

UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA HABANA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CENTRO DE ESTUDIO DE DESARROLLO AGRARIO RURAL



**ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DEL RECURSO
AGUA. ESTUDIO DE CASO: CUENCA DEL RÍO NARANJO PROVINCIA LAS
TUNAS.**

Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias

Autor: MSc. Yoandris García Hidalgo

Tutores: Dr.C. Carlos E. Balmaseda Espinosa

Dr.C. Heriberto Vargas Rodríguez

SÍNTESIS

Se exponen los principales resultados obtenidos en la investigación con el fin de proponer una estrategia para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Naranjo. Para alcanzar este objetivo se hizo un diagnóstico que incluye la revisión de la bibliografía referente al tema así como la realización de talleres participativos donde se aplicaron diferentes técnicas, herramientas y metodologías como: tormenta de ideas, matrices FODA, EPIR y Vester sustentados en el criterio de expertos mediante el método Delphi, permitiendo identificar que el principal problema que afecta la gestión de los recursos hídricos es el deterioro de la calidad de las aguas para sus diversos usos, cuyos orígenes se deben, fundamentalmente, a factores de carácter natural, e influenciado por la acción antrópica, por la inadecuada gestión del territorio, lo que unido a la deficiente educación y sensibilidad ambiental de la población, contribuye no solo a mantener el deterioro ambiental, sino también a agravarlo, con lo cual puede hacer irreversible su recuperación.

Como parte de la estrategia se proyectaron una serie de acciones consensuadas para disminuir los problemas que afectan la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca, donde a los actores sociales les corresponde una participación activa en su gestión. Con ello se favorece el proceso de toma de decisiones orientado al desarrollo sostenible.

Se evidenció que el nivel de gestión actual de la cuenca, según el IsGC, es Medio. Sin embargo, se estima que luego de ejecutar parte de las acciones propuestas en la investigación su sostenibilidad debe aumentar en más de 10 % en el año 2015.

Tabla de Contenidos

INTRODUCCIÓN	8
CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. <i>Las cuencas como unidades territoriales para la gestión sostenible del agua</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.2. <i>Marco conceptual para la gestión sostenible del agua</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.3. <i>Los recursos hídricos en Cuba</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1. <i>Problemas de manejo del recurso hídrico en Cuba</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.4. <i>Calidad de las aguas</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.5. <i>Posibles impactos en los recursos hídricos del archipiélago cubano</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.6. <i>Regulaciones Políticas y legales de los recursos hídricos en Cuba</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.7. <i>Estrategias de manejo de agua . Aspectos conceptuales</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.7.1. <i>Estrategias para América Latina y el Caribe</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.7.2. <i>Estrategias de manejo de agua en Cuba</i>	¡Error! Marcador no definido.
1.8. <i>Índice de sostenibilidad en cuencas hidrográficas</i>	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	¡Error! Marcador no definido.
2.1. <i>Características físico-geográficas del área de estudio</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1. <i>Localización del área objeto de estudio</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2. <i>Caracterización climática</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. <i>Caracterización geológica e hidrogeológica</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3.1. <i>Caracterización geológica</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3.2. <i>Caracterización Hidrogeológica</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4. <i>Caracterización Hidrológica</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.2.4.1. <i>Disponibilidad del agua</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.5. <i>Caracterización edáfica</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.1.6. <i>Características socioeconómicas de la cuenca</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.2. <i>Fuentes contaminantes de la cuenca</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3. <i>Metodología de la investigación</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. <i>Etapa de preparatoria</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1.1. <i>Selección de la zona objeto de estudio</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1.2. <i>Coordinación con actores locales</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1.3. <i>Selección del grupo de expertos</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1.4. <i>Preparación de los participantes</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1.5. <i>Talleres Participativos</i>	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2. <i>Fuentes documentales e instituciones consultadas</i>	¡Error! Marcador no definido.

2.3.3. Diagnóstico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3.1. Metodología para el diagnóstico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3.1.1. Análisis de los principales problemas detectados durante el diagnóstico.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4. Análisis de la calidad de las aguas para diversos usos	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1. Toma de muestras.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2. Análisis físico-químico y bacteriológico	¡Error! Marcador no definido.
2.4.3. Clasificación hidroquímica.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.4. Calidad para el consumo humano y pecuario de las aguas de la cuenca del río Naranjo	¡Error! Marcador no definido.
2.4.5. Indicadores de calidad de las aguas para el riego.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Diseño estratégico para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Naranjo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.1. Procedimiento para la definición de Objetivos Estratégicos, Estrategias Específicas, planes de acción.....	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2. Validación de la estrategia	¡Error! Marcador no definido.
2.5.2.1. Procesamiento de la información	¡Error! Marcador no definido.
2.6. Determinación del índice simplificado de gestión de la cuenca hidrográfica del río Naranjo	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Diagnóstico de la cuenca	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1. Etapa preparatoria	¡Error! Marcador no definido.
3.1.1. 2. Análisis del coeficiente de competencia de los expertos	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2. Análisis de los principales problemas detectados durante el diagnóstico	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2.1. Matriz EPIR de los principales problemas encontrados.....	¡Error! Marcador no definido.
3.1.2.2. Jerarquización de los problemas detectados.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Análisis del principal problema identificado.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1. Caracterización hidroquímica	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2. Clasificación de las aguas según Shchoukarev	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3. Calidad de las aguas con fines humanos y pecuarios.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4. Calidad de las aguas con fines agrícolas	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4.1. Criterios generales de FAO	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4.2. Salinidad	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4.3. Efectos sobre la infiltración	¡Error! Marcador no definido.
3.3.4.4. Toxicidad.....	¡Error! Marcador no definido.

3.4 . Estrategia para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo ¡Error!

Marcador no definido.

3.4.1. Descripción de la estrategia ¡Error! Marcador no definido.

3.4.2. Principios de la estrategia ¡Error! Marcador no definido.

3.4.3. Premisas de la estrategia para el aprovechamiento sostenible del agua .. ¡Error! Marcador no definido.

3.4.4. Estructura de la estrategia ¡Error! Marcador no definido.

3.4.5. Validación de la estrategia ¡Error! Marcador no definido.

3.5. Índice simplificado de gestión de la cuenca del río Naranjo ¡Error! Marcador no definido.

CONCLUSIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

RECOMENDACIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

Anexo 1 .Caracterización y coeficiente de competencia de los expertos que participaron en la consulta . ¡Error!

Marcador no definido.

Anexo 2. Encuesta a expertos para evaluar su coeficiente de competencia. ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 3. Propuestas de estrategias para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo..... ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 4. Aspectos analizados por los expertos para validación de la estrategia. ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 5. Respuesta de los expertos en cada aspecto analizado. ¡Error! Marcador no definido.

Anexo 6.Etapas metodológicas para el desarrollo del Índice simplificado de Gestión de Cuencas..... ¡Error!

Marcador no definido.

GLOSARIO DE SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN

AMA: Agencia de Medio Ambiente.

BID: Banco Internacional de Desarrollo.

CAM: Consejo de la Administración Municipal.

CCS: Cooperativas de Crédito y Servicios.

CEDAR: Centro de Estudio de Desarrollo Agrario y Rural.

CITMA: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

CNCH: Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas.

CPA: Cooperativas de Producción Agropecuaria.

DMHP: Dirección Municipal de Higiene e Epidemiología.

DMPF: Dirección Municipal de Planificación Física.

DPRH: Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos.

EAN: Estrategia Ambiental Nacional.

EDA: Enfermedades Diarreicas Agudas.

ENEA: Estrategia Nacional de Educación Ambiental.

FAO: Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

GIRH: Gestión Integrada de Recursos Hídricos.

GWP: Grupo Mundial del Agua (Siglas en Inglés).

ICD: Índice Clásico de Disponibilidad.

INRH: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

INSMET: Instituto de Meteorología

IPF: Instituto de Planificación Física.

IPS: Instituto Provincial de Suelos.

IsGC: Índice Simplificado de Gestión de la Cuenca.

MEP: Ministerio de Economía y Planificación.

MFP: Ministerio de Finanzas y Precios.

MINAG: Ministerio de la Agricultura.

NAM Máx: Nivel de agua Máximo.

NAM Mín: Nivel de agua Mínimo.

NC: Sistema de Normas Cubanas.

OME: Oficina Municipal de Estadística.

ONU: Organización de Naciones Unidas.

PMA: Programa Mundial de alimentación.

PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Q_0 : Gasto medio anual.

RHA: Recursos Hídricos Aprovechables.

RHD: Recursos Hidráulicos Disponibles.

RHP: Recursos Hídricos Potenciales.

SEF: Servicio Estatal Forestal

SIG: Sistemas de Información Geográfica.

UBPC: Unidades Básicas de Producción Agropecuaria.

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La escasez de agua dulce a nivel mundial es un problema de dramática prioridad, pues ella representa sólo un porcentaje limitado del agua total, aproximadamente un 2.5%, del cual menos del 0.5% es accesible, es decir, el 97% es agua salada, no apropiada para la mayor parte de las actividades humanas (Molina, 2009). En la actualidad, cerca del 40% de la población mundial vive en zonas con escasez de agua, por eso la utilización de este recurso, es una preocupación permanente de los científicos en todas las latitudes, que centran la atención no sólo en la evaluación, protección y utilización eficiente de las grandes reservas, sino también en la búsqueda de mejores tecnologías para su explotación.

Según la FAO (2006) en los últimos años las investigaciones confirman que el mal manejo del recurso natural agua influye negativamente al ser utilizada como cuerpo receptor de contaminantes, causante de enfermedades y muerte de especies que la necesitan para sobrevivir. Como agente dinámico provoca inundaciones, erosión, sedimentación y salinización, sin embargo, aunque renovable y demandada cada día en cantidades más crecientes, es escasa, ya que sus condiciones naturales de formación y distribución no siempre resultan homogéneas ni en el espacio ni en el tiempo.

Según Aguirre (2010) se busca la manera de hacer más eficiente el saber humano, pues los resultados incongruentes y a veces contradictorios de los estudios sobre la adopción de nuevas prácticas, indican que el proceso de toma de decisiones de los agricultores es muy variable y a menudo inaceptable, considerando el apremio de los problemas relacionados con la escasez de agua.

Los estudios sobre esta problemática, no han sido suficientemente impulsados hasta ahora, sin embargo, los requerimientos y oportunidades para la aplicación de las nuevas tecnologías ahorradoras son cada vez más notorias, si se sabe que la “crisis de cantidad”

(sequía), está interactuando con otra no menos preocupante: la del deterioro del medio ambiente (Torregrosa, 2007).

Las escases del agua es una problemática a escala mundial, demanda de un incremento en la capacitación e innovación, y en la mejora de sus instituciones, con el objetivo de crear un ambiente de trabajo más eficiente en este sentido (FAO, 2006). Se tiene conocimiento de tales problemas, sin embargo, no se sabe cómo hacer para estructurar y aplicar procedimientos eficientes hacia la implantación del saber disponible entre los usuarios del agua y asegurar la aplicación continua de prácticas probadas que conduzcan a una agricultura sostenible (Aledo, 2006). Aunque en ocasiones existen las habilidades básicas para su explotación o son relativamente fáciles de obtener, en las últimas décadas existen dificultades en aplicar o extender tecnologías y buenas prácticas para resolver o evitar problemas, o para establecer programas.

La importancia de ir a la búsqueda de soluciones, se corresponde con la tendencia actual de la agricultura, que según FAO (2006), se encamina hacia la modernización de los sistemas de irrigación, es decir, hacia la difusión de tecnologías y buenas prácticas en la utilización del agua a nivel local, y con las discusiones tratadas en diferentes informes y foros internacionales a las que hace referencia García (2002).

En la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente “El Desarrollo en la Perspectiva del Siglo XXI” (Dublín, Irlanda, 26 al 31 de enero de 1992), se puntualizó que la “gestión eficaz establece una relación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua en la totalidad de una cuenca hidrológica o un acuífero”.

En la Conferencia Internacional sobre el Agua Dulce “*El Agua: Una de las Claves del Desarrollo Sostenible*” (Bonn, Alemania, 3 al 7 de diciembre de 2001), se señala que “la clave de la armonía a largo plazo con la naturaleza y con nuestros semejantes reside en arreglos de cooperación a nivel de cuenca hidrográfica, siendo el marco de referencia

indicado para la gestión de los recursos hídricos” y se destaca que las “cuencas hidrográficas, las cuencas fluviales, los lagos y los acuíferos deben ser el marco de referencia primario para la gestión de los recursos hídricos” y que es “preciso crear mecanismos institucionales y participativos a este nivel”.

La búsqueda de un determinado posicionamiento estratégico para la explotación del recurso agua, crea en las organizaciones la necesidad de formular planes de acción que tengan en cuenta la información disponible sobre este recurso, sus capacidades y la dinámica del contexto.

La complejidad en la explotación eficiente del recurso agua conlleva a una adecuada gestión de la información, cuestión esta tratada en diferentes foros internacionales, donde Cuba no ha estado exenta en la búsqueda de soluciones acerca de esta problemática, que afecta a diferentes regiones del territorio nacional.

El río Naranjo es uno de los afluentes tributarios de la cuenca del río Cauto, localizado en la vertiente sur de la provincia Las Tunas, su cuenca hidrográfica ocupa la casi totalidad del municipio de Majibacoa.

Investigaciones realizadas por el Programa Mundial para la Alimentación y el Instituto de Planificación Física (PMA – IPF, 2001) indican que los períodos secos se han alargado más, trayendo consigo la disminución de volúmenes de aguas subterráneas y superficiales, lo que ha repercutido dentro de este territorio que se caracteriza por la fragilidad de los agroecosistemas rurales, generando un significativo impacto en la seguridad alimentaria debido a su amplia distribución geográfica y el hecho de que la vida económica y social de varios municipios se desarrolla o se relaciona con recursos existentes en el área de esta cuenca, por lo que se evidenció la importancia y la necesidad de estudiar el recurso hídrico y proponer estrategias para una gestión sostenible del agua.

El agua es un elemento indispensable para la actividad humana y cualquiera que sea su estado y situación, requiere que, cada vez más y con mayor frecuencia, deban de ser estudiadas su disponibilidad y calidad (estos dos aspectos, junto al acceso, deben ser analizados cuando se trata de gestión sostenible del recurso agua) con el fin de incrementar el volumen de agua disponible, proteger su calidad y ahorrar su uso en armonía con los restantes recursos naturales. Por lo que la gestión tecnológica medioambiental constituye el primer y fundamental eslabón para lograr los objetivos de la política de desarrollo local sostenible como parte de un sistema de gestión que incluye la estructura organizativa, estrategias, participación comunitaria etc., así como los recursos para desarrollar, implementar, revisar y mantener en continuo perfeccionamiento dicha política de desarrollo sostenible.

Ante esta situación, se evidencia la importancia de buscar métodos y herramientas, que posibiliten establecer el manejo adecuado de los recursos naturales, encaminados a lograr un ordenamiento adecuado del territorio y sirvan de hilo conductor en la aproximación a soluciones, lo que permite plantear el siguiente **Problema Científico**:

¿Qué acciones deben integrar la estrategia para la gestión sostenible del recurso agua en la cuenca del río Naranjo?

HIPÓTESIS

El conjunto de acciones que componen la estrategia para el m manejo sostenible del recurso agua, obtenida de forma participativa, permitirá una adecuada gestión ambiental sostenible en la cuenca del río Naranjo, reduciendo la influencia antrópica sobre la calidad de los recursos hídricos.

OBJETIVO GENERAL

Proponer un conjunto de acciones estratégicas para la gestión sostenible del recurso agua en la cuenca del río Naranjo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar el diagnóstico de la cuenca del río Naranjo para la evaluación de la gestión de los recursos hídricos.
2. Evaluar el principal problema que se identifique en el diagnóstico relacionado con el manejo de los recursos hídricos.
3. Formular un plan de acción que contribuya a la gestión sostenible de los sistemas hídricos en la cuenca hidrográfica del río Naranjo.
4. Valorar la gestión ambiental en la cuenca del río Naranjo.

Novedad Científica

Se diseñó por primera vez una estrategia integral para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del río Naranjo, municipio Majibacoa, aportando soluciones para los principales problemas identificados en cada una de sus dimensiones, sustentadas en criterios de expertos de forma participativa, que favorece el proceso de toma de decisiones consensuadas en el municipio.

Valor práctico

La estrategia propuesta aporta informaciones, orientaciones y recomendaciones a tener en cuenta por las autoridades locales en la elaboración e implementación de acciones hacia el logro de una gestión sostenible de los recursos hídricos por parte de sus actores sociales.

El procedimiento utilizado, partiendo de las acciones que actualmente se ejecutan en Cuba, será una herramienta que permitirá formular y adecuar periódicamente el marco de los planes de acción y su correspondiente implementación a nivel local en el corto, mediano y largo plazo.

Actualidad del tema

La investigación está relacionada con la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo a partir de un enfoque metodológico de actualidad que se refleja en las dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social y económica).

- Desde el punto de vista ambiental se incorporan de manera efectiva criterios coherentes con las estrategias y regulaciones ambientales vigentes en el municipio, con lo que se logra una gestión sostenible de los recursos hídricos, orientada hacia la preservación de los principales recursos naturales de la cuenca.
- Desde el punto de vista social, se abordan un conjunto de acciones con herramientas científicamente apropiadas, orientadas al logro de una gestión sostenible de los recursos hídricos, donde los actores sociales tiene una activa participación en todo el proceso de planeación estratégica.
- Desde el punto de vista económico se proponen un conjunto de acciones estratégicas viables, encaminadas al uso racional de los recursos naturales. Ello optimizará los recursos materiales que se asignan al territorio, cuyos resultados contribuyan a una gestión sostenible de los recursos hídricos.

CAPITULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En este capítulo se abordan aspectos relacionados con el manejo sostenible del recurso hídrico, así como algunas estrategias de manejo de agua para América Latina y Cuba. Se exponen los principales criterios asociados al manejo de cuencas.

1.1. Las cuencas como unidades territoriales para la gestión sostenible del agua

La cuenca hidrográfica: “es un territorio cuyas aguas fluyen a un mismo río, lago o mar”; corresponde al área de acopio de un sistema de cursos de agua definidos por el relieve. “Los límites están claramente marcados y normalmente no corresponden con límites administrativos”, si bien el concepto de cuenca es importante a los planificadores y gestores de los recursos hídricos, es mucho menos importante para las comunidades, las autoridades y los políticos (Hawkes, 2003).

La FAO (2006) define a una cuenca como el área topográficamente delimitada por donde el agua que se precipita crea una red de drenaje, la cual conduce sus aguas a un río más grande, a un acuífero, lago o mar.

Según Hawkes (2003) a pesar de lo sostenido en favor de la realización de actividades coordinadas de gestión del agua en el ámbito de cuencas, el territorio que abarcan no es obviamente el único espacio dentro del cual se puede dirigir y coordinar dichas actividades, es necesario tener presente las siguientes consideraciones:

Hidrológicamente: los límites naturales superficiales de una cuenca no necesariamente coinciden con los límites de las aguas subterráneas. Es por eso que en muchos países se establecen sistemas de distritos de manejo de aguas subterráneas, que tienen sus límites definidos de acuerdo a los contornos de los acuíferos; desde luego, no abarcan las superficies de los mares donde se genera una gran parte del ciclo hidrológico; y por lo general no incluyen las franjas costeras y deltas donde el agua drenada por una cuenca

ejerce influencia determinante. Los límites de la cuenca son, en general, menos relevantes en zonas planas o de extrema aridez, y deben ser expandidos si, por su cercanía o por la configuración de los sistemas hidrológicos que las forman, se interconectan dos o más cuencas que den origen a regiones o subregiones hidrológicas con características productivas y ecológicas generalmente comunes.

Políticamente: los límites de las cuencas crean situaciones complejas de administración para los distintos niveles de gobierno (nacional, central o federal, estatal, provincial, regional, municipal, comunidades indígenas, etc.), quienes, por una parte, tienen la responsabilidad de dirigir, administrar o facilitar el funcionamiento de procesos de gestión de los recursos naturales y de prestación de servicios públicos basados en el agua y, por otra, deben relacionarse con otros niveles de gobierno para resolver problemas comunes.

1.2. Marco conceptual para la gestión sostenible del agua

La gestión sostenible del agua emana de los “buenos principios de gestión hídrica” que defienden numerosos organismos internacionales y que han sido refrendados en diversos simposios internacionales y eventos al más alto nivel como la Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible (WMO, 1992). En ella se señaló que la escasez y el abuso del agua dulce, ponen en peligro el desarrollo sostenible, la seguridad alimentaria, el desarrollo industrial, la salud y el bienestar humano. Otras conferencias, tales como la Conferencia de Naciones Unidas celebrada en Mar del Plata (UNDP, 1977), Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro (UNDP, 1992) han tratado el tema de la sostenibilidad del recurso, definiendo principios, estrategias y políticas.

