparición de sus condiciones naturales originales en gran parte del mismo; la aparición de áreas con relativa concentración de población, principalmente dispersa; diferencias en cuanto al estado de conservación de los suelos; la instalación de una obra hidrotécnica (presa Bayate II), etc.; trayendo como resultado una mayor fragmentación, en cuanto a espacios con características homogéneas se refiere. No obstante, la proporción areal en que se manifiestan los diferentes estados ambientales de dichas unidades favorece a las mejores y regulares condiciones (favorable-77 % y poco favorable-21 %, respectivamente), además de no encontrarse ninguna unidad dentro de la categoría muy desfavorable.

En el área analizada del tercer sector, se observa un mayor grado de diferenciación ambiental con respecto a los dos anteriores (36 unidades), además de poseer un mayor nivel de deterioro ambiental, teniendo en cuenta que las áreas en estado favorable, solo ocupan el 23 %, mientras que prevalecen las poco favorable con un 67 %, las condiciones desfavorables ocupan el 7 % y el 3 % restante se encuentra en estado muy desfavorable, dentro de las que resalta como caso más crítico la unidad correspondiente a la ciénaga de Candelaria. Dicha situación se debe, presumiblemente, a que es en esta parte de la cuenca donde los procesos de antropización han adquirido el máximo de intensidad en comparación con los otros dos sectores, dadas sus propias condiciones naturales, en cuanto a relieve y suelo se refiere, las cuales han propiciado el desarrollo de las actividades agropecuarias de forma intensiva durante un período de tiempo relativamente largo (siglo XIX), principalmente la agricultura cañera, hecho que además fomentó el poblamiento en la zona, cuyo crecimiento hasta nuestros días no ha ido aparejado con un adecuado desarrollo de las infraestructuras técnicas y los servicios a sus habitantes, provocando el gradual deterioro de las condiciones ambientales.

• **Principales problemas ambientales detectados:**

*Medio natural.*

- En el sector S-III existe un área total, de aproximadamente 12,6 km<sup>2</sup>, cuyos suelos presentan problemas de drenaje. De los cuales, 0,8 km<sup>2</sup> deben tal situación a las características del relieve (ciénaga del norte de Candelaria) y el resto a la textura arcillosa de los mismos.
- Más de un 50 % de las tierras evaluadas presentan diferentes grados de erosión hídrica, encontrándose los casos más críticos en los sectores I y II, donde las características del relieve, el clima, así como las actividades desarrolladas en períodos anteriores, han propiciado la influencia de este fenómeno.
- Existencia en el sector S-II de pequeñas canteras o zonas de préstamo utilizadas en la construcción de la presa y aún se mantienen sin recibir un adecuado manejo.
- Contaminación, de las aguas superficiales del río Manantiales, aguas debajo de la base de campismo La Caridad; del Bayate, aguas abajo del cierre de la presa Bayate II y del San Juan, aguas abajo del asentamiento Mango Dulce; además de la ciénaga, debido a la existencia de cuatro focos contaminantes.
- Déficit de escurrimiento superficial en la subcuenca Bayate-Manantiales aguas abajo del cierre de la presa Bayate II, debido a su inadecuada ubicación en zona de contactos litológicos, caracterizada por la existencia de varios sumideros.
- Los bosques presentes en la parte alta de la cuenca, sector S-I, presentan síntomas de degradación en más de un 60 %.
- En general los bosques en galería o fajas hidrorreguladoras se encuentran muy degradados llegando a ser escasos o nulos en los sectores S-II y S-III; debido a la demanda de tierras por parte de las actividades agrícolas, así como por la explotación desmedida de sus especies.