Otro foro de discusión ha sido el Consejo Mundial del Agua (World Water Council WWC), fundado en 1996, que es una organización no-gubernamental cuyo objetivo es despertar la sensibilización de los gobiernos sobre la importancia de realizar una gestión hídrica de forma sostenible y su divulgación se realiza a través de los Foros Mundiales

del Agua (Marruecos, 1997, Holanda, 2000, Japón 2003, México 2006, Turquía 2009).

Organismos como el Banco Mundial (WWB, 2006), han publicado documentos para establecer el marco de actuación en políticas hídricas mundiales. Como consecuencia de todo esto, muchos países han comenzado un proceso de revisión y reforma de sus políticas hídricas sobre la base de establecer un balance entre la preservación de los recursos naturales y los objetivos de desarrollo socioeconómico. A pesar de ello, existe todavía un claro déficit no solo de implementación de medidas de gestión hídrica sostenible, sino también de existencia de metodologías estandarizadas para tal fin e incluso de planificación previa a la gestión (UICN, 2006).

Al respecto Mariño (2001) y Heinz *et al.* (2007), plantean que en la actualidad, se considera que la mejor forma de realizar una gestión sostenible, equitativa y eficiente de los recursos hídricos, particularmente a escala de cuenca, debe ser desde un enfoque integrado. Existen muchas definiciones de manejo integrado de los recursos hídricos, donde subyacen diferentes concepciones de políticas macroeconómicas. Quizás el primer principio que se considera es que la gestión del agua debe ser interdisciplinar, aspecto que resultará eficaz si combinan los conceptos y métodos económicos con la ingeniería y la hidrología. De esta forma, no es suficiente determinar el impacto generado en un aspecto particular o considerar una estrategia única de gestión, sino que debe valorarse cualquier efecto que se produzca (ambiental, socioeconómico, político, legal, etc.), relacionado con la gestión de los recursos hídricos (Barkin, 2004).

En segundo lugar, es necesario realizar una participación activa de los actores sociales desde el inicio del proceso de planificación hasta la implantación de la gestión para que, de esta forma, ellos puedan tener la oportunidad de identificar los aspectos que son más importantes, aunque esto pueda dar lugar a conflictos y opiniones encontradas pero el proceso se verá enriquecido y se podrán hallar soluciones con un consenso razonable

(UNESCO, 2003).

El concepto de la integración significa que el impacto producido por un determinado tipo de gestión o por una decisión específica no está limitado a un aspecto individual, sino que también afecta a las cuestiones relacionadas con el recurso y con su medio físico y social. Por otro lado, muchos problemas de la gestión hídrica requieren soluciones holísticas e integradas (Prato *et al.*, 2009), puesto que los impactos que tienen efectos beneficiosos para un grupo de actores sociales pueden ser perjudiciales para otros. En definitiva, para alcanzar el equilibrio necesario, los impactos de las decisiones deben ser evaluados de una forma global y del resultado del balance se podrán tomar decisiones con el mayor grado de consenso.

El agua tiene un valor como bien económico y como un bien social. Muchos de los errores en la gestión integrada de los recursos hídricos pueden atribuirse a la falta de reconocimiento del verdadero valor del agua. Si la percepción errónea del valor del agua persiste, entonces no podrá obtenerse el máximo beneficio de los recursos hídricos (FAO, 2000).

De lo anterior se deduce que el concepto de gestión sostenible, está sujeto a diversas definiciones, la gestión del agua debe incluir “la integración, coordinación y administración de actividades”. Ello coincide con Reimold (2005) y Barthel (2008), quienes plantean que a pesar de las definiciones existentes sobre la gestión del agua, ésta ha estado siempre condicionada por dos cuestiones fundamentales: la cantidad de agua que se necesita (demanda) y cuánta hay disponible (oferta). Oferta y demanda han sido tradicionalmente las claves para analizar los sistemas hídricos, aunque, en las últimas décadas, la manera de abordar estas cuestiones básicas ha cambiado radicalmente por razones que permiten explicar este cambio en la perspectiva de la gestión hídrica, se encuentra, en primer lugar, el concepto de sostenibilidad y de gestión

hídrica a largo plazo; además, la necesidad de llevar a cabo buenas políticas de gestión hídrica ha sido planteada hace relativamente poco tiempo en los foros internacionales.

Desde el nacimiento del concepto de sostenibilidad en la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (1987), a través del informe Bruntland, el agua ha sido reconocida como un componente esencial para el desarrollo presente y futuro de los seres humanos (Loukas *et al.*, 2007). Otras de las razones que explican el cambio de perspectiva es que mientras la gestión hídrica ha sido tratada únicamente mediante consideraciones hidrológicas o económicas y por separado, ahora se reconoce la necesidad de la integración de objetivos múltiples (enfoque holístico), con frecuencia contrapuestos, pertenecientes a los diferentes gestores y grupos de interés (“actores sociales”). Por ello, en los últimos años se viene aceptando el hecho de que el conjunto de aspectos e impactos económicos, medioambientales y sociales tienen que ser considerados (Hawkes, 2003).

De esta forma, deberían ser tenidos en cuenta los impactos producidos por un estado cambiante de recursos hídricos, a menudo sobreexplotados, en la calidad de la vida humana y en los ecosistemas dependientes (Bouwer, 2002).

Actualmente se habla de crisis mundial del agua, porque el 35% de la población del planeta vive en condiciones precarias de abasto de agua y de medidas de saneamiento. Se prevé que para el año 2025 esta cifra se duplicará (Casanova, 2007). La escasez de agua en el mundo tiene como causas principales: la presión sobre los recursos hídricos debido a la sobrepoblación, la contaminación, el cambio en los usos y ciclos del agua, y el cambio climático generado en gran parte por los seres humanos (FAO, 2008).

Esta situación de escasez del agua, amenaza aspectos fundamentales de la seguridad humana, tales como la producción de alimentos, la salud y la estabilidad social y

política, ya que generan conflictos entre usuarios; y hace que se elaboren estrategias en el manejo del agua (FAO, 1996).

Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la humanidad extrae cerca del 8% del total de agua dulce renovable del Planeta, se apropia del 26% de la evapotranspiración y del 54% de las aguas de escorrentía accesibles; incluyendo 8000 km³ de agua contenidos en embalses construidos (UNESCO, 2003).

1.3. Los recursos hídricos en Cuba

Reconociendo la dependencia directa de las disponibilidades de agua en Cuba con el comportamiento anual e hiperanual de las precipitaciones, aun teniendo en cuenta la importante infraestructura hidráulica creada y que continúa en desarrollo, que alcanza la cifra aproximada del 57% de los recursos hídricos aprovechables, subsisten problemas para garantizar su uso (INRH, 2007). Las causas principales son:

- ✓ Su carestía relativa en zonas vulnerables del país.
- ✓ La pérdida de su calidad original, en determinadas áreas, por efecto de la actividad antrópica.
- ✓ Las pérdidas en su conducción, por ineficiencias en los sistemas de distribución y por aplicación de tecnologías inadecuadas, fundamentalmente en el riego de los cultivos agrícolas.

Los retos que deben enfrentarse están identificados en los principales problemas ambientales del país, reflejados en la Estrategia Ambiental Nacional (CITMA, 1997), la degradación de los suelos, los problemas en la cobertura forestal y la pérdida de la diversidad biológica, tienen una importante repercusión en la cantidad del recurso hídrico y contaminación de las aguas, reflejados en la calidad de vida de las comunidades.

Según el INRH (2007), en Cuba los problemas relacionados con el agua presentan múltiples y complejas situaciones como: la desigual distribución temporal y espacial de las lluvias, ocurrencia de eventos extremos (inundaciones por lluvia excesiva, sequía, ciclones tropicales), uso ineficiente del recurso, intrusión salina en acuíferos costeros, contaminaciones de origen antrópico y muchas otras comunes a casi todos los países del planeta.

Según el Instituto de Meteorología (INSMET, 2011), los eventos hidrometeorológicos extremos (intensas lluvias provocadas por huracanes y por sistemas frontales, la sequía) y su incidencia en el territorio nacional, tienen una marcada influencia en las disponibilidades del agua y demuestran la necesidad de implementar concepciones integradoras como la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión integrada de los recursos hídricos, teniendo como unidad básica para su desarrollo la cuenca hidrográfica.

La ubicación y las características físico-geográficas del Archipiélago Cubano, con un relieve caracterizado por la sucesión de extensas llanuras y montañas que por su disposición se interponen al paso de las masas de aire húmedo, influyen significativamente en el régimen hidrológico. En las regiones occidental y central predominan las llanuras y alturas bajas, aunque esta regularidad es interrumpida por la Cordillera de Guaniguanico, en la provincia de Pinar del Río y el grupo montañoso Guamuhaya, al sur de las provincias centrales, mientras que la región oriental es dominada por un relieve montañoso y llanuras que sufren intensamente el efecto de la barrera orográfica. Otra característica notable es la apreciable acción reguladora del carso sobre el escurrimiento superficial en las regiones occidental y central de Cuba (Cenhica, 2001).

El elemento de mayor variabilidad del clima tanto espacial como temporal, así como su distribución, son las precipitaciones. Temporalmente están bien definidos los períodos lluviosos, y poco lluvioso, mientras que espacialmente se definen distintas regiones de Cuba con condiciones desiguales de las precipitaciones, tanto en su comportamiento medio como interanual.

Otra de las características de la distribución espacial, es el aumento de las precipitaciones en relación con la distancia desde las costas, así como con la elevación sobre el nivel del mar. El promedio anual en las costas, generalmente puede variar entre 1000 y 1200 mm. En la mayoría de las regiones llanas y onduladas se acerca a los 1400 y 1 600 mm (Aguirre 2006).

La propia configuración del territorio, de forma alargada y estrecha, conjuntamente con la disposición y estructura del relieve, determinan la existencia de un parteaguas central a lo largo de toda la isla principal, en la dirección de su eje longitudinal, el cual define dos vertientes principales: la vertiente septentrional y la vertiente meridional (Cenhica, 2001).

Como consecuencia de esta característica particular del territorio, casi la totalidad de los ríos cubanos corren en la dirección perpendicular al parte-aguas central, siendo corrientes de curso corto y marcadas pendientes y con un régimen de caudales variable en dependencia del comportamiento anual de las precipitaciones (INSMET, 2011).

La longitud de los ríos y el área de las cuencas, en el 85 % de los casos, son inferiores a 40 km y 200 km², respectivamente. Dos cuencas, 0.32 % del total, tienen entre 2001 y 2500 km² y una cuenca, el 0.16 % del total, más de 2500 km². Solo catorce superan los 1000 km². Al norte, en el Golfo de México y el Océano Atlántico desaguan 236 cuencas, mientras que 327 cuencas lo hacen al sur, en el Mar Caribe. El Cauto, ubicado

en la región oriental, es la mayor de las cuencas de Cuba (orientación este-oeste), y abarca un área aproximada de 9500 km² (García, 2008).

De acuerdo con fuentes publicadas de Voluntad Hidráulica (VH, 2002), los recursos hidráulicos potenciales (RHP) del Archipiélago Cubano se evalúan en un total de 38.1 km³, de ellos: 6.4 subterráneos en 165 unidades hidrogeológicas y 31.7 superficiales en 398 cuencas hidrográficas.

Los recursos hidráulicos aprovechables (RHA) se evalúan en alrededor de 24 mil millones de metros cúbicos anuales, correspondiendo el 75% a las aguas superficiales y el 25% a las subterráneas. Este volumen determina como límite superior, un Índice Clásico de Disponibilidad (ICD), de 2130 metros cúbicos por habitante por año, para todos los usos en el año 2010 (García, 2008).

Es muy frecuente encontrar en la literatura internacional este indicador referido a los recursos potenciales de agua disponible, más que en términos de infraestructura hidráulica creada (WCSD, 2005), lo que determina que países con coberturas mínimas de infraestructura hidráulica, aparezcan con indicadores cuantitativos superiores a 5 mil y 10 mil m³/habitante/año.

Los recursos hidráulicos disponibles (RHD) ascienden a 13 667.65 millones de metros cúbicos. El desarrollo de la infraestructura hidráulica permite poner a la disposición de las demandas económicas, sociales y ambientales, el 57% de los recursos aprovechables.

El proceso de planificación y control del uso del agua se realiza en la actualidad en los Complejos Hidráulicos. Estos constituyen la estructura de base del sistema del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos con 31 entidades Territoriales (INRH, 2002).

El Complejo Hidráulico lo conforman el conjunto de cuencas superficiales y subterráneas así como las obras hidráulicas de captación, conducción, protección contra

inundaciones, recarga del manto freático y las redes de observación del ciclo hidrológico y de la calidad del agua dentro de una unidad territorial. Para su funcionamiento integral, estos se subdividen en zonas de explotación que pueden abarcar uno o más municipios, contando en cada uno con un representante que es el vínculo entre las unidades municipales y la sociedad con la actividad hidráulica (INRH, 2002).

Un paso superior en la organización de la gestión del agua está en proceso de análisis, el que consistirá en la creación de empresas autofinanciadas que conformen sus límites geográficos acorde con los límites de las cuencas hidrográficas, lo cual permitirá, por una parte responder más adecuadamente a las exigencias de conservación ambiental acorde con la política del Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente y, por otra, un sistema de monitoreo, planificación y uso del agua, más acorde con el entorno geográfico en que ella se genera (INRH, 2002).

Con el fin de estimular y promover el uso eficiente del agua, el Decreto Ley número 138 de las Aguas Terrestres, de 1993, estableció las obligaciones y regulaciones para el pago por derecho de uso del agua, con cualquier fin. Antes de esta ley, sólo se cobraba el agua de uso doméstico.

1.3.1. Problemas de manejo del recurso hídrico en Cuba

El actual deterioro de las 642 cuencas del país se refleja en la cantidad y la calidad del agua (INRH, 2011). A pesar de que el agua es el líquido vital del ser humano, aún prevalece el criterio erróneo de que cualquier desecho sólido o líquido se descarga a un cauce y que el bosque hay que eliminarlo para dar cabida a otros usos de la tierra “más rentables” o bien utilizarlo debido a la presión de la demanda poblacional (Shilkomanov, 2007).

La problemática asociada al recurso hídrico se centra en lo siguiente: Deterioro de la calidad del agua; deficiencias en la cobertura de servicios de agua potable; conflictos de

usos del agua; insuficiente sistema de vigilancia que garantice el cumplimiento de las regulaciones existentes en el territorio, referidas al uso de los recursos naturales: agua, suelo y bosques (INRH, 2011).

Según Herrero (2007) las relaciones cualitativas del agua con el estado de conservación, manejo y uso de los suelos, así como con el tipo y la extensión de la cobertura boscosa existente en la cuenca, siempre ha sido un factor reconocido en el grado de su deterioro provocado por la pérdida de la cobertura forestal de las cuencas del país, ha ocasionado que la disponibilidad del recurso hídrico haya cambiado, lo cual se evidencia tanto en la disminución de los caudales como en su distribución, incrementando los riesgos y amenazas de fenómenos hidrológicos.

1.4. Calidad de las aguas

El agua natural es un sistema de cierta complejidad, no homogéneo, que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas (Rajendra *et al.*, 2009).

La composición química de este sistema en función del uso que se le da, recibe el nombre de calidad del agua. Existe una serie de normas que regulan las concentraciones permisibles que debe poseer cada elemento o indicador de calidad según los diferentes usos. Por ejemplo, las normas establecidas para que un agua pueda utilizarse en el abasto a la población exigen un contenido despreciable de los elementos relacionados con ciclos del nitrógeno y el fósforo (NC 827_2010); sin embargo para el riego de cultivos, las aguas deben poseer un alto contenido de los mismos.

Por tanto, en dependencia de la composición química de un agua esta podrá encontrar distintos usos, se hace necesario tener en cuenta algunos aspectos a la hora de la toma, conservación y análisis de la muestra, los cuales podrían alterar el resultado dado.

Estudios sobre la aptitud de las aguas para diversos usos se pueden encontrar en la literatura. Vielle *et al.* (2011) investigaron la aptitud de las aguas de lluvia cosechadas

en viviendas del suroeste francés, encontrando que tenían características físico-químicas adecuadas, sin embargo, no poseen los requerimientos para el consumo humano por la contaminación bacterial.

De la Losa *et al.* (2010) estudiaron la calidad de aguas subterráneas con el fin de conocer la afectación que pudieran provocar actividades de minería en la Cuenca Carbonífera del Bierzo (León, España). La conclusión más relevante es que “no encontraron contenidos anormalmente elevados de metales pesados”.

Garbagnati *et al.* (2005) hicieron la caracterización físico-química del agua del río Grande en Argentina con vistas a establecer la línea base ambiental y la vulnerabilidad del sistema hídrico estudiado, de manera que se pueda mejorar la gestión de la cuenca.

Skhiri y Dechmi (2011, 2012) estudiaron las aguas usadas para el riego y las excedentes del drenaje en la cuenca Del Reguero, España, para conocer la dinámica del transporte de fósforo de los suelos y su contribución en la contaminación de las aguas superficiales por este elemento que facilita el aumento de la eutrofización. Un trabajo similar fue ejecutado por Krupa *et al.* (2011) en sistemas de arroz en clima mediterráneo.

Brunet y Westbrook (2012) determinaron la variación temporal del almacenamiento de solutos y su pérdida a través de las aguas de drenaje en praderas canadienses. La calidad de las aguas de drenaje fue un factor fundamental para predecir con exactitud la exportación de nutrientes, sales y bacterias de las tierras bajas.

Ruiseco (2009) determinó la aptitud de aguas para emplearlas en el riego de jardines y utilizó este indicador como uno de los criterios de sostenibilidad en el manejo del recurso hídrico en estos ecosistemas.

Investigaciones relacionadas sobre la calidad de las aguas para cultivos agrícolas fueron realizadas por Herrera (2011) y Orozco (2011) al evaluar las aguas subterráneas de diversas cuencas en Guatemala.

Fuentes (2003) plantea que la calidad del agua para riego depende del contenido y tipo de sales. Según este autor los problemas más comunes derivados de la calidad del agua se deben a los siguientes efectos:

- *Salinidad*: a medida que aumenta el contenido de sales en la solución del suelo, se incrementa la tensión osmótica y, por tanto, la planta tiene que hacer mayor esfuerzo para absorber el agua por las raíces, o sea, disminuye la cantidad de agua disponible para las plantas.
- *Infiltración del agua en el suelo*: contenidos relativamente altos de sodio y bajos de calcio provocan que las partículas de suelo tiendan a disgregarse, ocasionando una reducción en la velocidad de infiltración del agua, que puede implicar poca disponibilidad de agua en el suelo.
- *Toxicidad*: algunos iones, tales como sodio, cloro y boro, se pueden acumular en los cultivos en concentraciones suficientemente altas como para reducir el rendimiento de las cosechas, además facilitan la obstrucción de algunos sistemas de riego.
- *Otros efectos*: en ocasiones hay que considerar los nutrientes contenidos en el agua de riego, con el fin de restringir la fertilización o porque produzcan excesos contraproducentes. Otras veces pueden producir corrosión excesiva en el equipo de riego, aumentando costos de mantenimiento.
- Son tres los criterios generales que se emplean para evaluar la aptitud del agua para el riego agrícola, en correspondencia con los efectos mencionados en el párrafo anterior. Medrano (2001) plantea que cada criterio puede ser valorado en función de diversos indicadores, como aparece a continuación:
- Contenidos de sales solubles: Sales Solubles Totales (*SST*), Conductividad Eléctrica (*CE*), Salinidad Efectiva (*SE*) y Salinidad Potencial (*SP*).

La salinidad efectiva es la estimación del peligro que representan las sales solubles del agua de riego al pasar a formar parte del agua del suelo, pues toma en cuenta la precipitación ulterior en forma de sales menos solubles. Por siguiente, dejan de participar en la elevación de la presión osmótica de la solución del suelo.

La salinidad potencial sigue una secuencia con respecto al anterior, ya que una vez precipitadas las sales menos solubles, quedarán en solución, cloruros y sulfatos. Estas aumentan considerablemente la presión osmótica y actúan a bajos niveles de humedad.

La salinidad potencial nos da una medida del peligro de estas últimas sales.

- Efecto probable del sodio sobre las características físicas de los suelos: Relación de Adsorción de Sodio (*RAS*) y Porcentaje de Sodio Posible (*PSP*).

Relación de Adsorción de Sodio: en este caso es preferible ajustar la concentración de calcio (C_{ax}) en el agua al valor de equilibrio esperado después del riego. Este procedimiento denominado *RAS* corregida (*RAS_x*) supone la existencia de una fuente de calcio en el suelo, como la caliza ($CaCO_3$) u otros minerales como los silicatos y la inexistencia de precipitación del magnesio (Ayers y Westcot, 1987).

Porcentaje de sodio posible: este indicador valora el peligro de sustitución del calcio y el magnesio del complejo de cambio por el sodio, comienza cuando el contenido de sodio en solución representa más del 50 % de los cationes disueltos.

Contenidos de elementos tóxicos para la planta: Contenido de cloruros, sodio y bicarbonatos.

Las concentraciones de estos iones son importantes en función del método de riego empleado.

El autor considera que la calidad del agua es la condición general que permite que ésta se emplee para usos concretos. La calidad del agua depende del uso a que esté destinada. Las cuencas cubanas están sometidas a impactos negativos como resultado

de: no tomarse las medidas de tratamiento, por el reuso de las aguas residuales, la deforestación, el empleo de químicos en la agricultura, acompañado del mal uso de los suelos, entre otros, que se generan como consecuencia del desarrollo económico y social.

Según Monteagudo (2008), el predominio de los fenómenos cársicos y en ausencia de fenómenos antrópicos que puedan causar impactos negativos en su calidad, las aguas tanto superficiales como subterráneas se clasifican, generalmente, como bicarbonatadas cálcicas o magnésicas en dependencia del contenido de calcio o de dolomitas presentes en dicha formación geológica. Las sales solubles totales de las aguas subterráneas pueden variar generalmente entre 500 y 1000 mg.l⁻¹.

La agricultura de riego en Cuba genera problemas ambientales similares a los de otros países de la región asociados a la utilización de aguas con alto contenido en sales. La utilización inadecuada de los sistemas de riego da lugar a suelos sobre humedecidos o con drenajes bloqueados, que generan escorrentía superficial, erosión, dispersión de partículas de agroquímicos, e incremento de la sedimentación en cursos de agua (Casanova, 2007).

Los efectos más notables de un mal uso del agua de riego son la salinización y sodificación de los suelos que pierden su estructura y la capacidad para soportar nuevos ciclos agrícolas.

El color y la turbiedad de las aguas superficiales varían dependiendo del periodo lluvioso, menos lluvioso y seco. Cuyo contenido salino se encuentra en general por debajo de 500 mg.l⁻¹, aunque en su desembocadura se eleva por efectos de la presencia del agua de mar. Las corrientes y cuerpos de agua superficiales por lo general poseen un contenido de oxígeno disuelto de saturación o cercano a la saturación, de acuerdo con la temperatura (De La Losa, 2010).

Las relaciones cualitativas del agua con el estado de conservación, manejo y uso de los suelos, así como con el tipo y la extensión de la cobertura boscosa existente en la cuenca, siempre ha sido un factor reconocido en el grado de su deterioro Garbagnati *et al.* (2005).

1.5. Posibles impactos en los recursos hídricos del archipiélago cubano

Según García (2009), teniendo en cuenta el reconocido hecho de la interactividad y sinergia de los probables impactos sobre el recurso agua y de éstos con otros componentes sociales, económicos y ambientales, aplicado al contexto cubano, pueden distinguirse determinados agrupamientos de estos impactos con propósitos de su ordenamiento y clasificación:

- ***Con mayor incidencia relativa en las disponibilidades cuantitativas del recurso agua***

1. Cambios en los patrones de comportamiento de las precipitaciones, que es en el caso de Cuba la principal fuente renovable anual del recurso agua.
2. Modificaciones en la dinámica de la relación hidráulica de los acuíferos costeros con el mar, principalmente en la Llanura Sur de la Isla principal, lo que puede traer aparejado un deterioro de la calidad de las aguas subterráneas presentes en tales formaciones por el incremento de su contenido salino y en consecuencia, cambios en las cantidades del recurso que pueden estar disponibles para los diferentes usos (abasto a población, agricultura, y otros).

- ***Con mayor incidencia en la ocurrencia de eventos extremos***

1. Ocurrencia de cambios en la aparición de desastres causados por fenómenos naturales, sobre todo los relacionados con los ciclos de sequías, tanto meteorológica, como hidrológica, hidráulica y socio-económica, con afectaciones al medio ambiente, la economía y la sociedad, así como de la presencia de huracanes, si bien

estos últimos tienen como único impacto positivo la recarga del recurso en períodos cortos de tiempo.

2. Cambios complejos en la dinámica de las relaciones de los principales componentes ambientales (agua-suelo-bosques-aguas costeras) en los ecosistemas de mayor interés (cuencas hidrográficas, zonas montañosas, bahías, humedales, zonas costeras y otros), con la ocurrencia de modificaciones en su estructura y características, lo que puede incidir en el aumento relativo de la vulnerabilidad del país ante eventos extremos.
3. Modificaciones a considerar en la actual infraestructura de prevención y protección hidrológica ante eventos de intensas lluvias (canales, diques, aliviaderos) con probables afectaciones también a la economía y a la sociedad, dado los cambios en los patrones de referencia y su incidencia en el diseño original.

- ***Con mayor incidencia en el deterioro de la calidad del agua***

1. Incidencia de las variaciones de las disponibilidades de agua, en las condiciones sanitarias y el cuadro epidemiológico general y específico, dependiendo de las características de estos cambios, llegando incluso al aumento de la morbilidad de diarreas agudas (EDA) u otras, como resultado de bajas disponibilidades de agua y problemas con su calidad.

En lo anterior puede influir también, el agravamiento de las condiciones sanitarias de las corrientes superficiales que atraviesan núcleos urbano-industriales y que se emplean como cuerpos receptores de residuales crudos o parcialmente tratados, cuestión muy frecuente en todo el territorio nacional, como resultado de la disminución relativa de sus caudales originales y la disminución de sus capacidades de autodepuración naturales.

2. Repercusión de todos estos factores objetivos y tangibles, en los hábitos y costumbres del consumo de agua por la población cubana, al manifestarse variaciones de sus referencias actuales, tanto por exceso como por defecto, incrementándose su sensibilidad y vulnerabilidad ante estos fenómenos.

1.6. Regulaciones Políticas y legales de los recursos hídricos en Cuba

El tratamiento conjunto de estos componentes, sus interacciones dinámicas expresadas de manera vinculante o no, pero orientadas al cumplimiento de su objetivo estratégico en el contexto actual cubano, permite adentrarse en un panorama conceptual y práctico, a partir del cual se puede evaluar aproximadamente el estado de aplicación de este enfoque en nuestro quehacer nacional.

El contexto jurídico institucional cubano abarca en sus aspectos fundamentales las bases y el desarrollo de la política hídrica, sustentado ello en la existencia y empleo del Programa y documentos principales del Partido Comunista de Cuba; a partir de los lineamientos 300 - 303 de los recursos hidráulicos, de la política económica del Estado (2010), la Constitución de la República de Cuba (1976); la Ley No. 81 de Medio Ambiente (1997); el Decreto-Ley No. 138 de las Aguas Terrestres (1993); el Sistema de Contravenciones de las Aguas Terrestres; la Estrategia Ambiental Nacional (1997 y 2006); el Plan Hidráulico Nacional (en preparación), así como el sistema de resoluciones del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) y el sistema de Normas Cubanas (NC) con relación a las aguas terrestres.

Si bien el contenido de algunos de estos instrumentos legales no cubren de manera explícita los intereses de la gestión integrada de los recursos hídricos y su aplicación con un enfoque de ecosistema, de su articulado se puede inferir que sí contienen implícitamente la necesidad de alcanzarlo y de su aplicación continuada, como instrumento de la gestión ambiental orientada al uso sostenible del agua (Cenhica, 2001).

Un aspecto que es necesario considerar en el contexto actual, es que el Decreto-Ley No. 138 de las Aguas Terrestres, tanto en términos conceptuales como en su letra, tomando en consideración la fecha en que se emite, está más cercano a la extinta Ley No. 33 de Protección del Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales (1981), que a la Ley No. 81 de Medio Ambiente aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular en julio de 1997, cuestión que subjetiva y objetivamente hace aparecer al Decreto-Ley No. 138 como relativamente no actualizado y en consecuencia, menos ajustado a la terminología, manejo y descripción de conceptos actuales. El análisis actual de esta problemática, partiendo del hecho que este Decreto-Ley rige, tanto desde el punto de vista de su orientación como en la práctica, todo el quehacer del sistema del INRH que tiene bajo su responsabilidad el suministro seguro de agua para la economía, la sociedad y el medio ambiente, y su protección contra la contaminación (García ,2005).

1.7. Estrategias de manejo de agua . Aspectos conceptuales

La palabra estrategia procede del griego “stratos” (ejército) y “ag” (dirigir), equivale a “dirigir ejércitos” (Stoner, 1998).

La estrategia, cualquiera que sea su definición, es el producto de un conjunto de acciones lógicas y creativas aplicables que conducen a la formulación de objetivos amplios, de políticas principales y de asignación de recursos para lograr las metas trascendentales de una organización, en la búsqueda de una mejor posición competitiva y una respuesta más coherente ante el entorno actual y futuro (Thiétart, 1990; Cabanelas, 1997; Pérez, 2002; Gárciga ,2006).

En definitiva el concepto de estrategia tiene una significación multidisciplinaria útil como procedimiento para la solución de diversos problemas. Ello permite su aplicación en la búsqueda de soluciones a los problemas que afecten a la gestión sostenible de los

recursos hídricos y contribuir a reducir los factores que provocan la vulnerabilidad del acuífero (Rodríguez ,2004).

La planeación estratégica es un proceso continuo de reflexión y de búsqueda de opciones para el futuro, que toma muy en cuenta el entorno caracterizado por el cambio y la incertidumbre, y cómo la organización, con sus recursos actuales y potenciales, puede insertarse de la mejor forma posible en él en pos del consenso y la participación para dar respuesta a los problemas estratégicos, tiene un carácter contextual (Stoner, 1998). Esta característica hace que sea factible su aplicación en la formulación de estrategias dirigidas a la gestión sostenible de los recursos hídricos.

El proceso de dirección estratégica tiene en cuenta la verificación de los hechos y las tendencias internas y externas para la toma de decisiones efectiva en una organización en circunstancias de incertidumbre, definiendo estrategias que aprovechen las fortalezas internas, las oportunidades externas, minimicen las debilidades internas y eviten o reduzcan el impacto de las amenazas externas. Es un proceso que permite a una organización ser proactiva en vez de reactiva en la formulación de su futuro (Pérez, 2002; Gárciga, 2006).

Los entes involucrados en la gestión sostenible de los recursos hídricos como condición esencial deben manifestar valores que sean compartidos de manera que las decisiones sean consensuadas y por lo tanto haya un mayor comprometimiento en la solución de ese problema (RENACE, 2003). En cambio, la misión define su razón de ser y la visión está dirigida al futuro que desea conseguir, de acuerdo con los objetivos como metas medibles, alcanzables y programados en el tiempo, según la estrategia formulada como el conjunto de las principales decisiones reflejadas en la distribución de recursos y el acompañamiento de las políticas que sirven de guías de actuación para la selección de alternativas (Rojas, 2008).

La gestión sostenible de los recursos hídricos como estrategia, constituye un mecanismo para articular esfuerzos y recursos de combate a la pobreza y como objetivo, perfila la visión-misión de un estado de desarrollo social y económico que se espera alcanzar en cada país (Zegarra. *et al*, 2007).

Si bien no existen enfoques o teorías correctas o incorrectas acerca del tema, el diseño de una estrategia de gestión sostenible de los recursos hídricos se vería beneficiada al compartir un marco teórico y un lenguaje común (Higino, 2006)

Cada país deberá adoptar una estrategia en consonancia con sus recursos y capacidades para alcanzar sus objetivos propios y, al mismo tiempo, cooperar en el plano regional e internacional para dar soluciones colectivas a los problemas mundiales del manejo sostenible del agua (FAO, 1996).

Diversas organizaciones y países han implementado estrategias para la gestión sostenible de los recursos hídricos. La ONU (2003) declaró ese como “El año Internacional del Agua” e implementó acciones en función de una crisis venidera de este recurso.

Según Herrera (2011) la FAO promueve el aprovechamiento eficiente y la conservación del agua con el fin de lograr la seguridad alimentaría, mientras que PNUD y el Banco Mundial colaboran en el Programa Conjunto de Agua y Saneamiento.

De acuerdo a lo anterior, el diseño de estrategias de gestión sostenible de los recursos hídricos, y su planificación estratégica es un instrumento útil para llevar a cabo de forma global y sistemática la detección de problemas, la determinación de necesidades, la definición de los objetivos, las intervenciones a implementar para alcanzarlos, así como los sistemas de seguimiento y evaluación. Uno de sus mayores peligros es la falta de implantación y seguimiento. La elaboración de un plan resulta inútil si no se traduce en acciones a nivel operativo. El éxito depende, en gran medida, de la voluntad de los

responsables de cada organización implicada. El impulso convencido de las acciones y cambios necesarios en materia de gestión, asignación de recursos y comunicación interna son esenciales (FAO, 2008).

1.7.1. Estrategias para América Latina y el Caribe

UNESCO (2006) ofrece una visión de aplicación de estrategias para la gestión integrada de los recursos hídricos, como “el proceso cuyo objetivo es asegurar el desarrollo y manejo coordinado del agua en interacción con otros sistemas naturales, sociales y culturales, maximizando el bienestar económico, sin comprometer a los ecosistemas vitales”, y brinda un marco propicio para el logro de un aprovechamiento sustentable del agua.

Los conceptos del enfoque ecosistémico en la gestión del recurso hídrico (UICN, 2006), se desarrollan aplicándolos a casos de estudio en América Latina y el Caribe, estableciendo que “por enfoque ecosistémico se entiende, en lo fundamental, una estrategia para la gestión del agua, suelos y recursos vivos, que promueva la conservación y el uso sostenible de una manera equitativa”. Estas aproximaciones son compatibles y tienen como objetivo estratégico, complementar y enriquecer la propia práctica de la gestión de los recursos hídricos.

Hoy por hoy, la implementación de todo este proceso trasciende los aspectos de orden técnico y pasa a constituir un desafío político, social, económico y cultural que compromete a la sociedad en su conjunto.

Promueve a su vez, la aplicación de estrategias adecuadas de gestión que permitan satisfacer las demandas crecientes frente a la evidencia de un recurso cada vez más en conflicto y de múltiples vínculos con los otros recursos naturales y componentes antrópicos.

1.7.2. Estrategias de manejo de agua en Cuba

En Cuba se han aplicado acciones dirigidas al manejo del agua en función de la sostenibilidad, ejemplo de ello es la Estrategia Ambiental del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos hasta el año 2015. En ella se aplica una estrategia de adaptación de los recursos hídricos al cambio climático y disminución de vulnerabilidades actualmente en ejecución en el sistema, de acuerdo con el Programa de Trabajo de Nairobi sobre el impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático (IVACC, 2011), se identifican nueve áreas de acciones fundamentales:

1. Desarrollo e implementación de metodologías e instrumentos para la evaluación.
2. Mejoramiento de las observaciones del comportamiento de las variables hidrológicas y climáticas, así como de su procesamiento, acceso, intercambio y manejo.
3. Modelación del comportamiento del clima según escenarios.
4. Clima, riesgos y eventos extremos, su comprensión y evaluación de influencias para el desarrollo sostenible.
5. Información socio-económica y sus relaciones con las evaluaciones del impacto y vulnerabilidades.
6. Planeamiento de medidas de adaptación y empleo de prácticas exitosas.
7. Investigaciones.
8. Introducción de tecnologías para la adaptación.
9. Diversificación económica en función de disminuir el impacto y las vulnerabilidades.

El conjunto de medidas de adaptación para el caso cubano, muchas de ellas se encuentran en ejecución en estos momentos, las cuales conforman un paquete de acciones de alcance político y de gestión, encaminadas a introducir y ampliar el proceso

de soluciones paulatinas al reto de los impactos del cambio climático sobre el recurso agua.

Otras estrategias han sido implementadas por el Ministerio de la Agricultura, los denominados programas ramales, como el de Riego y Drenaje en la Agricultura Cubana, que implementa nuevas técnicas para la mejora de la eficiencia del uso del agua en la agricultura (MAinfo; 2004).

El Programa Nacional de Medio Ambiente de Cuba establece una serie de líneas para la acción, algunas de ellas relacionadas con el uso sostenible del agua en la agricultura. En concreto, en la línea denominada Agua para la Agricultura destacan varios objetivos, como consolidar el sistema de control de la calidad del agua de riego o la evaluación de las condiciones ambientales y técnicas de los regadíos para minimizar sus efectos ambientales. Se plantean en este caso acciones como la promoción de tecnologías apropiadas para el incremento de la eficiencia y productividad del agua en la agricultura, o el perfeccionamiento de estrategias y programas de uso del agua en el riego. La capacitación de los distintos agentes implicados en el riego, la asistencia técnica, investigación y transferencia de tecnología para un uso sostenible del agua también son aspectos que se pretende fomentar (PNMAC, 2000).

1.8. Índice de sostenibilidad en cuencas hidrográficas

El índice de sostenibilidad ambiental, a partir de una serie de indicadores, considera la habilidad de los países para proteger el medio ambiente en las próximas décadas (Chaves y Alipaz, 2007). Esos indicadores son identificados por las Naciones Unidas para definir el desarrollo sostenible. De ahí la importancia de su estudio en las cuencas hidrográficas.

Investigaciones relacionadas con el fin de definir el desarrollo sostenible de cuencas hidrográficas a partir del índice de sostenibilidad fueron realizadas por el Programa

Hidrológico Internacional PHI (2008) y UNESCO (2008) en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá.

Este índice han sido aplicados por Chaves, Alipaz (2007) y UNESCO (2008) en las Cuenca del Río Elqui y Río Limarí en Chile, y Catano (2009) en la cuenca reventazón en Costa Rica.

El índice aplicado en estas cuencas a partir de un indicador integrado, es utilizado para estimar la condición de sostenibilidad de una cuenca determinada, tomando en cuenta los aspectos hidrológicos, ambientales y socioeconómicos. Cada uno de los cuatro subindicadores del índice es determinado por información que representa el estatus actual de Presión (por ejemplo, actividades humanas que podrían provocar problemas en el ambiente; por lo tanto, los componentes de Presión describen la emisión contaminante y el uso de los recursos naturales); Estado (por ejemplo, situación de distintos aspectos del ambiente en determinado momento). Respuesta (se refiere a los esfuerzos de la sociedad y administradores para enfrentar los problemas ambientales y mejorar los sistemas degradados). Esto sigue un modelo de dinámica establecido por la OECD (2003). La ventaja de utilizar un enfoque Presión-Estado-Respuesta se encuentra en el hecho de que se toman en cuenta los aspectos causa-efecto, permitiendo a los distintos interesados, administradores y generadores de discusión el tomar nota de y comprender los parámetros entre las interconexiones (OECD, 2003). Cada uno de estos componentes cuantitativos y cualitativos es dividido en niveles y resultados (por ejemplo, 0,00; 0,25; 0,50; 0,75 y 1,00; donde 0 es asignado a la peor condición, mientras que representa el mejor estatus), así permitiendo el uso de simples hojas de cálculo en lugar de ecuaciones u otras complejas funciones para el cálculo del índice sostenibilidad (Chaves y Alipaz, 2007).

García (2011) aplica un índice simplificado de gestión de cuencas (IsGC) para Cuba, el cual tiene como objetivo fundamental propiciar el análisis del estado de dicha gestión y facilitar la toma de decisiones para la mejora continua de su situación ambiental.

Para el cálculo del **IsGC** concurren cinco etapas metodológicas comenzando por la selección de seis indicadores básicos de evaluación, y que están implícitos en los Subprogramas de Trabajo de los Consejos de Cuencas referidos al agua, los suelos, los bosques y la carga contaminante. A cada uno de estos indicadores se le otorga un peso relativo según la importancia y prioridad en la gestión que se lleva a cabo para cada cuenca.

Conclusiones parciales

Las cuencas como unidades territoriales para la gestión sostenible de los recursos hídricos, exige un manejo participativo de los diferentes actores y sectores presentes en las cuencas y además que se tomen en cuenta los ecosistemas como usuarios de los mismos, implementando planes de manejo como instrumentos de planificación y ordenamientos concebidos para poder integrar el desarrollo y, a la vez, generar un instrumento de gestión que permita a las comunidades hacer un mejor uso de los recursos naturales.