### ***Medio social.***

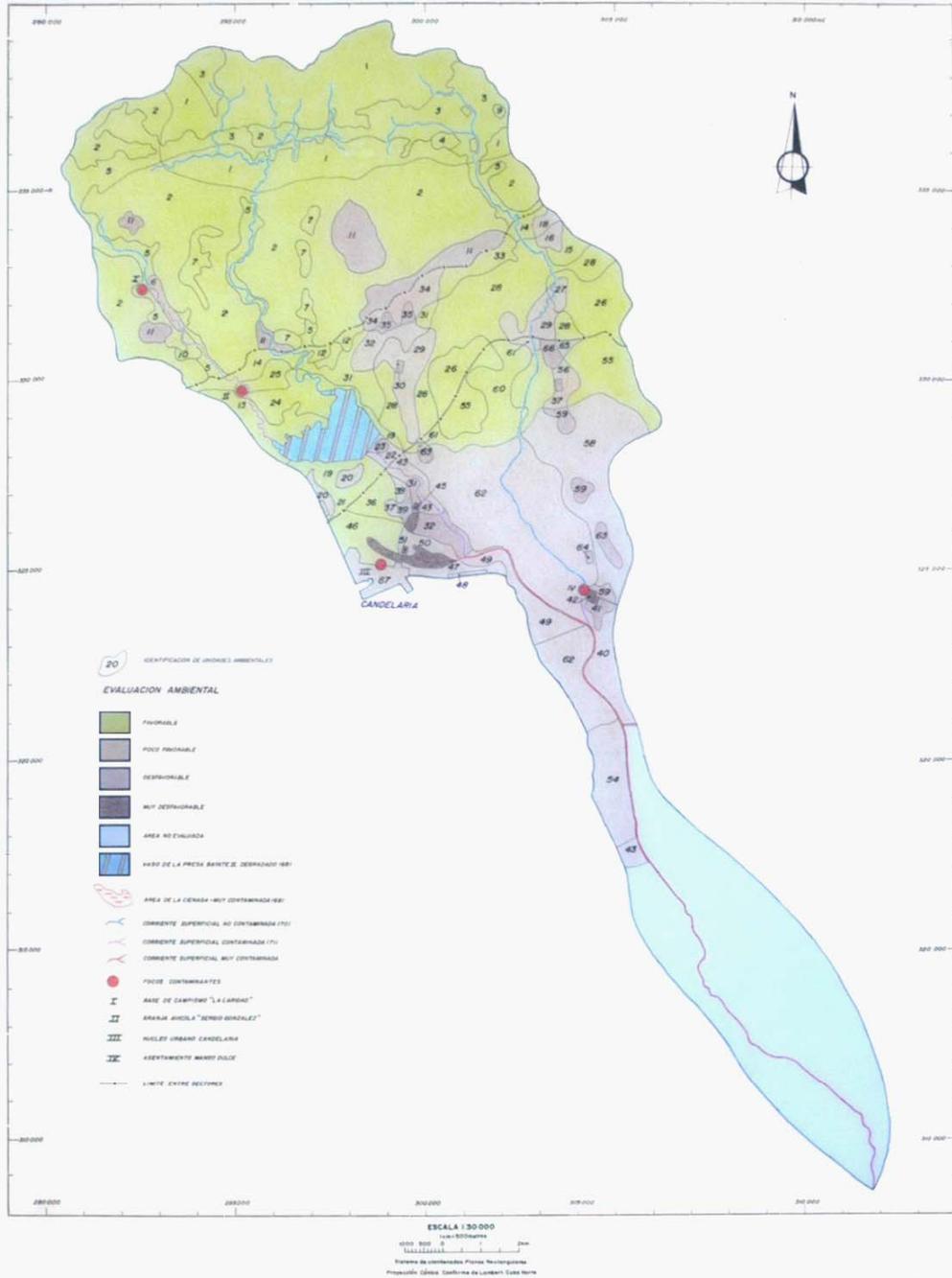
- El 43 % de la población rural de la cuenca, pertenece al tipo disperso y más del 90 % de esta se encuentra ubicada en los sectores II y III, ocupando áreas de uso pecuario y de agricultura cañera, respectivamente.
  
- Insuficiente infraestructura técnica en los asentamientos rurales concentrados, resaltando la inexistencia de alcantarillado en la totalidad de los mismos y de sistema de acueducto en los asentamientos Ginebra y Quebrada del Yuro.
  