Los recursos hídricos en Cuba se han visto afectados por diferentes factores como su carestía relativa en zonas vulnerables del país, la pérdida de su calidad original en determinadas áreas por efecto de la actividad antrópica, por su conducción, debido a ineficiencias en los sistemas de distribución y la aplicación de tecnologías inadecuadas, fundamentalmente en el riego de los cultivos agrícolas.

La problemática asociada al manejo del recurso hídrico en Cuba se centra en lo siguiente: Deterioro de la calidad del agua; deficiencias en la cobertura de servicios de agua potable; conflictos de usos del agua; insuficiente sistema de vigilancia que

garantice el cumplimiento de las regulaciones existentes en el territorio, referidas al uso de los recursos naturales: agua, suelo y bosques.

La estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos para América Latina y el Caribe propuesta por UICN y UNESCO, consiste en asegurar el desarrollo y manejo coordinado del agua en interacción con otros sistemas naturales, sociales y culturales, maximizando el bienestar económico, sin comprometer a los ecosistemas vitales.

La gestión sostenible de los recursos hídricos como estrategia para Cuba, constituye una herramienta fundamental para el desarrollo social y económico del país.

La determinación del índice de sostenibilidad de las cuencas hidrográficas es fundamental para propiciar el análisis del estado de dicha gestión y facilitar la toma de decisiones para la mejora continua de su situación ambiental.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto titulado: Sistema de Conocimientos y de Información para el Desarrollo Agrícola y Rural del municipio Majibacoa, adjunto al Centro de Estudios de Desarrollo Agrario y Rural (CEDAR) de la Universidad Agraria de La Habana.

El propósito del capítulo es exponer el procedimiento metodológico utilizado en el diseño de la Estrategia de gestión sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del río Naranjo.

2.1. Características físico-geográficas del área de estudio

2.1.1. Localización del área objeto de estudio

La cuenca del río Naranjo se localiza entre las coordenadas: Norte: $20^{\circ} 39' 00''$ - $21^{\circ} 01' 00''$ Este: $76^{\circ} 36' 30''$ - $76^{\circ} 52' 30''$, en el municipio Majibacoa, provincia Las Tunas (Figura 2.1).

El 7,8 % del área total de la cuenca del río Cauto es ocupada por el río Naranjo, con una superficie de 412,8 km² y una longitud de 52.0 km. La misma limita al norte con la divisoria central de las aguas, al sur con el río Salado (Provincia de Granma), al este con el municipio Calixto García y al oeste con la cuenca hidrográfica del río Las Arenas (Tabla 2.1). El río presenta un cauce permanente y una densa red de afluentes aunque muchos de ellos son intermitentes.

La situación geográfica, aproximadamente en sentido latitudinal de sus tercios medio y superior y longitudinal de su tercio inferior, ha llevado a suponer por algunos autores la existencia de una ancestral captura fluvial (Fernández, 2008). Se reciben en la cuenca aportes de los ríos Nigua del Sur, así como de manantiales y fuentes cársicas que constituyen el núcleo central.

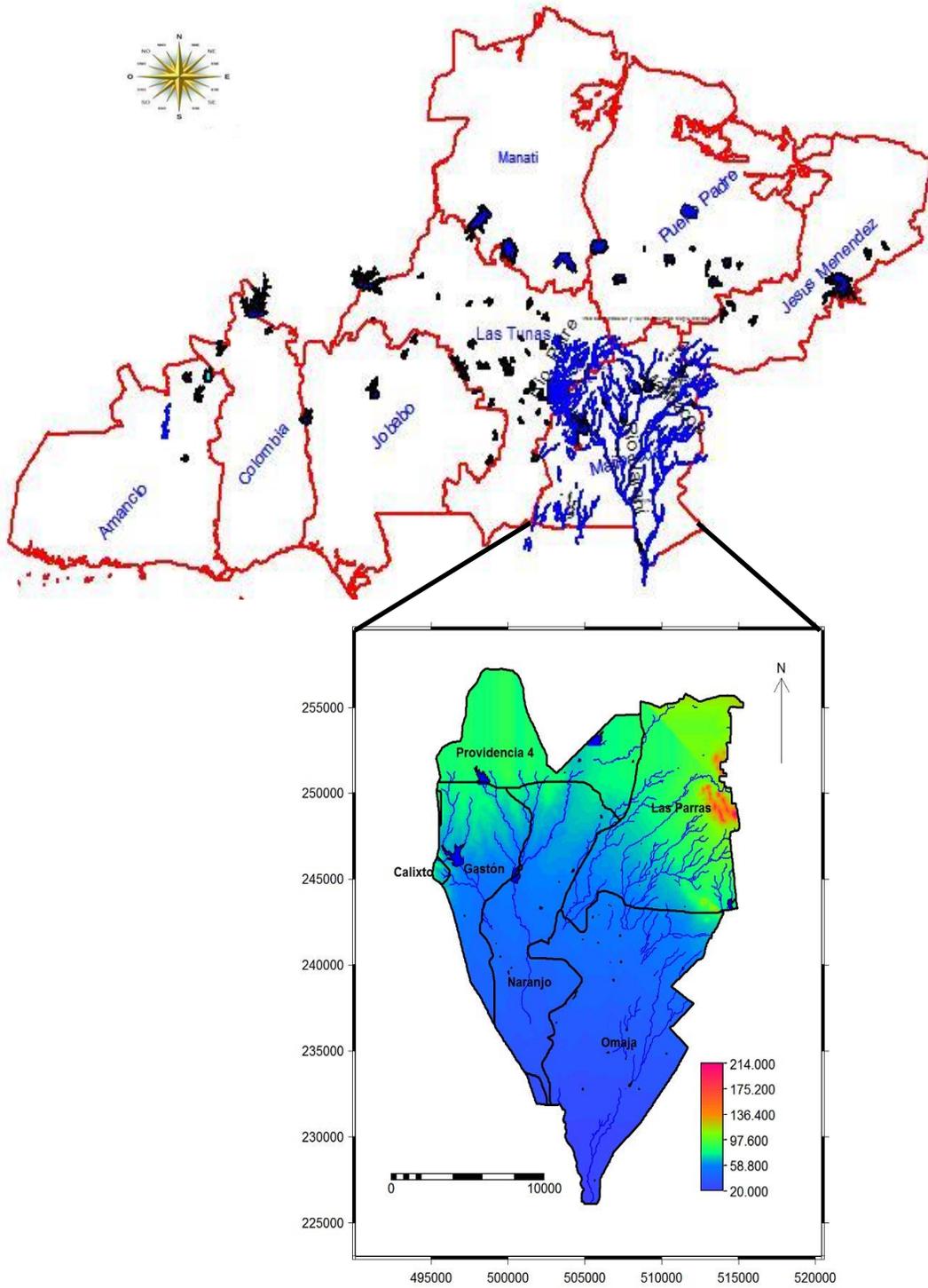


Figura 2.1. Ubicación de la cuenca del río Naranjo, municipio Majibacoa, provincia Las Tunas.

Tabla 2.1. Información básica de la cuenca hidrográfica del río Naranjo.

Cuenca: Naranjo	Región Hidrológica: Oriental	Subregión Hidrológica: Cauto		Vertiente: Sur
Área: 412.8 km ²	Longitud del Río: 52 km	Densidad de drenaje: 0.65 km/km ²	Pendiente media de la cuenca: 17m/km	
Altura media de la cuenca: 80 msnm		Altura mínima de la cuenca: 15 m	Pendiente media suavizada del Río: 3 m/km	
Nacimiento: Nace en la vertiente Sur, provincia de Holguín en un lugar conocido como La Cuaba entre el Torreón y San Agustín, con una altura de 140 msnm			Altura máxima en la cuenca: 175msnm	
Tributarios principales: Afluentes Chimbi, Manantiales, India, Niguas, Antón, Majibacoa, Arroyo el Muerto Gasto medio: 3.10 m ³ /s.				

Fuente: Delegación Provincial Recursos Hidráulicos, 2011.

En la Figura 2.2 se muestra la distribución de los siete consejos populares, que se distribuyen por toda la cuenca: Calixto, Gastón, Naranjo, Las Parras, La Posta, Omaja y Providencia 4. Su población total es de 42 069 habitantes (OME, 2011), con una densidad poblacional de 101,9 habitantes por kilómetro cuadrado, distribuidos en 52 asentamientos poblacionales, con 81 circunscripciones, sólo Calixto y Omaja poseen más de 3000 habitantes. (OME, 2011).

El fondo habitacional está estructurado por 10 887 viviendas de las cuales 63,3 % están consideradas en buen estado, 13,7 % en estado regular y 23,0 % en mal estado (DMPPF, 2011).

La población, se concentra hacia las vías de comunicación, de ahí que se destacan los poblados: Calixto, Gastón, Las Parras, Omaja y La Posta.

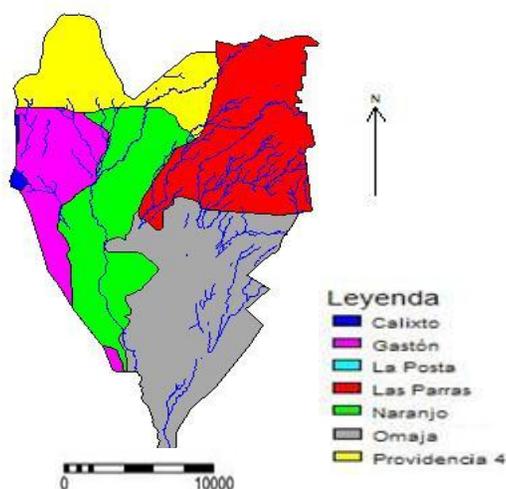


Figura 2.2. Distribución de Consejos Populares en la cuenca.

2.1.2. Caracterización climática

El clima de la región se clasifica, según Feria (2004), como Tropical subhúmedo seco, con un coeficiente hidrotérmico inferior a 1.2 durante todo el año.

El período lluvioso se inicia en la primera decena de mayo y finaliza en la segunda decena de octubre, mientras que el poco lluvioso comienza en la tercera decena de octubre y finaliza en la primera decena de mayo. Según la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH, 2012) las precipitaciones en el territorio se comportan inestables, los registros acumulados en los años 2000-2011 fueron inferiores a los 1000 mm, la lámina promedio anual es de 1038 mm, la más baja del país, la cual no se alcanza hace más de nueve (9) años. En la Tabla 2.2 se observan los meses de mayor promedio.

La temperatura media anual en la región (Tabla 2.2), es de 24,0°C, siendo la de los meses más cálidos 28,9°C julio y agosto, y los meses más fríos de 22,8°C y 22,16°C en enero y febrero respectivamente.

La humedad relativa en los meses lluviosos es de 78,7% y 80,2% condicionando su aumento las lluvias que ocurren en el período, por similar razón en los meses de invierno la

humedad relativa es menor, coincidiendo con Viera (2009) quien plantea que la humedad relativa es mayor en los meses de verano y la menor en los meses de invierno.

Tabla 2.2. Comportamiento de las variables climáticas en el período (promedio mensual 1995-2011).

Meses	Promedio de las lluvias (mm)	Promedio de temperatura mínima (°C)	Humedad relativa promedio (%)
Enero	24,2	22,8	77,4
Febrero	37,2	22,16	74,6
Marzo	46,1	19,4	73,1
Abril	55,0	20,4	72,1
Mayo	164,3	21,6	76,9
Junio	181,4	24,5	80,4
Julio	104,4	28,9	78,7
Agosto	173,1	28,8	80,2
Septiembre	173,7	27,6	82,1
Octubre	131,7	26,1	82,7
Noviembre	47,6	24,2	81,8
Diciembre	25,0	22,5	79,9
Total	1163,7	24,0	78,3

Fuente: Estación Meteorológica de Las Tunas, 2012.

La evaporación alcanza los valores más altos en el período marzo-agosto con cifras superiores a los 200 mm mensuales, con dos picos característicos, uno se presenta en abril y el otro en julio. Los valores inferiores, cercanos a los 150 mm mensuales, se observan en los meses de noviembre a enero. Esta variable alcanza anualmente en la región un valor aproximado de 2500 mm y un promedio mensual de 190,5 mm; lo que supone también, valores altos de la evapotranspiración potencial por la relación que guardan ambas variables (Smith, 2008).

2.1.3. Caracterización geológica e hidrogeológica

2.1.3.1. Caracterización geológica

La geología de la cuenca (Figura 2.3), está representada por la Formación Geológica Contra maestre (K₂ cn – cp; cnt): de edad Cretácico Superior Coniaciano Campaniano, de

origen vulcanógeno sedimentario, que ocupa un extenso territorio en la zona. Estando compuesta por areniscas tefroides, conglomerados, tobas, tufitas, aleurolitas, argilitas y calizas negras.

Hacia el Sur de la cuenca, la Formación Geológica Cauto (m + alQ2 -3 S; cau); de edad Pleistoceno Medio Superior Seco. Está compuesta por Depósitos Marinos Aluviales Indiferenciados, como arenas de granos medios y gruesos, arenas arcillosas, arenas guijarrosas con intercalaciones de limos, gravas y guijarros de colores grises.

La parte Sur y Central de la cuenca Formación Geológica Yayal (N₁²; yay): de edad Mioceno Medio Temprano, de origen carbonatado terrígeno. Está compuesta por calizas de colores cremas con abundantes sistemas de grietas y cavernas, además está compuesta por arcillas calcáreas, dolomitas y margas de colores verdosos (Vázquez, 2005).

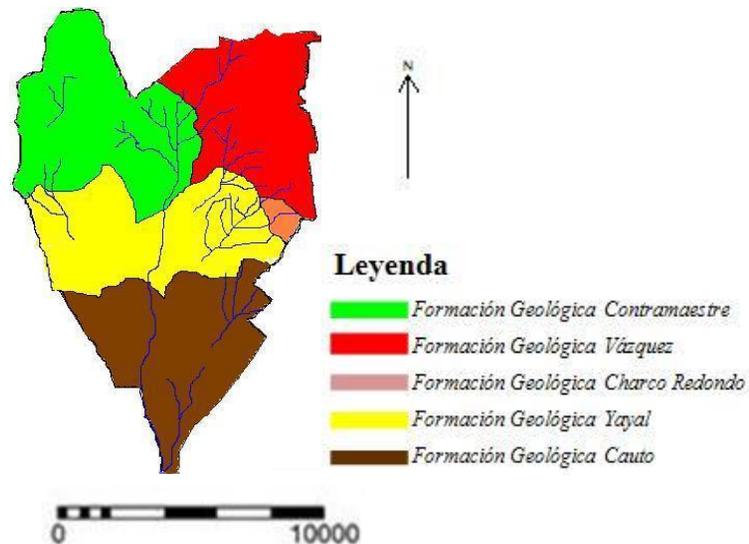


Figura 2.3. Geología de la cuenca

Formación Geológica Charco Redondo (P22; chr). De edad Eoceno Medio Indiferenciado, de origen carbonatado terrígeno, ocupa el extremo Oriental que limita con la provincia de Holguín, estando compuesta geológicamente por calizas de colores cremas.

Formación Geológica Vázquez (N11 – 2; vaz): De edad Mioceno Inferior Medio, es de origen terrígeno carbonatado y terrígeno. Está constituida por calizas cavernosas de colores cremas y rojizos, así como por arcillas calcáreas, arcillas plásticas y margas. Las calizas son frecuentemente organodetríticas, donde las arcillas en ocasiones son bentónicas presentando intercalaciones de lignitos, capas yesíferas y diseminaciones de sulfuros, que indican una facie lagunar de cuencas restringidas.

La cuenca del río Naranjo situada geográficamente en el peniplano Florida-Camagüey-Tunas, se destaca fundamentalmente por sus llanuras, que se intensifican en la parte sur, la parte norte ocupada por una llanura denudativa neoplanada alta, con cotas que oscilan desde 100 a 136 msnm (Figura 2.4). Las máximas elevaciones se localizan hacia el este, principalmente en la zona de Cañada Honda con una altura culminante de 136 msnm, y otras elevaciones con alturas poco significativas (Vázquez, 2005).

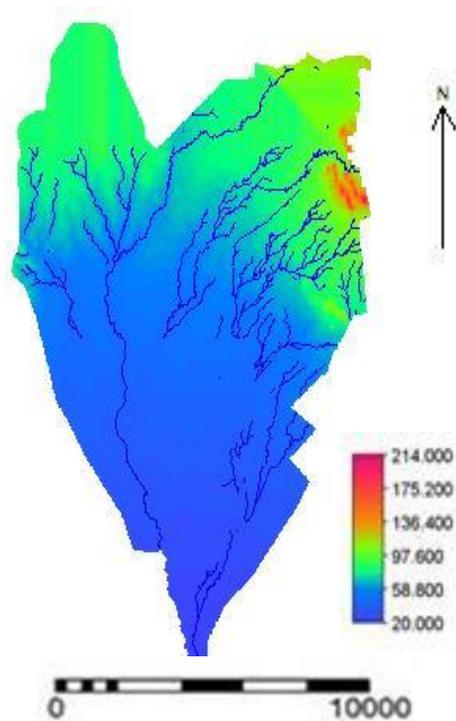


Figura 2.4. Modelo digital del terreno de la zona estudiada.

Es característica una densa red de drenaje que contribuye al incremento de la erosión, en el centro presenta una llanura erosiva denudativa plana con altura de 50 a 90 msnm, aquí los ríos muestran cauces uniformes y los procesos erosivos tienden a equilibrarse. La zona sur, lo constituye una llanura abrasiva denudativa con alturas de 25 a 50 msnm, caracterizándose por el mal drenaje de los suelos ocasionando el incremento de áreas salinizadas.

2.1.3.2. Caracterización Hidrogeológica

Según Vázquez (2005) desde el punto de vista regional la hidrogeología de la cuenca está representada por el Macizo Hidrogeológico del Cretácico. Las rocas son poco permeables, presentando valores de transmisividad menores a los 100.0 m²/día y gastos específicos menores a 1.00 l/s/m. Por lo general las aguas subterráneas proceden de la infiltración de las precipitaciones atmosféricas que ocurren en la región, que constituyen la principal fuente de alimentación.

Con relación a la profundidad de yacencia, de las aguas subterráneas, existe un predominio entre 1.0 y 10.0 m de profundidad. El flujo subterráneo se presenta en varias direcciones producto a los desniveles del terreno y a las condiciones topográficas, pero en sentido general predomina el flujo desde el Parte Aguas Central hacia la porción Sur y Norte.

Las aguas subterráneas que se acumulan en esta estructura son del tipo de grietas y de poros, lo que incide directamente en que los caudales de explotación alcancen valores entre 0.50 a 1.50 l/s, se emplean fundamentalmente en abastos menores en la rama ganadera y pequeñas comunidades rurales. En esta estructura hidrogeológica no existe la presencia de cuencas subterráneas, en la zona solo existe la cuenca subterránea sur Las Tunas, se destacan las zonas hidrogeológicas de Ojo de Agua y Omaja.

2.1.4. Caracterización Hidrológica

Una valoración hidrológica del territorio aporta como datos interesantes que más del 60% de los suelos de esta región, son regados por los ríos Naranjo y Las Arenas cuyas aguas fluyen hacia la vertiente sur, y no son abundantes los embalses. Los resultados del gasto medio anual (Q_0) hasta el cierre en la desembocadura de $3.10 \text{ m}^3/\text{s}$, mientras que el volumen medio de escurrimiento es de 422.0 millones de metros cúbicos.

2.2.4.1. Disponibilidad del agua

La infraestructura hidráulica está compuesta por dos embalses, administrados por la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de Las Tunas (DPRH, 2011), con un volumen de $19,55 \text{ hm}^3$ y una entrega garantizada de $8,48 \text{ hm}^3$. Además cinco micropresas pertenecientes al UEB Central Majibacoa y Ministerio de la Agricultura (MINAG), con un volumen de embalse de $6,614 \text{ hm}^3$ y una entrega de $5,19 \text{ hm}^3$ (Tabla 2.3, Figura 2.5).

Tabla 2.3. Parámetros de los embalses de la cuenca del río Naranjo.

Embalse	Niveles (m)			Volumen m^3			Entrega garantizada (hm^3)
	NA M Máx.	NA N	NA M Mín.	NA M Máx.	NA N	NA M mín.	
Pr. Chimbi	105,0	103,5	95,7	15,0	10,2	0,55	5,03
Pr. Playuela	87,0	85,3	77,9	13,9	9,3	0,40	3,45
Micropresa Palmilla	79,7	79,3	76,8	---	0,8	0,07	0,630
Micropresa Las Minas	110,6	109,2	101,9	---	2,6	0,85	1,955
Micropresa Guillen	82,2	81,5	77,3	---	2,5	0,16	1,950
Micropresa Limones	61,6	61,0	58,1	---	0,5	0,02	0,400
Micropresa La Luisa	66,9	66,0	63,5	---	0,3	0,05	0,255

Fuente: Delegación Provincial Recursos Hidráulicos, 2011.

De manera general se observa que los embalses pertenecientes a la cuenca del río Naranjo, se encuentran en un estado favorable para satisfacer las demandas previstas, para un aprovechamiento del 42.6% (DPRH, 2011).

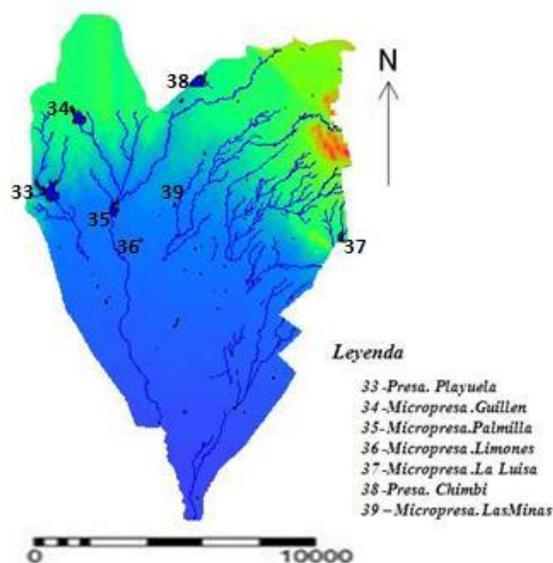


Figura 2.5. Principales embalses de la cuenca del río Naranjo

En la Tabla 2.4 se muestran los diferentes usos del agua en la cuenca, donde se muestra que de un plan de 7.498 MM m³, solo se utilizaron 5.813 MM m³, atribuido a problemas en los sistemas de bombeo.

Tabla 2.4. Uso del agua en la Cuenca.

Cuenca	Abasto población		Agricultura cañera		Agricultura no cañera		Otros abastos	
	Unidad de medida MM m ³							
Naranjo	Plan anual	Real	Plan anual	Real	Plan anual	Real	Plan anual	Real
		0.956	0.638	0.285	0.112	0.562	0.555	5.695
Total	Plan: 7.498				Real: 5.813			

Fuente: Delegación Provincial Recursos Hidráulicos, 2011.

Según DPRH (2011) la disponibilidad de la red hidráulica en el territorio cuenta con un potencial de riego de 482.4 ha, de las cuales solo se encuentran en explotación 265 ha para

un 54% del potencial. O sea que la superficie agrícola de la cuenca 25199,11ha, solo tiene 310,11 ha bajo riego, para un 1,23% de la superficie agrícola (Tabla 2.5).

Tabla 2.5 .Áreas bajo riego.

Consejos Populares	Equipos de riego	Áreas bajo riego (ha)	(%)
Ojo de Agua	36	59,84	3,15
Calixto	16	52,30	0,50
Las Parras	44	116,45	0,51
La Posta	31	47,92	12,40
Omaja	2	5,60	0,53
Gastón	18	28,00	1,90
Total	147	310,11	1,30

Fuente: Ministerio de la Agricultura, 2012.

Según DPRH (2011), el acceso al agua y el saneamiento en la cuenca muestra una situación compleja debido al número de habitantes con servicio de acueductos y alcantarillados que imposibilita a un mayor acceso de agua potable. Tabla 2.6

Tabla 2.6. Acceso al agua y saneamiento.

Agua	2011
Cantidad de habitantes en la cuenca	42 069
Cantidad de habitantes con servicio de acueductos	13 846
Cantidad de habitantes que reciben agua tratada (redes intradomiciliarias más pipas)	11 668
% de potabilidad del agua de consumo	98
Cantidad de habitantes con servicio de alcantarillados	3 455
Cantidad de fosas existentes	7 644
Cantidad total de lagunas	25
Cantidad de lagunas con problemas constructivos	20

Fuente: Oficina municipal de servicios comunales, 2012.

2.1.5. Caracterización edáfica

Los suelos son característicos de la faja de clima tropical subhúmedo seco, con formación de carbonatos secundarios, acumulación de sales solubles y/o sodio intercambiables. Por la

interacción de los factores de formación tienen lugar los procesos de gleyzación y vertisolización, descritos por (Hernández *et al.*, 2005).

Los suelos predominantes en la cuenca son: Vertisuelos 39.30 %, Ferralíticos Amarillentos 19.26 %, Pardos Sialíticos 17.76 %, Fersialítico Pardo Rojizo 11.42 % (Hernández *et al.*, 2006).

En la Tabla 2.7 se resumen la dinámica de los factores edáficos que limitan las capacidades productivas de los suelos para obtener elevados rendimientos.

Tabla 2.7. Dinámica de los factores limitantes de la cuenca río Naranjo.

Cuenca hidrográfica	Factores limitantes	Área afectada (ha)	(%)
	Por erosión	1948,00	4,7
	Por acidez	1236,00	3,0
	Baja fertilidad natural	7004,00	17,0
	Por compactación	2248,00	5,4
	Por drenaje	8840,00	70,00
	Por salinidad	3184,00	21,4
	Por procesos de desertificación y sequía	1137,12	2,75

Fuente: Instituto de Suelos 2011.

2.1.6. Características socioeconómicas de la cuenca

Según la Dirección Municipal de Planificación Física (DMPF, 2011), se destacan dos sectores de gran importancia en la economía del municipio, la UEB Central Majibacoa con una superficie de 15 018 ha, por la extensión dedicada al cultivo de la caña de azúcar, representa la principal fuente de ingresos del municipio, mientras que el Ministerio de la Agricultura posee un área agrícola de 10 181,11 ha. Ello corresponde a una superficie agrícola total de la cuenca de 25199,11ha

El patrimonio forestal de la cuenca es de 7 118,9 ha, pertenecientes al MINAG, de ellas 3 680,2 ha son áreas cubiertas y 3106,7 ha deforestadas. El área total de faja hidrorreguladora

es de 332 ha, el área cubierta en el cauce del río es de 72 ha y 111 ha en embalses, el área de faja deforestada en ríos es de 70 ha y 79 ha en embalses (SEF, 2011).

La infraestructura social garantiza la atención educacional desde el círculo infantil hasta la secundaria básica. Existe una amplia red de salud diseminada por todos los consejos populares. Además, se prestan otros servicios básicos: gastronomía, salas de video, Club de Computación, entre otros.

Según MITRANS (2011) en la cuenca existe una densa red de carreteras, caminos y líneas férreas, destacándose como principales la Carretera Central y la Línea de igual categoría, que cruzan al territorio de este a oeste, otra vía de importancia es la carretera Las Tunas-Bayamo que cruza de norte a sur. El estado técnico de la red vial es malo.

2.2. Fuentes contaminantes de la cuenca

Según CITMA (2012), en la cuenca se han caracterizado siete focos contaminantes puntuales (Figura 2.6 y Tabla 2.8).

La amplia distribución geográfica de la cuenca asume dos importantes procesos fabriles, UEB Central Majibacoa y producción de áridos.

La UEB Central Majibacoa ejerce una presión en el estado físico-químico de las aguas fluviales de la cuenca desde hace tres décadas, debido a los vertimientos de aguas residuales. Además, se le atribuye la carga contaminante de otras industrias e instituciones de menor envergadura y la población residente en comunidades cercanas (CITMA, 2012).

Tabla 2.8. Principales fuentes contaminantes de la cuenca.

No	Foco	Residuales
1	UEB Central Majibacoa	Hidrocarburos, grasas y sustancias químicas
2	IPUEC "Waldemar Díaz de la Rosa"	Residuos domésticos
3	Integral Porcino "La Herradura"	Excretas
4	Núcleo Poblacional "Vivienda"	Desechos líquidos y sólidos

No	Foco	Residuales
5	Núcleo Poblacional "Calixto"	Excretas y residuos domésticos
6	Granja Avícola "Fernando Betancourt"	Excreta animal (Gallinaza)
7	Granja Avícola "José Robotan"	Excreta animal (Gallinaza)

Fuente: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente , 2012

En la Tabla 2.9 se muestra la situación existente en cuanto a la elevada a la carga contaminante generada que incide aguas abajo sobre las fuentes superficiales y subterráneas.

Tabla 2.9. Carga contaminante generada.

Cuenca hidrográfica Río Naranjo		No. de fuentes contaminantes	Carga contaminante generada (T DBO/año)	Carga contaminante dispuesta (T DBO/año)
Años	2009	7	2 484	0
	2010	7	1 399	0
	2011	7	1 139	0

Fuente: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente , 2012

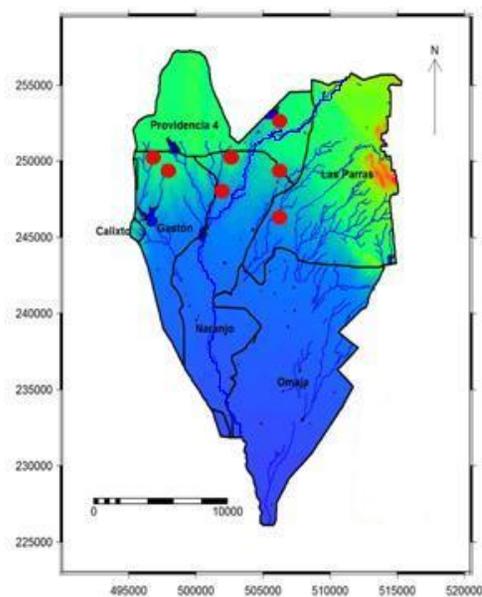


Figura 2.6. Focos contaminantes distribuidos por la cuenca

2.3. Metodología de la investigación

La gestión de los recursos hídricos supone para su análisis, de un enfoque holístico, que integre los aspectos hidrológicos, socioeconómicos, ambientales y legales, y que permita el

desarrollo de estrategias eficientes y sostenibles para su gestión (FAO, 2007). En la Tabla 2.10 se presentan los métodos utilizados en esta investigación.

Tabla 2.10. Métodos utilizados en la Investigación.

Métodos	Breve descripción
Hipotético deductivo	Se empleó para la organización del conocimiento y la demostración de los objetivos planteados.
Análisis documental	Recopilación de datos e información sobre la región de estudio.
Histórico-lógico	Estudio de la evolución y cambios de los recursos hidrológicos de la cuenca.
Métodos empíricos	La entrevista, aplicada fundamentalmente a funcionarios locales, actores sociales e informantes claves para complementar la información obtenida a través de la observación, revisión de documentos y otras fuentes de información.
Criterios de Expertos	Se empleó en la obtención de alternativas y criterios en las etapas de diseño de la estrategia y modelo conceptual
Análisis Espacial	Aplicación de la tecnología de SIG

En la Figura 2.7 se muestran las etapas generales y el conjunto de tareas que se realizaron para ejecutar esta investigación. En los epígrafes que siguen se explica el procedimiento seguido.

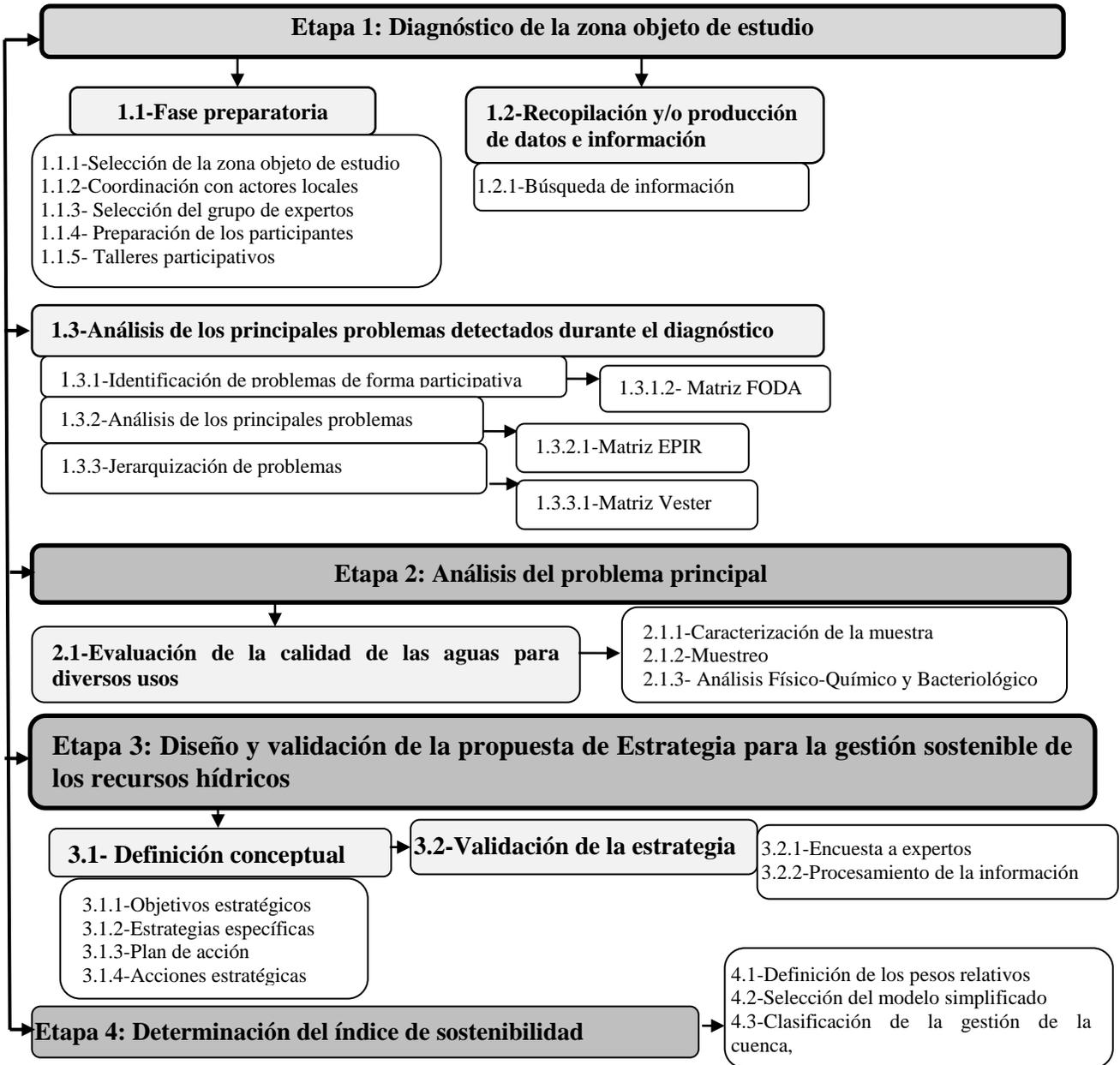


Figura 2.7. Procedimiento metodológico para la gestión sostenible del recurso hídrico.

2.3.1. Etapa de preparatoria

2.3.1.1. Selección de la zona objeto de estudio

Se realizó la selección de la zona objeto de estudio a partir de los intereses del gobierno local y el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), con el objetivo de un estudio sobre la base de los problemas que afectan la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo.

2.3.1.2. Coordinación con actores locales

La coordinación con actores locales del Consejo de Administración Municipal (CAM) y CITMA, concedió la autorización para realizar la investigación y la identificación del grupo de trabajo, en correspondencia al grado de implicación en la elaboración de la estrategia de gestión de los recursos hídricos.

2.3.1.3. Selección del grupo de expertos

Se confeccionó una lista de 20 actores sociales relacionados con la temática, la caracterización de los mismos se puede apreciar en los Anexos 1 y 2. Para la selección se consideró el nivel de relación y de conocimiento de cada uno con el tema abordado, calculando el coeficiente de competencia (K), a través de la fórmula siguiente:

$$K = \frac{(kc + ka)}{2} \quad (2.1)$$

kc: Grado de conocimiento o información que tiene el experto acerca del tema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 1 al 10.

ka: Grado de argumentación o fundamentación de los criterios del experto, obtenido como resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de una tabla patrón propuesta por el método Delphi (Helmer, 1966).

2.3.1.4. Preparación de los participantes

En esta etapa de preparación se ejecutaron talleres, donde los participantes se apropiaron de técnicas, herramientas e instrumentos para la búsqueda y procesamiento de la información.

Este momento permitió aclarar las dudas de los participantes en cuanto a su nivel de responsabilidad en el desarrollo de la estrategia.

2.3.1.5. Talleres Participativos

Se realizaron 10 talleres participativos donde se aplicaron herramientas, tales como: tormenta de ideas, problema solución y matriz FODA; las que permitieron obtener un razonamiento lógico de la problemática en estudio, además su empleo contribuyó a enriquecer el nivel de conocimiento de los actores sociales involucrados en la investigación.

2.3.2. Fuentes documentales e instituciones consultadas

Para la compilación de los datos utilizados en la investigación se utilizó el método de análisis documental. Las principales instituciones consultadas fueron la Dirección Provincial de Suelos (DPS), la Delegación Provincial del Ministerio de la Agricultura (MINAG), Instituto Provincial de Planificación Física y Dirección Municipal de Planificación Física, Dirección Municipal de Higiene Epidemiología, Delegación Provincial del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente CITMA, Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH), Instituto de Meteorología (IM), Oficina Municipal de Catastro (OMC), Consejo de la Administración Municipal (CAM), entre otros. En estas instituciones se revisó la documentación y se recogió el criterio de especialistas con relación al tema objeto de estudio.

Los documentos de apoyo más utilizados fueron: los informes trimestrales del Consejo de Cuencas, Normas Cubanas de calidad de las aguas para diversos usos y la metodología

simplificada, Marco lógico para el diagnóstico y gestión de las cuencas hidrográficas (INRH, 2006)

2.3.3. Diagnóstico

2.3.3.1. Metodología para el diagnóstico

De las metodologías estudiadas el autor asume la metodología simplificada, Marco lógico para el diagnóstico y gestión de las cuencas hidrográficas (INRH, 2006). Además se toman los aspectos que más se adaptan a las características de la zona objeto de estudio, siendo flexible para incorporar e integrar la diversidad de ideas y conceptos individuales, organizar los criterios y establecer las prioridades consensuadas (Rivera, 1999). En los talleres se aplicaron herramientas como el Sondeo Rural Participativo (Selener, 1997).

El soporte de la metodología simplificada es el nivel de conocimiento e interpretación que cada miembro del grupo de actores sociales decisores seleccionados tienen de la situación del territorio, por su habitual quehacer ubicado en el centro de los problemas reales, cimentando el criterio del grupo desde los criterios individuales, tal como señala Guzón (2006). Todo esto sirvió de sustento para la realización del diagnóstico.

2.3.3.1.1. Análisis de los principales problemas detectados durante el diagnóstico

Para el análisis de los principales problemas que influyen en la gestión sostenible de los recursos hídricos de la cuenca, se realizaron cuatro talleres participativos en el período 2010-2011, con la participación de los actores sociales del municipio, permitiendo análisis y discusiones por subgrupos, plenarias, lluvia de ideas y la aplicación de diferentes matrices.

El planeamiento estratégico para la gestión sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del río Naranjo, requiere del análisis de sus principales fortalezas, oportunidades,

debilidades y amenazas de su entorno, a partir de la matriz FODA como recomiendan Stoner (1998), Díaz (2005), Gárciga (2006), Ricardo (2006). La misma se aplicó durante el desarrollo del primer taller participativo con la presencia de actores sociales, con el objetivo de realizar el diagnóstico externo e interno de los factores que influyen sobre la gestión sostenible de los recursos hídricos.

Para el análisis y categorización de los principales problemas que influyen sobre los recursos hídricos identificados por la matriz DAFO, se aplicó la matriz de EPIR (Estado- Presión-Impacto-Respuesta), la que permitió tener una visión de la problemática actual de la cuenca y sobre esta base dirigir las acciones estratégicas.

En esta fase, se aplicaron tres de los cuatro indicadores propuestos (Estado, Presión e Impacto). El indicador Respuesta, se integra en la etapa de diseño de la estrategia.

La jerarquización de los problemas detectados durante el diagnóstico se realizó mediante el análisis con la matriz de Vester para determinar los diferentes niveles de actividad y pasividad en su interrelación de causalidad.

2.4. Análisis de la calidad de las aguas para diversos usos

La calidad de las aguas fue identificada como el principal problema en la cuenca del río Naranjo, por esa razón se procedió a la caracterización y análisis de fuentes de abasto no administradas por recursos hidráulicos, principalmente pozos multifamiliares ubicados en diferentes asentamientos donde no existe acceso a redes hidráulicas.