- Predominio de las viviendas de tipología III y IV con alto porcentaje en estado regular y malo, en los asentamientos ubicados en el municipio Artemisa, siendo Mango Dulce el caso más crítico con más del 50 % de sus viviendas en mal estado. Esta situación se encuentra determinada, según informe de la Dirección Municipal de Arquitectura y Urbanismo del propio municipio, por una "...inadecuada política de rehabilitación y conservación del medio ambiente construido, caracterizada por el bajo nivel en el uso e introducción de técnicas alternativas para mantener el fondo habitacional."
  
- Déficit de servicios y mal funcionamiento de los existentes en los asentamientos ubicados en territorio de Artemisa, cuyas causas pudieran estar relacionadas con la falta de atención por parte de los organismos responsables debido, presumiblemente, al relativo aislamiento en que se encuentran dichos asentamientos, dada la distancia que los separa de su cabecera municipal.
  
- Fuentes de abasto contaminadas en los asentamientos rurales Mango Dulce y Bayate. Dicha situación pudiera tener relación, con la emisión hacia el acuífero, de los residuales humanos y domésticos a través de las fosas mareas y letrinas, fenómeno que adquiere mayor dimensión para el caso de Bayate, por su proximidad al núcleo urbano Candelaria y la ciénaga.

Desarrollo de barrios insalubres en el asentamiento Mango Dulce, debido a recientes migraciones desde otras provincias, carentes de un debido control.

A continuación se presenta el mapa de Diferenciación y Evaluación de las unidades ambientales de la cuenca San Juan Bayate.

**Fig.5 DIFERENCIACION Y EVALUACION DE UNIDADES AMBIENTALES.**

**CUENCA SAN JUAN-BAYATE**



**AUTOR: LUIS MANUEL VIERA SANFEL**

Fuente: Elaborado por el autor

## CONCLUSIONES

Mediante el cumplimiento de las diferentes tareas encaminadas a la realización aproximada del diagnóstico ambiental de la cuenca San Juan-Bayate, se arribó a las siguientes conclusiones:

- 1- Si bien no se pudo lograr un máximo de profundidad en los análisis realizados debido a la escasez de información; a partir de la integración de los resultados del inventario y evaluación de los componentes seleccionados y consecuentemente la emisión de un diagnóstico ambiental preliminar, se alcanzaron los objetivos trazados, en tanto los resultados obtenidos muestran con un nivel aceptable de certeza, la realidad ambiental de la cuenca San Juan-Bayate, lo cual servirá como punto de partida para la realización de una propuesta de manejo integral.
- 2- Los principales problemas derivados de la aplicación de la metodología del manejo de cuencas hidrográficas bajo la dimensión ambiental en el área de la cuenca San Juan-Bayate, se relacionan con los aspectos socio-económicos, debido en primer lugar a que el comportamiento de los mismos no presenta relación alguna con los límites físicos de la cuenca; en segundo lugar, el hecho de que su área se encuentre dividida por un límite político-administrativo municipal y provincial, dificultó el proceso de obtención de información básica al respecto y en tercer lugar, la forma y escala en que se encuentra recogida la información correspondiente a dichos aspectos, no son las más adecuadas para realizar estudios integrales a escalas detalladas, haciéndose necesario por parte del o los investigadores la realización de trabajos de campo más profundos y costosos en tiempo y recursos materiales.
- 3- Mediante el inventario de los aspectos físico-geográficos y socio-económicos de la cuenca San Juan-Bayate, se hizo posible la división de su área en tres sectores, atendiendo al comportamiento homogéneo de varios componentes como el relieve, los suelos y la cobertura vegetal predominante, así como el uso de la tierra, determinado por las actividades

económicas que en estos se desarrollan. En tal sentido aparecen de norte a sur, el sector S-I relacionado con la parte alta de la cuenca, donde predomina el relieve montañoso, los suelos esqueléticos, la vegetación boscosa y el uso forestal; le sigue el S-II, correspondiente a la parte media, caracterizado por un relieve colinoso, suelos pardos y fersialíticos, vegetación de pastos y el uso pecuario; más al sur se encuentra el S-III, coincidente con la parte baja de la cuenca, donde el relieve pasa a ser de ligeramente ondulado a muy plano, predominan los suelos ferralíticos y gley ferralíticos y la cobertura vegetal se relaciona fundamentalmente con cultivos, siendo el uso agrícola el más difundido en dicha área.