2.4.1. Toma de muestras

Se seleccionaron 15 puntos de muestreo, cuatro superficiales (dos puntos en el río Naranjo, uno en la presa Blanca Rosa y uno en la presa Playuela) y once subterráneos (pozos). En la selección se tuvo en cuenta la ubicación espacial y la importancia del uso de dichas fuentes (Tabla 2.11 y Figura 2.8).

Tabla 2.11. Puntos de muestreo de las aguas.

Código de la muestra	Coordenadas (X,Y)	Muestras	Uso
417	501089, 248475	Pozo Arroyo "El Muerto "	Humano, Pecuario
418	499458, 245540	Pozo Arroyo "El Muerto "	Humano, Pecuario
419	505872, 245758	Pozo UBPC "Waldemar Díaz "	Riego, Pecuario
420	504024, 250106	Pozo Cultivo Semiprotegido	Riego, Pecuario
421	496197, 250432	Pozo Gastón	Humano, Pecuario
422	496197, 244888	Pozo Gastón	Humano, Pecuario
423	502393, 245758	Presa "Blanca Rosa "	Riego, Pecuario
424	501370, 239885	Río Naranjo (Pto.1)	Riego, Humano, Pecuario
425	504928, 252114	Río Naranjo (Pto.2)	Riego, Humano, Pecuario
426	510494, 247874	Las Parras	Humano, Pecuario
427	504733, 242874	Las Parras	Humano, Pecuario
428	512016, 244070	Las Parras	Humano, Pecuario
429	509298, 251788	Las Parras	Riego, Pecuario
430	511752, 253934	Presa Playuela	Humano, Pecuario
431	499298, 242983	Pozo Vivienda	Humano, Pecuario

El muestreo se realizó en dos momentos correspondientes a los períodos húmedos y secos (20/09/2011 y 9/01/2012 respectivamente), se ejecutó en conjunto con especialistas de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos en la provincia de Las Tunas, basado en la norma NC- 827:2010. El volumen de muestra tomado por fuente fue de 2,5 litros, según se recomienda en el Manual de Técnicas Analíticas elaborado por Paneque *et al.* (2005). El agua se extrajo a 50 cm de la superficie, para garantizar homogeneidad en la temperatura del agua (25°C).

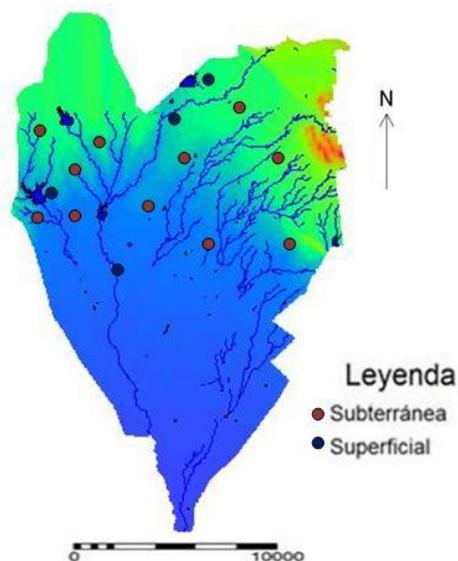


Figura 2.8. Distribución espacial de los puntos de muestreo

2.4.2. Análisis físico-químico y bacteriológico

Las determinaciones de pH, temperatura y conductividad eléctrica se realizaron “*in situ*”, mediante un potenciómetro (pH metro manual de lectura digital marca Pocket-Sized chino¹), un medidor de temperatura y un conductímetro modelo HI-8424, marca HANNA, con su escala calibrada para leer directamente conductancias. Los resultados se expresan en unidades de pH a la temperatura de 25°C, con una precisión de $\pm 0,05$ unidades.

Las determinaciones de elementos mayoritarios (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, sodio, potasio, calcio y magnesio) se hicieron según métodos estandarizados para el análisis físico-químico en el laboratorio de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos de la provincia Las Tunas.

Los análisis bacteriológicos se realizaron según el método estándar SMWW 9222B, E Técnica de tubos múltiples de fermentación, para determinar bacterias coliformes como indicadores de contaminación fecal. Ensayos acreditados por la NC ISO/IEC 17025:2006.

¹La mención de marcas comerciales de los equipos e instrumentos obedece únicamente a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con sus fabricantes.

2.4.3. Clasificación hidroquímica

El criterio seguido para definir los iones que participan en la clasificación de las aguas fue el de Shchoukarev, citado por Catalán Lafuente (1981) y aplicado por la Delegación de Recursos Hidráulicos de la provincia Las Tunas. En este método se consideran los iones que tienen una concentración mayor que el 25% del total de aniones o de cationes.

Los resultados de los análisis físico-químicos realizados en el laboratorio se introdujeron en el programa *EASY_QUIM.4* (Vázquez, 2002) para clasificar las aguas y obtener el diagrama de Piper-Hill-Langelier.

2.4.4. Calidad para el consumo humano y pecuario de las aguas de la cuenca del río Naranjo

Para la interpretación de estos análisis se siguió la metodología establecida por la Norma Cubana NC-827:2010, Agua potable Requisitos sanitarios. Además se utilizaron datos temporales de la ocurrencia de enfermedades de origen hídrico en los consejos populares que se ubican en la cuenca.

La calidad del agua con fines pecuarios se evaluó con la norma cubana antes citada y criterios establecidos por la FAO, ya que en Cuba se considera que los indicadores a emplear deben ser los mismos que para humanos, dada la importancia que tienen los animales en la cadena trófica.

2.4.5. Indicadores de calidad de las aguas para el riego

Para determinar la aptitud del agua para el riego se utilizaron los siguientes criterios:

1. Diagrama de Wilcox: para determinar la clasificación de las aguas de acuerdo a sus contenidos de sales solubles totales y de sodio.
2. Salinidad efectiva (SE)²:

² En todos los casos las concentraciones de los iones se expresan en me.l⁻¹.

a) Si el $Ca^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}) \quad (2.2)$$

b) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^- + SO_4^{2-}$ pero $Ca^{2+} > (CO_3^{2-} + HCO_3^-)$ entonces:

$$SE = \sum Ca^{2+} \quad (2.3)$$

c) Si el $Ca^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ pero $Ca^{2+} + Mg^{2+} > CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (CO_3^{2-} + HCO_3^-) \quad (2.4)$$

d) Si el $Ca^{2+} + Mg^{2+} < CO_3^{2-} + HCO_3^-$ entonces:

$$SE = \sum (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (2.5)$$

3. Salinidad potencial (SP):

$$SP = Cl^- + \frac{SO_4^{2-}}{2} \quad (2.6)$$

4. Relación de Adsorción de Sodio corregida (SARx):

$$SARx = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2.7)$$

5. Porcentaje de Sodio Posible (PSP):

$$PSP = \frac{Na^+}{SE} * 100 \quad (2.8)$$

6. Coeficiente de irrigación (Ka):

a) $Na < Cl^-$; el coeficiente viene dado por la expresión: $Ka = \frac{288}{5Cl^-}$ (2.9)

b) $Cl^- + SO_4^{2-} > Na^+ > Cl^-$ el coeficiente vendrá expresado por: $Ka = \frac{288}{Na^+ + 4Cl^-}$ (2.10)

c) $rNa^+ > rCl^- + rSO_4^{2-}$ el coeficiente viene dado por: $Ka = \frac{288}{10Na^+ - 5Cl^- + 9SO_4^{2-}}$ (2.11)

7. Índice de saturación de Langelier (IL): $IL = pH_{real} - pH_c$ (2.12)

pH_c: es un valor teórico calculado del pH del agua de riego en contacto con calcio y en equilibrio con el CO₂ de suelo. Se halla en función de los cationes calcio, magnesio y sodio, y los aniones carbonato y bicarbonato.

2.5. Diseño estratégico para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca hidrográfica del río Naranjo

La Estrategia de Gestión Sostenible de los recursos hídricos de la cuenca del río Naranjo propuesta por el autor, se diseñó a partir de las regulaciones políticas y legales de los recursos hídricos en Cuba, mencionadas en el capítulo anterior.

2.5.1. Procedimiento para la definición de Objetivos Estratégicos, Estrategias Específicas, planes de acción.

La definición de los objetivos estratégicos, estrategias específicas, planes de acción, modos de implementación y control, se realizó a partir de la participación de 20 actores sociales implicados en todas las fases. Se empleó el método de trabajo en grupo acompañado de las técnicas de generación de ideas. Para ello se valoró la coherencia entre ellos y si tienen establecido un marco temporal adecuado para su aplicación (Anexo 3).

2.5.2. Validación de la estrategia

2.5.2.1. Procesamiento de la información

En esta etapa fue muy importante el criterio de experto ,método Delphi (Helmer, 1996), sobre la base de definir la calidad de la estrategia, para ello se elaboró un cuestionario con cinco aspectos a ser evaluados (Anexo 4), atendiendo a la siguiente escala valorativa: muy adecuada (MA); bastante adecuada (BA), adecuada (A), poco adecuada (PA) y no adecuada (NA). La respuesta de cada aspecto analizado se muestra en el Anexo 5.

2.6. Determinación del índice simplificado de gestión de la cuenca hidrográfica del río Naranjo

Se aplicó el índice simplificado de gestión de la cuenca (IsGC), desarrollado por García (2011), con el objetivo de realizar la evaluación aproximada del proceso de intervención económica, social y ambiental que ocurre en la cuenca hidrográfica, como parte constituyente de su gestión integrada en función de alcanzar su desarrollo sostenible. Se ofrece, mediante indicadores, una información seleccionada, simplificada y agregada de su sustenta en seis indicadores a los que los expertos les proponen un peso (jerarquía) de acuerdo a su importancia en la zona estudiada.

El IsGC inicialmente se calculó para los años 2009 – 2011. Como parte de la estrategia se propone mejorar algunos indicadores que intervienen en el índice simplificado, por ello también se estimó su valor sostenibilidad, tanto actual como de su evolución en el tiempo. La determinación del IsGC), se para el año 2015. En el Anexo 6 se desarrolla el procedimiento para la determinación del índice.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico de la cuenca

3.1.1. Etapa preparatoria

La etapa preparatoria fue conclusiva en los resultados de la investigación, se concretó la selección de la zona objeto de estudio, a partir de los intereses del gobierno local.

Se evidenció la importancia de la coordinación y preparación de los actores locales, a través de talleres participativos apropiándose de técnicas, herramientas e instrumentos para la búsqueda y procesamiento de la información y su nivel de responsabilidad en el desarrollo de la estrategia.

3.1.1. 2. Análisis del coeficiente de competencia de los expertos

En esta investigación después de haber realizado las encuestas del nivel de conocimiento de sobre la temática a 20 posibles expertos que estuvieron de acuerdo en participar en las consultas, quedaron 14, con un grado de competencia alto, es decir con un coeficiente de competencia superior a 0.80 (Anexos 1 y 2). Se evidenció, en el análisis de las respuestas obtenidas con dicho método, que el 100 % de los entrevistados estaban a favor del empleo de los aspectos analizados en la estrategia, concediéndole gran importancia a los mismos.

3.1.2. Análisis de los principales problemas detectados durante el diagnóstico

En el análisis del diagnóstico participativo con la matriz DAFO (Tabla 3.1), se constató que existe desconocimiento por parte de la población de aspectos fundamentales del medio ambiente. Se destaca el tema de los riesgos, por ejemplo, la degradación de los ecosistemas en las cuencas, la contaminación y calidad de sus aguas para diferentes usos, entre otras. Según Peña (2008) a partir del diagnóstico y la identificación de los problemas, con el

empleo de la matriz DAFO, se posibilita descubrir la influencia de cada uno de ellos dentro del conjunto.

Tabla 3.1. Matriz de debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la cuenca hidrográfica del río Naranjo.

FORTALEZAS		DEBILIDADES	
F1	-Existencia de Programas y Proyectos endógenos viables.	D1	-Calidad de las aguas deficiente para sus diferentes usos.
F2	-Existencia de infraestructura empresarial, técnica y de algunos servicios factibles de reordenar.	D2	-Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos.
		D3	-Insuficientes redes de acueducto y alcantarillado.
F3	-Potencialidad agroindustrial azucarera y ganadera con cultura y tradición de los mismos.	D4	-Insuficiencias en el control de las descargas de focos contaminantes y su actualización sistemática.
		D5	- Altos índices de áreas deforestadas en fajas hidrorreguladoras.
F4	-Servicios básicos de Salud, Educación y Energía Eléctrica se encuentran cubiertos en más del 95 % de los asentamientos poblacionales de la zona.	D6	-Escasa captación de agua de lluvia en las viviendas.
		D7	- Degradación de los suelos.
		D8	-Falta de aplicación de tecnologías.
F5	-Disposición de autoridades y actores para la capacitación, el desarrollo y la investigación para el uso de nuevas tecnologías.	D9	- Falta de educación y conciencia ambiental.
		D10	-Baja disponibilidad de recursos materiales y financieros.
		D11	-Pérdida de la biodiversidad.
		D12	-Altos índices de enfermedades de origen hídrico.
OPORTUNIDADES		AMENAZAS	
O1	-Introducción de nuevas tecnologías.	A1	-Ocurrencia periódica de catástrofes naturales (sequías, huracanes, inundaciones).
O2	-Centro de Estudios de Desarrollo Agrario de Las Tunas.	A2	-Actividad agroindustrial en áreas de la cuenca.
O3	-Entidades productoras innovadoras.	A3	-Acelerado proceso de degradación de los suelos.
O4	-Existencia de legislaciones en el país relacionadas con la Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.		
O5	-Centro Universitario Municipal.	A4	-Persistencia y agudización de la crisis económica internacional y el bloqueo.
O6	-Fortalecimiento del sistema de educación ambiental en el municipio.		

Una de las lecciones aprendidas en los procesos de gestión sostenible de los recursos hídricos, con enfoque de desarrollo local, es la eficiencia de dichos procesos con la activa

participación de los actores sociales de las comunidades locales. Por eso es indispensable que desde el inicio ellos contribuyan en la determinación de necesidades y problemas, aprovechando la realización de diagnósticos participativos y herramientas para que esa colaboración sea efectiva (Sosa, 2000).

3.1.2.1. Matriz EPIR de los principales problemas encontrados

En la Tabla 3.2, se exponen los resultados de la Matriz de EPIR para los principales problemas ambientales identificados y las causas que los originaron.

Como resultado del análisis anterior fue posible categorizar los principales problemas encontrados según el grado de afectación para una gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca.

El principal problema identificado en la cuenca es la deficiente calidad de las aguas para los diferentes usos. En la Tabla 3.2 se muestra la interrelación de causa efecto que existe entre varias de las debilidades reconocidas por los actores sociales.

Otro problema lo constituye la deforestación de las franjas hidrorreguladoras de ríos, arroyos y embalses, lo que implica la erosión del suelo en algunas áreas, inundaciones y contaminación de los cursos de agua. Al analizar el patrimonio forestal existente en la cuenca se evidenció la pérdida o carencia de las franjas hidrorreguladoras en el cauce del río y embalses (Tabla 3.2). La presión ejercida sobre el 70 % de las áreas boscosas de la cuenca para incrementar las plantaciones cañeras, la siembra de cultivos varios, explotación minera y la expansión ganadera ha sido una de las causas principales de la deforestación, para un índice de boscosidad del 15 % inferior al 27,27 % del promedio nacional (Fernández, 2012).

Estos criterios coinciden con los obtenidos por Hoekstra (2011), quien plantea que el desarrollo socioeconómico ha sido una de las causas que ha repercutido en el deterioro de los agroecosistemas.

Uno de los problemas que limita la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca es el deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos. Se confirmó que existe una elevada carga contaminante de origen orgánico que se dispone en asentamientos y áreas aledañas a la cuenca (Tabla 3.2), debido a la deposición de residuales sólidos intradomiciliarios, trayendo consigo la proliferación de microvertederos ilegales. A esta situación se le suma el mal estado de las redes de acueducto y alcantarillado y el insuficiente sistema de tratamiento para el volumen total de aguas residuales domésticas que se disponen hoy en la cuenca.

ESTADO			PRESIÓN			IMPACTO		
Indicador			Indicador			Indicador		
Aguas subterráneas y superficiales con altos contenidos de coliformes fecales y totales (NMP/100 MI)			Albañal doméstico no tratado %			Aumento de enfermedades de origen hídrico		
Aguas subterráneas y superficiales con altos contenidos de sales solubles totales (mg.l ⁻¹)			-Geología de la zona causa mineralización de las aguas -Albañal industrial no tratado %			Acuíferos con aguas de diferentes calidades por su contenido salino		
Problema: Degradación de los suelos								
Erosión (ha)			Laboreo a favor de la pendiente			Pérdida del horizonte agroproductivo del suelo del horizonte húmico acumulativo		
Salinidad (ha)			Uso de aguas con altos contenidos de sales en áreas cañeras			Bajos rendimientos Presencia de sales		
Compactación (ha)			Inadecuada fitotecnia			Disminución de su porosidad (macro y microporos)		
Mal drenaje (ha)			-Inadecuado balance de la maquinaria pesada y ligera que se introduce en los campos -Laboreo intensivo por el cultivo de la caña de azúcar.			Reducción del intercambio de la parte sólida del suelo con el aire y el agua		
Problema: Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos								
Elevada carga contaminante de origen orgánico que se dispone en asentamientos			Disposición de los residuales sólidos intradomiciliarios			Aumento de enfermedades de origen hídrico		
			Proliferación de microvertederos ilegales			Presencia de vectores y roedores		
			Introducción de convenios porcinos en áreas urbanas					
			Presencia del central y la cantera			La calidad del aire no es la más adecuada debido a los procesos fabriles que se realizan		

Tabla 3.2. Matriz EPIR de los principales problemas ambientales encontrados (Continuación).		
ESTADO	PRESIÓN	IMPACTO
Indicador	Indicador	Indicador
Problema: Insuficientes redes de acueducto y alcantarillado		
Escasa red de acueducto y alcantarillado, con cobertura para la población.	Población sin acceso a redes de acueducto y alcantarillado M /Hab (% del total).	Insuficiente abastecimiento de agua a la población, provocando escases
		Insuficiente servicio de alcantarillado
Problema: Insuficiencias en el control de las descargas de focos contaminantes		
Carga contaminante generada ton/año	Presencia de focos contaminantes en áreas de la cuenca	Aumento de enfermedades de origen hídrico
Carga dispuesta ton, para un %		Contaminación del suelo
Problema: Altos índices de áreas deforestadas en fajas hidrorreguladoras		
Índice de áreas deforestadas en fajas (%)	Tala de bosques nativos	Pérdida de suelo por arrastre al cauce
	Pastoreo intensivo del ganado en las márgenes de los ríos	Degradación de los suelos
	Áreas afectadas por explotación minera (cantera)	Disminución de porcentaje de cobertura vegetal
	Inadecuada reforestación sin tener en cuenta las especificidades de cada zona	Disminución de la biodiversidad Menor captura de CO ₂

La presencia de siete focos contaminantes en la cuenca y la insuficiencia en el control de las descargas, ejerce una fuerte presión aguas abajo sobre los recursos hídricos.

La UEB central Majibacoa, convenios porcinos y núcleos poblacionales cerca de la cuenca, son los focos contaminantes que mayor presión ejercen en la cuenca, atribuido al mal manejo de desechos tanto sólidos como líquidos (Tabla 3.2), provocando contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Estos resultados demuestran el incumplimiento del Decreto Ley 138 de las Aguas Terrestres y la NC 27-99 Vertimiento de Residuales a las Aguas Terrestres y el Alcantarillado.

Estos resultados coinciden con García (2011), quien afirma que las cuencas cubanas están sometidas a una fuerte presión provocada por la presencia de focos contaminantes, que incumplen las leyes de Vertimiento de Residuales a las Aguas Terrestres.

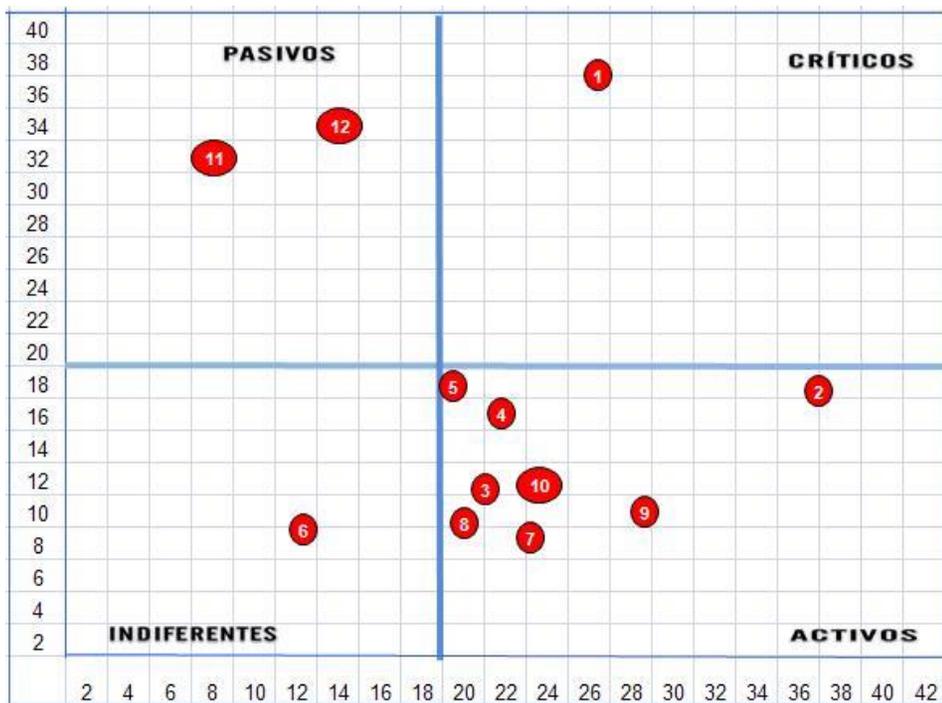
La degradación de los suelos es causada por presión de factores naturales y antrópicos (Tabla 3.2). El predominio de suelos poco profundos, y susceptibles a la erosión y caracterizados por diversos factores limitantes, como erosión, salinización, mal drenaje y compactación, han contribuido a la reducción de los niveles de fertilidad de los suelos. Este criterio coincide con los de Leyva (2006) quien plantea, que los procesos de degradación de los suelos han sido provocados por un laboreo intensivo, los cuales han acrecentado la compactación y los procesos de gleyzación, con una disminución del 50% del contenido de materia orgánica, esto implica la reducción de la actividad biológica, con transformaciones en la estructura del suelo y menor infiltración del agua a través del perfil, lo que trae consigo el empantanamiento.

Se evidenció la importancia de dirigir la atención a estos problemas, con la finalidad de reorientar las acciones. Resultados semejantes son expuestos por Canter (2002) y Ramírez

(2007), quienes hacen referencia a la necesidad de utilizar un enfoque metodológico Fuerzas Motrices-Presión, basándose en el análisis de la influencia de los problemas ambientales y reorientar acciones que permitan su mitigación.

3.1.2.2. Jerarquización de los problemas detectados

El empleo del análisis de la Matriz de Vester permitió la jerarquización de los problemas identificados durante el diagnóstico (Matriz DAFO), los cuales presentaron diferentes



niveles de actividad y pasividad en su interrelación de causalidad, como se aprecia en la Figura 3.1.

Figura 3.1. Dispersión de la naturaleza de los problemas. Matriz de Vester.

(1) Deterioro de la calidad de las aguas para sus diferentes usos, (2) Deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos, (3) Insuficientes redes de acueducto y alcantarillado, (4) Insuficiente control de las descargas de focos contaminantes, (5) Altos índices de áreas deforestadas en fajas, (6) Escasa captación de agua lluvia en las viviendas, (7) Degradación de los suelos, (8) falta de aplicación de tecnologías, (9) Falta de educación y conciencia ambiental, (10) Baja disponibilidad de recursos materiales y financieros. (11) Pérdida de biodiversidad, (12) Altos índices de enfermedades de origen hídrico.

Los problemas del deterioro del saneamiento y las condiciones ambientales en asentamientos humanos (2), insuficientes redes de acueducto y alcantarillado (3), Insuficiente control de las descargas de focos contaminantes (4), altos índices de áreas deforestadas en fajas (5), degradación de los suelos (7), Falta de aplicación de tecnologías (8), Falta de educación y conciencia ambiental (9), Baja disponibilidad de recursos materiales y financieros (10), son las causas primarias del problema central y deben tener una alta prioridad en su intervención, aspectos que han sido mencionados por diferentes autores (Medrano, 2001; Bueno,2004; Chapagain *et al.*,2008; Hoekstra, 2011).

Los problemas ubicados en el cuadrante de los activos son los que van a afectar de manera importante. Los que son clasificados, según el criterio local, como problemas pasivos, es decir, no influyen de manera importante sobre otros, pero que son causados por la mayoría de los demás, y por tanto, pueden utilizarse como indicadores de cambio y eficiencia de la intervención de los problemas activos, ya que manifiestan los cambios hechos en ellos.

El problema clasificado como indiferente tiene menor peso o prioridad dentro del sistema, ya que no tiene ninguna relación de causa-efecto con los demás problemas y cualquier intervención sobre él no generará efecto inmediato, a pesar de ello también constituye una limitante para una gestión sostenible de los recursos hídricos.

El análisis del nivel de influencia y causalidad de los problemas con la matriz de Vester, determinó que el deterioro de la calidad de las aguas para sus diferentes usos (1) constituyó el problema crítico, causado principalmente por los problemas activos. Resultados semejantes fueron obtenidos por Peña (2008), Pavón (2009) y Pérez (2010).

El análisis anterior dió como resultado el árbol de problemas mostrado en la (Figura 3.2).

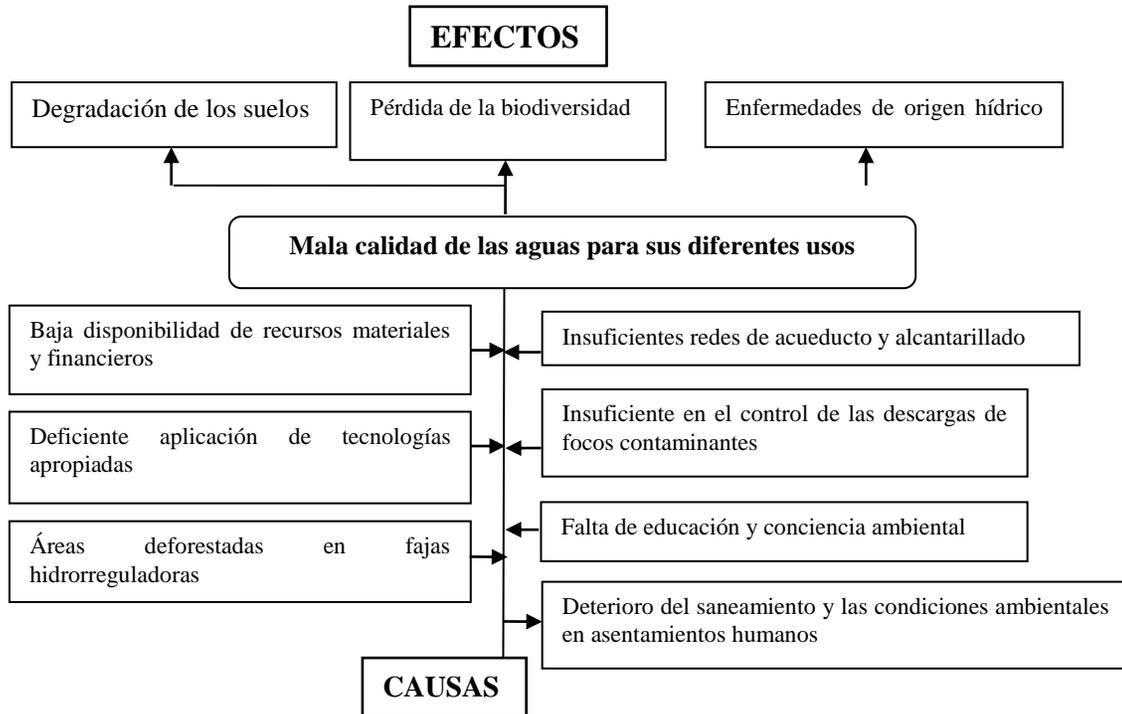


Figura 3.2. Árbol de problemas identificados en la cuenca del río Naranjo.

Los resultados muestran, que los problemas que tienen mayor importancia son influenciados por factores de carácter antrópico, siendo causas de la mala calidad de las aguas para sus diferentes usos, lo que coincide con DPRH (2011) al estudiar la calidad de las aguas en otras cuencas de la provincia.

El diseño del árbol de problemas sobre la base de la matriz Vester, permitió plasmar de forma más organizada la información, y establecer una coherencia final de los resultados obtenidos, para llevar a cabo el diseño del plan estratégico a elaborar, como objetivo básico y fundamental en esta investigación.

3.3. Análisis del principal problema identificado

En los acápite anteriores se identificó la calidad de las aguas para sus diversos usos como el principal problema ambiental, desde la óptica de los recursos hídricos. A continuación se hace un análisis de su caracterización hidroquímica y de su posible uso tanto para humanos, como para animales y en el regadío.

3.3.1. Caracterización hidroquímica

En la Tabla 3.3 se puede apreciar la composición físico-química y bacteriológica de las aguas de las fuentes estudiadas en la cuenca. Las filas húmedo y seco identifican las fechas de muestreo.

Las aguas del área se caracterizan por presentar temperaturas ambiente entre los 22,8°C y 27,8°C. Los valores medios de las fuentes subterráneas son inferiores a los de las superficiales en ambas fechas de muestreo.

El pH de las fuentes superficiales es superior al de las fuentes subterráneas en ambas fechas de muestreo. Sin embargo en todos los casos se obtuvieron valores inferiores al umbral (8,4) para aguas de regadío (Ayers y Westcot, 1987). En el período seco se incrementó el pH en todas las fuentes, debido al aumento de las concentraciones de todos los iones, a excepción de magnesio y potasio. La tendencia a la alcalinidad de las aguas debe estar relacionada con la elevación de las concentraciones de los iones bicarbonato y sodio, coincidiendo con Garbagnati *et al.* (2005) que plantean que si el bicarbonato es el ión predominante implicará un aumento de pH.

La conductividad eléctrica de las fuentes subterráneas es superior y muy cercana a 3,0 dS.m⁻¹, por tanto no son aguas aptas para el riego de los cultivos agrícolas. Las restricciones de las aguas superficiales son ligeras a moderadas.

Al analizar las principales variables hidroquímicas de los puntos de muestreos (Tabla 3.3), se advierte que:

- Los tenores de los iones analizados para la caracterización físico-química de las aguas son superiores en los puntos que representan las aguas subterráneas respecto a las fuentes superficiales.
- Los iones bicarbonato, cloruro, y las sales solubles totales, son los más abundantes, con tendencia a una concentración relativamente alta, seguidos de los iones sodio, sulfato y calcio.

Tabla 3.3. Composición físico-química de las aguas analizadas en la cuenca del río Naranjo.

Muestra	Período	T (°C)	pH (u)	CE dS.m ⁻¹	Ca ²⁺ mg.l ⁻¹	Mg ²⁺ mg.l ⁻¹	Na ¹⁺ mg.l ⁻¹	K ¹⁺ mg.l ⁻¹	Fe mg.l ⁻¹	HCO ₃ ²⁻ mg.l ⁻¹	Cl ¹⁻ mg.l ⁻¹	SO ₄ ²⁻ mg.l ⁻¹
Pozo 417	Húmedo	27,1	7,91	2710	29	20	602	3	ND	830	316	186
	Seco	23,2	8,2	2380	16	19	575	1	ND	916	248	136
Pozo 418	Húmedo	27,4	7,88	2710	29	20	587	3	ND	824	309	186
	Seco	23,2	8,3	2390	20	14	590	1	ND	821	292	141
Pozo 419	Húmedo	27,3	7,52	2960	116	102	416	1	ND	755	437	196
	Seco	23,0	8,1	3810	89	53	742	1	ND	987	536	362
Pozo 420	Húmedo	27,2	7,54	2980	118	101	428	1	0,08	758	433	191
	Seco	23,6	8,3	2960	141	103	286	4	ND	516	584	151
Pozo 421	Húmedo	27,3	8,02	976	42	27	126	0,7	ND	309	89	96
	Seco	23,3	7,6	2980	131	54	466	1	ND	487	584	181
Pozo 422	Húmedo	27,4	8,03	967	40	27	126	0,7	0,09	300	89	91
	Seco	23,3	8	3480	81	54	605	2	ND	761	602	186
Presa 423	Húmedo	27,8	7,85	714	37	11	101	4	1,1	280	69	28
	Seco	23,1	8,3	1354	40	18	235	4	ND	506	148	67
Río 424	Húmedo	27,3	8,03	916	35	22	123	5	0,67	262	120	62
	Seco	22,8	8,3	1150	46	19	197	6	0,5	318	168	78
Río 425	Húmedo	26,5	7,99	918	35	22	123	5	ND	262	124	62
	Seco	22,8	8,1	1141	40	16	273	4	0,7	514	148	68
Pozo 426	Húmedo	25,2	7,76	2980	114	100	416	2	ND	422	653	191
	Seco	23,6	7,9	2360	101	103	266	2	0,1	416	584	151
Pozo 427	Húmedo	25,4	7,81	1849	54	69	241	2	0,24	458	330	116
	Seco	23,3	7,3	5400	545	194	225	6	ND	262	1238	192
Pozo 428	Húmedo	25,1	7,95	4260	62	31	857	1	ND	785	825	206
	Seco	23,6	7,8	4270	50	36	882	1	ND	714	894	196
Pozo 429	Húmedo	25,4	7,32	5510	5,6	231	234	6	0,13	297	1238	222
	Seco	23,2	7,8	1843	73	73	197	2	ND	416	330	96
Presa 430	Húmedo	25,2	8,15	776	33	21	106	5	ND	255	106	38
	Seco	23,6	8,3	813	38	25	104	5	ND	273	123	42
Pozo 431	Húmedo	25,3	8,27	817	33	22	114	6	ND	238	113	54
	Seco	23,3	7,8	821	40	24	104	5	ND	262	123	42

Ensayos acreditados por la NC ISO/IEC 17025:2006 según resolución 11/2010 de ONARC

Leyenda: ND=No detectable (límite de detección) Fe=0,07 mg/L

Tabla3.3. Composición físico-química de las aguas analizadas en la cuenca del río Naranjo (Continuación).

Muestra	Período	NH ₄ mg.l ⁻¹	Tu NTU	PO ₄ ³⁻ mg.l ⁻¹	Mn mg.l ⁻¹	SST mg.l ⁻¹	DBO ₅ ²⁰ mg.l ⁻¹	NO ₂ ¹⁻ mg.l ⁻¹	NO ₃ ¹⁻ mg.l ⁻¹	DT mg.l ⁻¹	CT NMP/ 100 MI	CF NMP/ 100 MI
Pozo 417	Húmedo	ND	0	0,5	ND	2086	0	< LC	100	156	2400	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	1954	0	0,06	20	121	1600	2400
Pozo 418	Húmedo	ND	0	0,5	ND	2052	0	< LC	94	156	2400	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	1836	0	ND	353	111	1600	1600
Pozo 419	Húmedo	ND	0	0,16	ND	2135	0	0,07	112	718	2400	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	2770	0	0,12	87	444	5500	5500
Pozo 420	Húmedo	ND	0	0,2	ND	2142	0	0,16	112	718	1600	2400
	Seco	ND	0	ND	ND	1655	0	0,16	45	682	1600	3500
Pozo 421	Húmedo	ND	0	ND	ND	733	0	0,01	43	218	5400	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	1946	0	0,75	32	556	9000	6400
Pozo 422	Húmedo	ND	0	ND	ND	717	0	0,01	43	213	3500	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	2378	0	0,75	64	429	1600	2400
Presa 423	Húmedo	ND	15,3	0,5	0,9	530	4	0,09	ND	140	2400	3500
	Seco	ND	17	0,4	ND	1018	4	0,1	ND	177	3400	3300
Pozo 424	Húmedo	ND	2,76	0,3	0,2	629	2	0,07	70	182	2400	3500
	Seco	ND	3,75	0,35	ND	832	4	0,05	68	197	3500	3500
Pozo 425	Húmedo	ND	9,9	0,1	0,3	636	3	0,07	55	182	2400	3500
	Seco	ND	5,7	0,3	ND	163	4	0,09	43	167	1600	3500
Pozo 426	Húmedo	ND	0	ND	ND	1930	0	0,07	32	702	3500	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	1655	0	0,07	45	682	1600	3500
Pozo 427	Húmedo	ND	0	ND	ND	1290	0	ND	20	421	2400	2400
	Seco	ND	0	ND	ND	3552	0	0,012	87	172	3500	3500
Pozo 428	Húmedo	ND	0	ND	ND	2897	0	0,07	130	286	5400	1600
	Seco	ND	0	ND	ND	2837	0	0,08	87	278	1600	2400
Pozo 429	Húmedo	ND	0	0,9	ND	3390	0	0,13	ND	392	5400	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	1807	0	ND	ND	485	1600	3500
Presa 430	Húmedo	ND	0	0,25	ND	462	2	ND	ND	172	-2,2	-2,2
	Seco	ND	0,85	ND	ND	678	3	ND	ND	202	-2,2	-2,2
Pozo 431	Húmedo	ND	0	ND	ND	580	0	ND	4	177	3500	3500
	Seco	ND	0	ND	ND	800	0	ND	25	202	1600	1600

Leyenda: ND=No detectable (límite de detección mg/L) NH₄¹⁺=0,04, Mn²⁺=0,01, PO₄³⁻=0,05, NO₂¹⁻=0,05, NO₃¹⁻=0,04
 LC= (Limite de cuantificación NO₂¹⁻=0,06 mg/L)

3.3.2. Clasificación de las aguas según Shchoukarev

Se distinguen seis tipos de agua. En la Tabla 3.4 se aprecia un patrón hidroquímico en el que predominan aguas bicarbonatadas cloruradas sódicas ($\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- - \text{Na}^+$) y cloruradas bicarbonatadas sódicas ($\text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- - \text{Na}^+$), estos resultados se corresponden con estudios anteriores del acuífero realizados por Galindo *et al.* (2006), INRH (2010) quienes plantean que las aguas subsuperficiales en las que predominan los iones bicarbonato y sodio son consideradas jóvenes, poco evolucionadas; mientras, las cloruradas tienen largo tiempo de residencia en el acuífero. Los grupos definidos se corroboran con el diagrama de Piper (Figura 3.3)

Tabla 3.4. Tipos de aguas encontradas en las fuentes analizadas.

Consejo Popular	Muestra	Período	Clasificación
Arroyo El Muerto	Pozo 417	Húmedo	Bicarbonatada-sódica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
	Pozo 418	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
Las Parras	Pozo 419	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-Magnésica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
Vivienda	Pozo 420	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-Magnésica
		Seco	Clorurada-Bicarbonatada-Sódica-Magnésica
Gastón	Pozo 421	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada- Sódica -magnésica- cálsica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada- Sódica
	Pozo 422	Húmedo	Bicarbonatada -clorurada-Sódica -magnésica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada- Sódica
Vivienda	Presa 423	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-cálsica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
Arroyo El Muerto	Río 424	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
	Río 425	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica
		Seco	Bicarbonatada-clorurada-Sódica

Arroyo El Muerto	Pozo 426	Húmedo	Clorurada- Bicarbonatada- Sódica- Magnésica
		Seco	Clorurada -Bicarbonatada- Sódica
Las Parras	Pozo 427	Húmedo	Cloruradas-Bicarbonatadas-Sódicas- Magnésica
		Seco	Clorurada- Magnésica-cálsica
	Pozo 428	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-Magnésica
		Seco	Clorurada -Sódica
	Pozo429	Húmedo	Clorurada-Sódica-Cálsica
		Seco	Clorurada- Bicarbonatada-Sódica
	Presa 430	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-Magnésica
		Seco	Clorurada- Magnésica- cálsica
Vivienda	Pozo 431	Húmedo	Bicarbonatada-clorurada-Sódica-Magnésica
		Seco	Clorurada-Sódica-cálsica Magnésica

En la Figura 3.4, se muestra el diagrama de Piper para los dos períodos evaluados, donde se ilustran los cambios de tipo de agua de un período a otro y la predominancia de aguas Bicarbonatadas – cloruradas – Sódicas – magnésicas - cálcicas a Cloruradas – Sódicas – cálcicas - Magnésicas, comportamiento que se ha observado en resultados hidroquímico de acuíferos desarrollados por Monteagudo (2008), Orozco (2011) y Herrera (2011).

La presencia de distintos tipos de agua en esta cuenca, coincide con los resultados reportados por Monteagudo (2008) en otras cuencas del territorio quien plantea que las características geológicas de las cuencas en las Tunas son complejas, ya que en superficie existen formaciones sedimentarias constituidas por calizas duras (formadoras de aguas bicarbonatadas cálcicas), calizas dolomitizadas y dolomitas (formadoras de aguas bicarbonatadas cálcicas magnesianas), así como mezclas de litologías y aportes de cloruro de sodio de los suelos en la zona no saturada de los acuíferos lo que determina la variedad de tipos de agua en una misma cuenca.