- 4- La evaluación de los componentes físico-geográficos de la cuenca San Juan-Bayate a partir de los indicadores utilizados, mostró que los síntomas de mayor degradación le corresponden al recurso suelo debido a la existencia de un 56 % de las tierras cuyo estado fue evaluado como desfavorable, llegando a ser muy desfavorable en el 7,6 % de las mismas. Y por su parte, de los aspectos socio-económicos, la peor situación se encuentra relacionada con los servicios básicos a la población, siendo los asentamientos ubicados en la parte de la cuenca perteneciente al municipio Artemisa, los que presentan una situación más crítica en este sentido.
- 5- El comportamiento espacial de las diferentes condiciones ambientales en el área de la cuenca San Juan-Bayate, se encuentra relacionado con el proceso histórico de asimilación socio-económica en general y en particular con el carácter de las actividades económicas que en ella se desarrollan, así como la distribución de los diferentes asentamientos. Como resultado del proceso de diferenciación, a partir de la metodología empleada, se logró determinar un total de 72 unidades ambientales, de las cuales 26 se encuentran en estado favorable, ocupando un 69 % del área total evaluada (166,4 km<sup>2</sup>); en estado poco favorable aparecen 24 unidades (25 %); como desfavorable 16 unidades (5 %) y como muy desfavorable se clasificó el estado de las 6 unidades restantes (1 %). El 79 % de las unidades ambientales en estado desfavorable, se encuentra relacionado con los asentamientos rurales, principalmente dispersos.
- 6- El estado de las condiciones ambientales de la cuenca San Juan-Bayate muestra un gradual deterioro cuando se analiza su área de norte a sur, encontrándose la mejor situación en el

sector S-I y la más desfavorable en el S-III, donde la asimilación socio-económica ha sido más intensa, resultando mayor el grado de antropización de los componentes del medio natural y la presencia de problemas ambientales.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Barranco, G. (1998). Cuenca Hidrográfica del Río Cauto, Medio Ambiente y Ordenación ante el Paradigma del Desarrollo Sostenible. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito. 64 p.
2. Barrionuevo, F. (1999). Diversidad vegetal arbórea en terrazas de plataforma constante en bosque siempreverde. IES-CITMA. Tesis de maestría. Inédito. 53 p.
3. Capel, H. (2000). Crítica sobre la tesis doctoral de Clezio Azevedo da Silva: “Las políticas de intervención en cuencas hidrográficas como estrategia de desarrollo territorial: un modelo de evaluación aplicado a Brasil”. Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales Universidad de Barcelona [ISSN 1138-9796] N ° 241. <http://www.ub.es/geocrit/b3w-241.htm>
4. Capote, R. (1990). La vegetación de la Sierra del Rosario. Instituto de Ecología y Sistemática. Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Tesis de doctorado. Inédito.130 p.
5. Capote, R.; et al. (2001). Recuperando la biodiversidad: tres estudios en ecosistemas cubanos. Artículo. Revista Ciencia Innovación y Desarrollo. Volumen 6, No. 2. IES-CITMA. pp. 12-15.
6. Cárdenas, O. (2000). Diagnóstico ambiental de la subcuenca Seibabo. Provincia de Cienfuegos. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito. 72 p.
7. Castellán, R. (2003). Diagnóstico de la erosión de los suelos rojos del ecosistema de montaña de la Sierra Norte de Puebla. Alternativas para su manejo. Instituto de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba. pp. 36-41.
8. CEPAL. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (1994). Políticas Públicas para el Desarrollo Sustentable: la Gestión Integrada de Cuencas. 231p.
9. CEPAL. (1999). Gestión de Cuencas y Ríos Vinculados con Centros Urbanos. 176p.
10. Colectivo de Autores. Mapa geomorfológico de la provincia Pinar del Río escala 1:250 000. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. (Inédito).
11. Colectivo de autores. (1994 ó 1995 ?). Mapa de erosión de los suelos. República de Cuba. Escala 1:250 000. Instituto de Suelos. Academia de Ciencias de Cuba. (Inédito).
12. Colectivo de autores. (1988). Ecología de los bosques siempre verdes de la Sierra del Rosario, Cuba. Proyecto MAB No.1, 1974-1987. Instituto de Ecología y Sistemática. Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.760 p.

13. Colectivo de autores. (1988). Mapa de Vegetación Actual de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario, escala 1:50 000. Instituto de Ecología y Sistemática (IES).
14. Colectivo de autores. (1992). Informe acerca del esquema de aprovechamiento del escurrimiento superficial de las cuencas de los ríos San Juan y Bayate. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico de la provincia La Habana. Informe.
15. Colectivo de autores. (1993). Las Reservas de la Biosfera de Cuba. Divulgación Ecológica. Comité MAB-Cuba. La Habana.
16. Colectivo de autores. (1997). Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Sección de Hidrología.
17. Colectivo de autores. (1999). Clasificación de tierras por capacidad de uso. Aplicación de una metodología para tierras de la República de Guatemala. Guía técnica del Instituto Nacional del Bosque (INAB). <http://www.maga.gob.gt/pafg/default.htm>
18. Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA). Concejo Nacional de Cuencas Hidrográficas. (1997). Guía para el diagnóstico de la situación ambiental de las cuencas hidrográficas de la República de Cuba. Inédito.
19. Cortese, N. Manejo del agua. Análisis socio territorial con criterio de cuenca hidrográfica. Subcuenca Río Huacapa-Río Azul, cuenca Papagayo. Estado de Guerrero, México. UNAM, México. Tesis de doctorado.
20. Del Risco, Y. (1999). Diagnostico Ambiental y Aproximación al Ordenamiento Geocológico de las Escaleras de Jaruco. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito. 80 p.
21. Delegación Provincial del INRH. (2002). Boletín hidrológico mensual. Comportamiento general de las aguas subterráneas. Cuenca HS-1, El Corojal. Provincia La Habana.
22. Di Pace, C. (1997). Guía metodológica de capacitación en gestión ambiental urbana para organismos no gubernamentales de América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). New York. Estados Unidos de América. 202 p.
23. Días, J. (1998). Estudio Físico- Geográfico Complejo con Proyección al Manejo de la Cuenca del Río San Diego de los Baños en su Parte Alta. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito.65 p.
24. Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos. (2000). Diseño de la red básica hidrogeológica para el año 2000. Delegación provincial del INRH Pinar del Río.
25. Dourojeanni, A. (1992). Bases conceptuales para la formulación de programas de manejo de cuencas hidrográficas. División de Recursos Naturales y Energía. CEPAL.

26. Dourojeanni, A. (2000). Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable. CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura. Serie Manual 10. Santiago de Chile. Chile. 372p.
27. DPPF (Dirección Provincial de Planificación Física) (1996). Estudio de cuencas hidrográficas. Provincia Pinar del Río.
28. DPPF (Dirección Provincial de Planificación Física) (1999). Plan de ordenamiento territorial y urbanismo. Provincia La Habana.
29. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. Provincia La Habana. (1987). Informe sobre el cálculo de escurrimientos derivados de la presa Derivadora San Juan y disponibilidad de agua en el embalse Laguna de Piedras. INRH.
30. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. Provincia La Habana. (1991). Informe sobre esquema de aprovechamiento de los escurrimientos superficiales de las cuencas de los ríos San Juan, Bayate y San Francisco. INRH.
31. Empresa de Aprovechamiento Hidráulico. Provincia La Habana. (1992). Informe sobre esquema de aprovechamiento del escurrimiento superficial de las cuencas de los ríos San Juan y Bayate. INRH.
32. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. (1991). Pasaporte. Complejo hidráulico Bayate II. Delegación provincial del INRH Pinar del Río.
33. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. (1991). Proyecto técnico ejecutivo. Complejo hidráulico Bayate II. Memoria descriptiva. Delegación provincial del INRH Pinar del Río.
34. Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos. (2003). Cálculo de rotura de embalse e inundación provocada por vertimiento para la probabilidad de diseño. Memoria descriptiva. Complejo hidráulico Bayate II. Delegación provincial del INRH Pinar del Río.
35. FAO (1976). Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de Suelos de la FAO, N° 32, Organización de las Naciones Unidas para La Agricultura y la Alimentación, Roma, 66 p.
36. FAO (1987). La calidad del agua en la agricultura. Estudio FAO, Riego y Drenaje No.29. Organización de las Naciones Unidas para La Agricultura y la Alimentación, Roma, 174 p.
37. Fernández, J. M. (1999). Características del Comportamiento Temporal y Espacial de la Evaporación en el Occidente de la Isla de Cuba. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Doctorado. Inédito. 109 p.
38. Flores, F. et al.; (2000). Mapa Hidrogeológico de Pinar del Río, escala 1:250 000. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Inédito.
39. Font, M. (2002). Diferenciación geográfica ambiental del municipio y ciudad de Santa Clara

- para la vigilancia en salud. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Tesis de Doctorado. Inédito. 159 p.
40. Fuentes, A. y Osiris Martínez. (2001). Manual técnico de estabilización y forestación de cárcavas en cuencas hidrográficas. MINAGRI. La Habana. 42 p.
  41. García, JM. (2002). Algunas reflexiones sobre el desarrollo de la gestión ambiental cubana. Artículo. <http://www.medioambiente.cu/revistama/articulo21.htm>
  42. GEARH (Gerencia Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos) (2001, 2002 y 2003). Boletines anuales de la red de calidad de las aguas. Fuentes superficiales y subterráneas. Provincias La Habana y Pinar del Río. Bases de datos del INRH.
  43. Gerard, K. (1999). Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Editorial McGraw-Hill. Madrid. España. 1331p.
  44. González, I. (1988). Hidrología práctica. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Libro de texto. 91 p.
  45. González, I. (2000). Guía metodológica para el estudio integral de cuencas hidrográficas superficiales con proyección de manejo. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Inédito. 47 p.
  46. Guevara, R. (2000). Diagnóstico Ambiental Urbano del Municipio Playa. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Trabajo de Diploma. Inédito. 49 p.
  47. Gutiérrez, J. (1994). Regularidades Espaciales y Temporales de los Recursos Hídricos del Occidente de la Isla de Cuba. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. Tesis de Doctorado. Inédito. 132 p.
  48. Gutiérrez, J. y González, I. (1986). Manual de clases prácticas de hidrología general. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía. 74 p.
  49. Guzmán, J. (2002). Fragmentación de la diversidad vegetal en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. Instituto de Ecología y Sistemática. Agencia de Medio Ambiente del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. Tesis de Maestría. Inédito. 54 p.
  50. Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba. (1975). Mapa Geológico de Cuba 1:250 000.
  51. Instituto de Geología y Paleontología. Academia de Ciencias de Cuba. (1985). Mapa Geológico de Cuba 1:100 000. Hoja 10(F 17-5). Pinar del Río.
  52. Martínez, C. y Camero, J. (1996). Mapa de patrimonio forestal de la región oriental de la Sierra del Rosario. Escala 1:25 000. GEOCUBA.
  53. Martínez, C. y Camero, J. (1996). Mapa de vegetación de la región oriental de la Sierra del

Rosario. Escala 1:25 000. GEOCUBA.

54. Martínez, C. y Camero, J. (1996). Mapa de zonificación funcional de la región oriental de la Sierra del Rosario. Escala 1:25 000. GEOCUBA.
55. Mateo, J. (2000). Planificación y Gestión Ambiental. Ministerio de Educación Superior. Universidad de La Habana. Facultad de Geografía. Inédito. 51 p.
56. MINAGRI. (1990). Mapa de los Suelos de la Provincia La Habana, escala 1:25 000. Departamento Provincial de Suelos y Fertilizantes. Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura Provincia La Habana.
57. MINAGRI. (1999). Suelos de la provincia Pinar del Río.
58. Milián, M. (1997). Diagnóstico ambiental de los paisajes. Ciudad de la Habana. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de maestría. Inédito. 67 p.
59. Necochea, J. (1995). Generalidades del Estudio Integrado de Cuencas Hidrográficas. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Trabajo de Curso. Inédito. 19 p.
60. Norma cubana NC-23: (1999). Franjas forestales de las zonas de protección a Embalses y cauces fluviales.
61. Norma cubana NC-27: (1999). Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
62. Norma cubana NC-53-91: (1983). Elaboración de Proyectos de Construcción de Acueductos. Agua Potable en Poblaciones. Determinación de la demanda.
63. Norma cubana NC-93-00-003: (1987). Acápito 21. Términos y definiciones.
64. Norma Cubana NC-93-02: (1985) Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo.
65. Norma Cubana NC-93-11: (1985) Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria.
66. Notas de clases de la Mención de Hidroclimatología y Manejo de Cuencas.
67. Ocaña, H. (2000). Diagnóstico de las condiciones ambientales del área residencial del municipio y la ciudad de Santiago de Cuba. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de maestría. Inédito. 95 p.
68. OEA (Organización de Estados Americanos) (1978). Clasificación de suelos según su capacidad de uso. Proyecto de desarrollo integrado de la región oriental de Panamá-Darién. Washington DC. pp. 1-9.

69. Penaranda L., Juan J. Paretas y Julián Herrera. (2000). Informe de la Comisión Mundial del Agua para el siglo XXI al II Fórum Mundial del Agua, La Haya, marzo del 2000. Artículo: "Visión mundial del agua. Primera parte. Sobre el informe de la comisión mundial del agua para el siglo XXI." Revista Voluntad Hidráulica 92-93 / 2000. Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas del INRH.
70. Pérez, N. (2000). El Medio Ambiente: como hecho y como concepto. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. (Inédito).
71. Pérez, N. (1995). Diferenciación del ambiente urbano en la Ciudad de la Habana. Potencialidades para la gestión comunitaria. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de doctorado. Inédito. 103 p.
72. Polo, M. (2000). Propuesta de manejo para el sector No. 2 de la cuenca del río San Diego. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de maestría. Inédito. 86 p.
73. Pratts, F. y Ninon Alfonso. (1998). La acción del hombre para aprovechar un vital recurso. Artículo, Unión de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos y Centro de Hidrología y Calidad de las Aguas del INRH. Revista Voluntad Hidráulica 90-98. pp.17-18.
74. Pszczolkowski, A.; et.al.; (1975). Texto explicativo al Mapa Geológico escala 1:250 000 de la provincia Pinar del Río. Instituto de Ciencias Geológicas de la Academia de Ciencias de Polonia. Instituto de Geología y Paleontología de la Academia de Ciencias de Cuba. Varsovia-La Habana. 621 p.
75. Ramírez, J.F. y Avila, L.; (1996). Historia del municipio Candelaria, desde los orígenes hasta 1996. Museo municipal de Candelaria. Pinar del Río.
76. Rodríguez, F. Nuevo mapa isoyético de la República de Cuba. 1931-1990; escala 1:250 000. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. En fase de elaboración.
77. Rodríguez, F. (1998). Restauración de las condiciones medio ambientales en los tramos de ríos inferiores a las construcciones hidrotécnicas. Afluencia ecológica de embalses. Artículo. Revista Voluntad Hidráulica 89-90. pp. 29-35.
78. U.S. Environmental Protection Agency, (1996). Artículo: ¿Por qué las Cuencas? <http://www.epa.gov>
79. USAID (United State Agency for International Development). (1999). Resumen Ejecutivo. Artículo: "La interrelación entre el manejo de las cabeceras de las cuencas hidrográficas y los efectos en las cuencas bajas." <http://www.usaid.gov>
80. USDA (United State Department of Agricultura) (1965). Clasificación por capacidad de uso de las tierras. <http://www.usda.gov>

81. Zabala, B. (2000). Diagnóstico ambiental del parque nacional “Alejandro de Humboldt”, como base para su desarrollo. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito. 94 p.
82. Zamora, J. L. (1994). Los Recursos Turísticos de los Paisajes de la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Trabajo de Diploma. Inédito. 56 p.
83. Zamora, J. L. (2001). Estudio del Impacto Ambiental de la Actividad Turística en la Reserva de la Biosfera Sierra del Rosario. Universidad de la Habana. Facultad de Geografía. Tesis de Maestría. Inédito. 95 p.