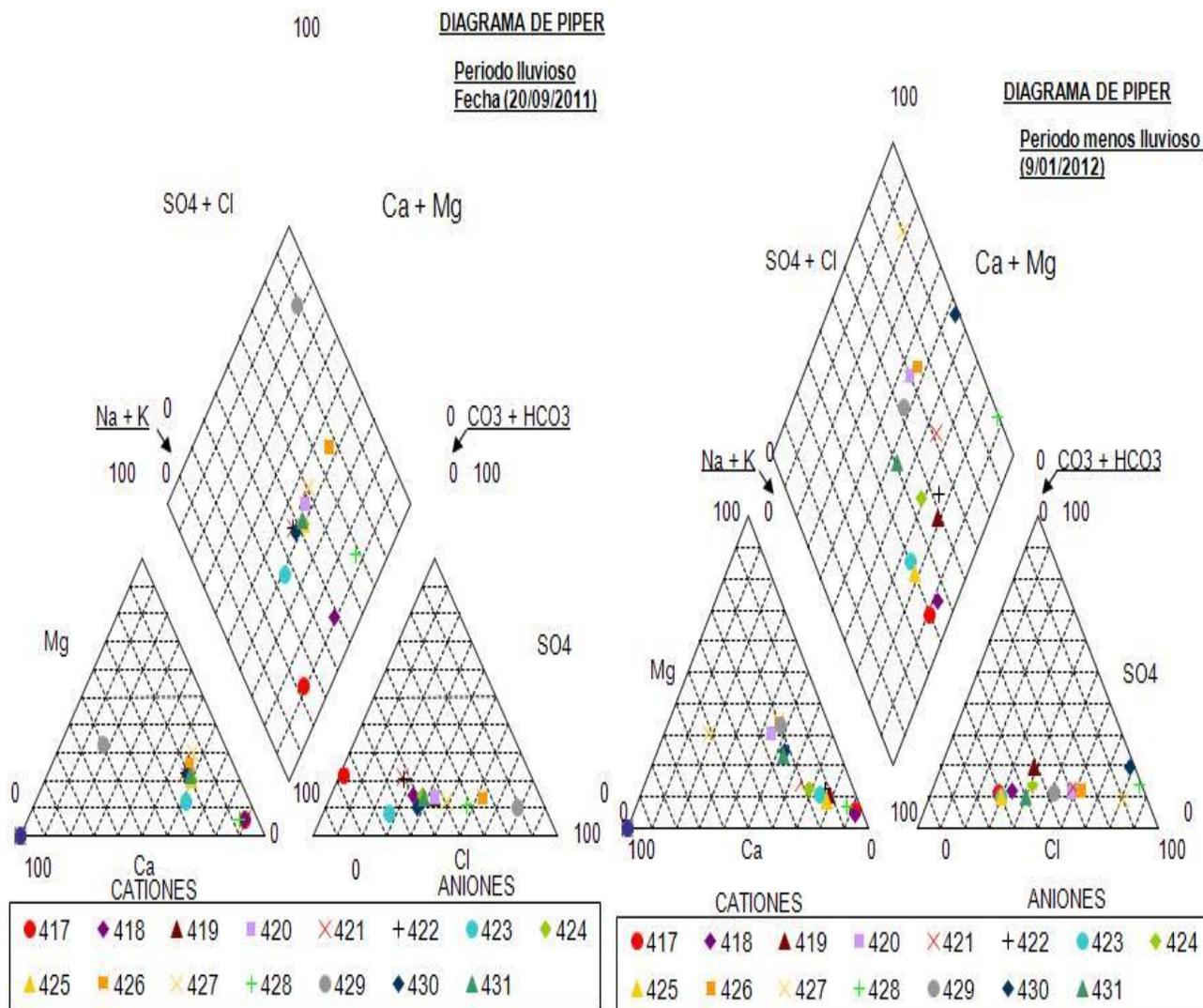


Figura 3.3. Diagrama de Piper de la hidroquímica de las aguas en la cuenca del río Naranjo.

3.3.3. Calidad de las aguas con fines humanos y pecuarios

Las aguas del área de estudio, puntos de muestreo río 424 y 425, alcanzaron rangos de turbiedad para el período húmedo entre 6,76 UNT y 9,39 UNT, valores superiores a la NC-827:2010, (5 UNT). Para el período seco muestran niveles inferiores con rangos entre 1,7 UNT y 3,75 UNT (Tabla 3.3). La presencia de alta turbiedad en el período húmedo es

característico para el mismo, coincidiendo con Costa (2008) quien plantea que en esa época aumentan los valores de turbiedad, debido a corrientes con un gran número de partículas sólidas en suspensión o coloides, como arcillas, limos, granos de sílice, materia orgánica con un diámetro muy pequeño (0.1μ) que impiden que la luz se transmita tal como lo haría a través de un agua pura. Esto demuestra los riesgos de consumir esta agua en el período húmedo, por la presencia de altos niveles de microorganismos causantes de enfermedades, como: virus, parásitos y algunas bacterias. Lo que puede provocar síntomas tales como náuseas y diarrea. En el caso de los animales pueden presentar síntomas de diarreas.

En cuanto a la dureza total existe una tendencia a alcanzar valores mayores en el período seco. Dentro de las fuentes analizadas los pozos 421, 422, 426 y 427 sobrepasan los niveles permisibles, según la NC-827:2010 (400 mg.l^{-1}). El pozo 426 en los dos períodos se encuentra por encima de ese umbral.

Los Cloruros se comportan con tendencia a aumentar en el período húmedo con valores superiores a los permisibles a la NC-827:2010 (250 mg.l^{-1}), en los pozos 417, 426, 427, 428. Es significativa la presencia de altos contenidos en ambos períodos para los pozos 417, 427 y 428. La aparición de este elemento es mayormente aportado por aguas cloruradas bicarbonatadas sódicas, lo que presumiblemente se debe al alto contenido de calcita en los suelos, donde sobreyacen las formaciones que drenan estas aguas. Estos resultados coinciden con los reportados por Monteagudo (2008), en otras cuencas del territorio. Altos contenidos de cloruro pueden ser tóxicos y podrían causar cambios en glándulas adrenales, problemas circulatorios, alto riesgo de cáncer de hígado, dificultades para la reproducción, además de producir mal sabor al agua. En el caso de los animales provoca dificultades para la reproducción.

El hierro no fue detectado en gran parte de las fuentes analizadas. Se identificó la presencia de este elemento en el período húmedo en los pozos 422 y 427 y en las muestras 424 y 425 del río, en esos puntos para ambos períodos. El aumento del hierro en estas fuentes puede atribuirse a que existen corrales de animales y letrinas sin fosas sépticas muy cercanas a ellas. Además la profundidad de yacencia de las aguas subterráneas en estos pozos es generalmente baja, llega a alcanzar hasta 5 metros en algunas zonas. En el caso de las fuentes superficiales existe una tendencia al pastoreo y baño de animales. Según la UNESCO (2007), la presencia del hierro en el agua puede provocar enfermedades como conjuntivitis, náuseas, diarrea, deterioro del hígado, corazón y en última instancia la muerte. Según Bonel (2005), los niveles superiores a 0.3 mg.l^{-1} pueden también causar una reducción en la ingesta de agua y en la producción de las vacas lecheras puede causar un sabor a óxido en la leche.

El sodio en las aguas estudiadas presenta altos contenidos en casi todas las muestras, superiores a la NC-827:2010 (200 mg.l^{-1}), solo en los puntos del río 424, 425 y el pozo 431 muestran valores menores que el umbral. Estos resultados indican el alto riesgo que puede provocar el consumo de estas aguas. A mediano y largo plazo puede tener consecuencias graves en el organismo. Según MINSAP (2005), el sodio puede inducir retención de agua, que obliga al corazón, hígado y riñones a trabajar por encima de sus posibilidades, además de hipertensión arterial (presión arterial elevada, que es factor de riesgo para padecer infarto), debido a que la cantidad de sangre aumenta y, por tanto, la tensión que ésta ejerce. Según la Organización Mundial para la Salud OMS (2009) el exceso de sodio también se relaciona con descalcificación ósea (osteoporosis), ya que en un intento por compensar el

equilibrio entre minerales reguladores del agua (electrolitos), el organismo tomaría calcio de los huesos para que éste “bloquee” al sodio y pueda ser eliminado a través de la orina.

La conductividad eléctrica en las fuentes analizadas en ambos períodos se comportó con valores elevados que oscilan desde 500 hasta 4030 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25 °C. Mostrando que estas aguas poseen altos contenidos de sales minerales, los casos extremos son los pozos 427 y 428 que llegan a 5020 y 4030 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a 25 °C, respectivamente. La aparición de estas cifras indica que en la composición química de estas aguas existe una gran influencia de la sal procedente de un suelo salino o de formaciones geológicas salinizadas. Según la DMHP (2011), la aparición de numerosos casos de hipertensión arterial en consejos populares de la zona (Figura 3.4), con una tendencia a incrementar el número de casos a partir del año 2009, los que pueden estar asociados a la calidad del agua. Se aprecia que tres de los consejos muestreados son los de mayor incidencia.

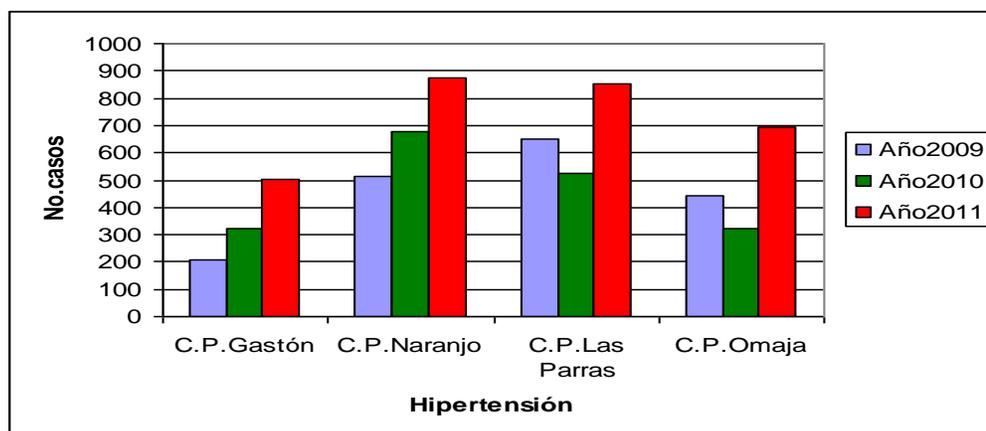


Figura 3.4. Comportamiento de Hipertensión por Consejos Populares

La concentración de nitratos es mayor que 45 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (LMA de la NC-827:2010) en los pozos 418, 422 y 427, así como en el río 424. El pozo 418 tiene la cuantía más alta, 353 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Esto demuestra el grado de contaminación de estas fuentes, y el peligro de

influencia sobre la salud humana. Según la OMS (2007), las altas concentraciones de nitratos pueden provocar amplia producción de nitrosaminas (una de las más comunes causas de cáncer).

Los nitritos varían en ambos períodos desde 0,1 mg.l⁻¹ hasta 0,75 mg.l⁻¹ con tendencia a mantenerse en rangos superiores 0,6 mg.l⁻¹; lo que demuestra altos contenidos de nitritos por encima del valor permisible según la NC-827:2010 (0,2 mg.l⁻¹). En el caso de las muestras 424 y 425 del río están influenciadas por los vertimientos de aguas usadas por la comunidad y basuras caseras que contienen residuos orgánicos. Al igual que los nitratos producen los mismos signos y síntomas al organismo. Según las normas de la OMS (2007), las aguas para consumo humano deben estar exentas de estos elementos. En el caso de los animales en muchas especies puede provocar la infertilidad y problemas reproductivos (aborto).

La contaminación bacteriana en todas las muestras analizadas presenta problemas por los altos tenores de bacterias del tipo coliformes totales y fecales que alcanzan valores superiores a los 1000 NMP/100 ml, según la NC-827:2010. Por otra parte, la relación CT y CF sobrepasa el 20%, que indica contaminación fecal alta, por encima de la norma máxima admisible, según su clasificación cualitativa (MINSAP, 2010). Desde el punto de vista higiénico sanitario estas aguas están afectadas por la presencia de colibacilos, Escherichia coli y colifecales, por lo que no responden a los requisitos establecidos en la NC-827:2010. El estado sanitario de estas fuentes está determinado en primer lugar por su contaminación fecal y en segundo, por los residuos tanto sólidos como líquidos que son vertidos al medio y por las aguas procedentes del albañal doméstico. Estos resultados indican los riesgos que pueden producir estas aguas para la salud humana, provocando enfermedades diarreicas

agudas (EDA) y Hepatitis A. Según el MINSAP (2011) en los últimos seis años se ha identificado 6849 casos con EDA y 98 con Hepatitis, con tendencia en aumentar con respecto al año 2010 en los consejos populares Gastón y Las Parras, 155 y 210 casos, respectivamente (Figura 3.5). La mala calidad de las aguas desde el punto de vista bacteriológico en estos consejos populares podría ser la causa de la presencia de dichas enfermedades. En el caso de los animales también pueden aparecer enfermedades diarreicas.

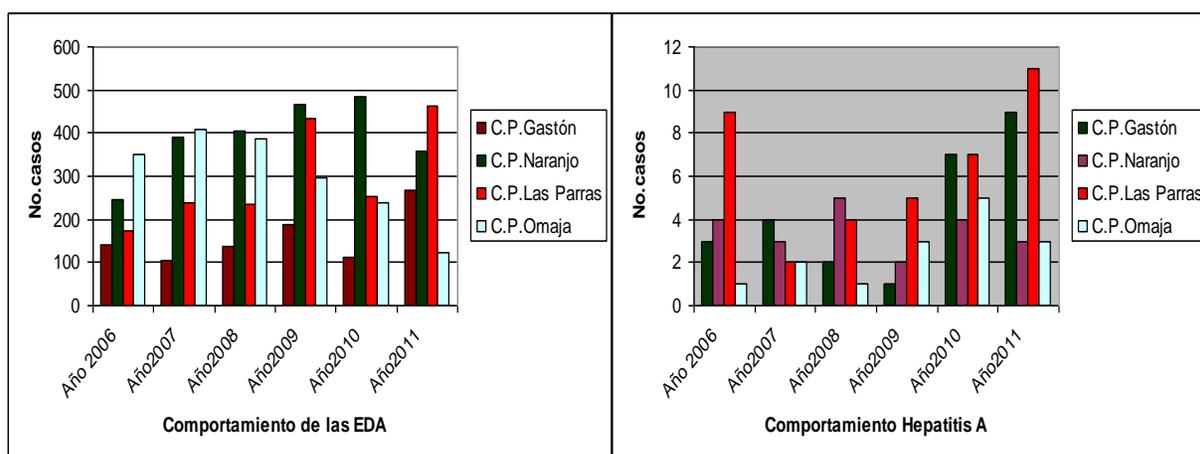


Figura 3.5. Comportamiento de las EDA, Hepatitis A, por Consejos Populares.

En la Tabla 3.5 se hace un resumen de lo explicado anteriormente. En la misma se puede observar que las aguas de las fuentes estudiadas son no aptas para el consumo humano y animal según los parámetros establecidos en la NC-827:2010.

Tabla 3.5. Calidad de las aguas con fines humanos y pecuarios de acuerdo a la NC-827-2010.

Consejo Popular	Muestra	Período	pH*	Tu	SDT	DT	Cl ⁻	Fe ²⁺	Na ¹⁺	SO ₄ ²⁻	CE*	Mn ²⁺	NO ₃ ¹⁻	NO ₂ ¹⁻	DQO	CF NMP/100 ml	CT NMP/100 ml
Arroyo El Muerto	Pozo 417	Húmedo	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
	Pozo 418	Húmedo	A	A	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
Gastón	Pozo 421	Húmedo	A	A	A	A	A	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
	Pozo 422	Húmedo	A	A	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
Arroyo El Muerto	Río 424	Húmedo	A	NA	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
Providencia 4	Río 425	Húmedo	A	NA	A	A	A	NA	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	A	NA	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
Las Parras	Pozo 426	Húmedo	A	A	A	NA	NA	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
	Pozo 427	Húmedo	A	A	A	A	NA	NA	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	NA	NA	NA	NA	A	NA	A	NA	NA	A	NA	NA
	Pozo 428	Húmedo	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	NA	A	NA	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
Vivienda	Pozo 431	Húmedo	A	A	A	A	A	A	A	A	NA	A	A	NA	A	NA	NA
		Seco	A	A	A	A	A	A	A	A	NA	A		NA	A	NA	NA

Leyenda: NA; No Adecuada; A; Adecuada

3.3.4. Calidad de las aguas con fines agrícolas

Los resultados obtenidos de la composición físico-química de las aguas de las fuentes estudiadas con fines agrícolas en la cuenca del río Naranjo, evidencian que en todos los casos se obtuvieron valores inferiores al umbral (8,4) para aguas de regadío. Es necesario llamar la atención de la posible degradación de los suelos por alcalinidad debido al riego con aguas de esas características.

Las tres fuentes subsuperficiales (muestras 419, 420 y 429) tienen conductividad eléctrica cercana o mayor que $3,0 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, lo cual las hace no aptas para el riego, pues poseen restricciones severas para su uso. Las limitaciones de las fuentes superficiales son ligeras a moderadas.

El magnesio cuyo umbral es $5 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$ también es alto en las fuentes subterráneas. El bicarbonato es alto ($> 10 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los dos primeros pozos. En el tercer pozo (429) el calcio y los cloruros sobrepasan los límites permisibles (20 y $30 \text{ meq}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente). Las fuentes superficiales no presentan problemas según los umbrales de estos iones.

3.3.4.1. Criterios generales de FAO

Los criterios estudiados en el punto anterior restringen el uso de estas aguas para el riego, sin embargo, se hizo un análisis más detallado con el empleo de otros indicadores y conceptos más específicos para ver cuán perjudicial puede ser el uso agrícola de este recurso, los resultados se muestran en la Tabla 3.6.

3.3.4.2. Salinidad

Los valores de SST y RAS son incluidos en el diagrama de Wilcox para clasificar las aguas con fines de riego. En la Figura 3.7 se puede observar que las fuentes superficiales son

altamente salinas (C3) y las subterráneas son extremadamente salinas (C4), por tanto el peligro de salinización de los suelos al regar con estas aguas es alto o muy alto.

En cuanto al sodio, las fuentes superficiales en el período húmedo tienen baja sodicidad (S1), en el resto la sodicidad es media (S2) e incluso hay un caso de muy alta sodicidad (S4). Esto indica que los peligros de alcalinización de los suelos provocados por el sodio son medios.

Según la salinidad efectiva (SE) estas aguas se clasifican como Condicionadas para su empleo en el riego ($3 - 10 \text{ me.l}^{-1}$), ya que pueden pasar a formar parte del agua del suelo en forma de sales menos solubles como carbonato de calcio y magnesio o sulfato de calcio.

Por el criterio de Salinidad potencial (SP), que mide el peligro de los cloruros y sulfatos al actuar a bajos niveles de humedad y aumentar la presión osmótica, las fuentes subterráneas son No recomendables ($>15 \text{ me.l}^{-1}$), mientras las superficiales están Condicionadas para el riego.

Tabla 3.6. Indicadores de la aptitud de las aguas para utilizarlas en el riego.

Variables	Unidades	Período	Muestras					
			419	420	423	424	425	429
Salinidad Efectiva	me.l^{-1}	Húmedo	12,38	12,43	5,30	7,17	7,17	9,50
		Seco	8,83	8,46	3,49	3,87	3,32	6,82
Salinidad Potencial	me.l^{-1}	Húmedo	10,84	14,19	2,23	4,03	4,14	37,19
		Seco	18,87	18,02	4,87	5,54	4,88	10,30
RASx	U	Húmedo	8,2	8,4	4,4	4,4	4,4	2,7
		Seco	19,7	5,4	9,6	7,3	11,5	4,4
Porcentaje de Sodio Posible	%	Húmedo	146	150	83	75	75	107
		Seco	79	45	75	69	78	47
Porcentaje de Sodio Soluble	%	Húmedo	56	57	62	61	61	18
		Seco	79	45	75	69	78	47
Índice de Langellier	U	Húmedo	1,1	1,1	0,4	0,6	0,6	0,9
		Seco	1,5	1,6	1,1	1,0	0,9	1,0

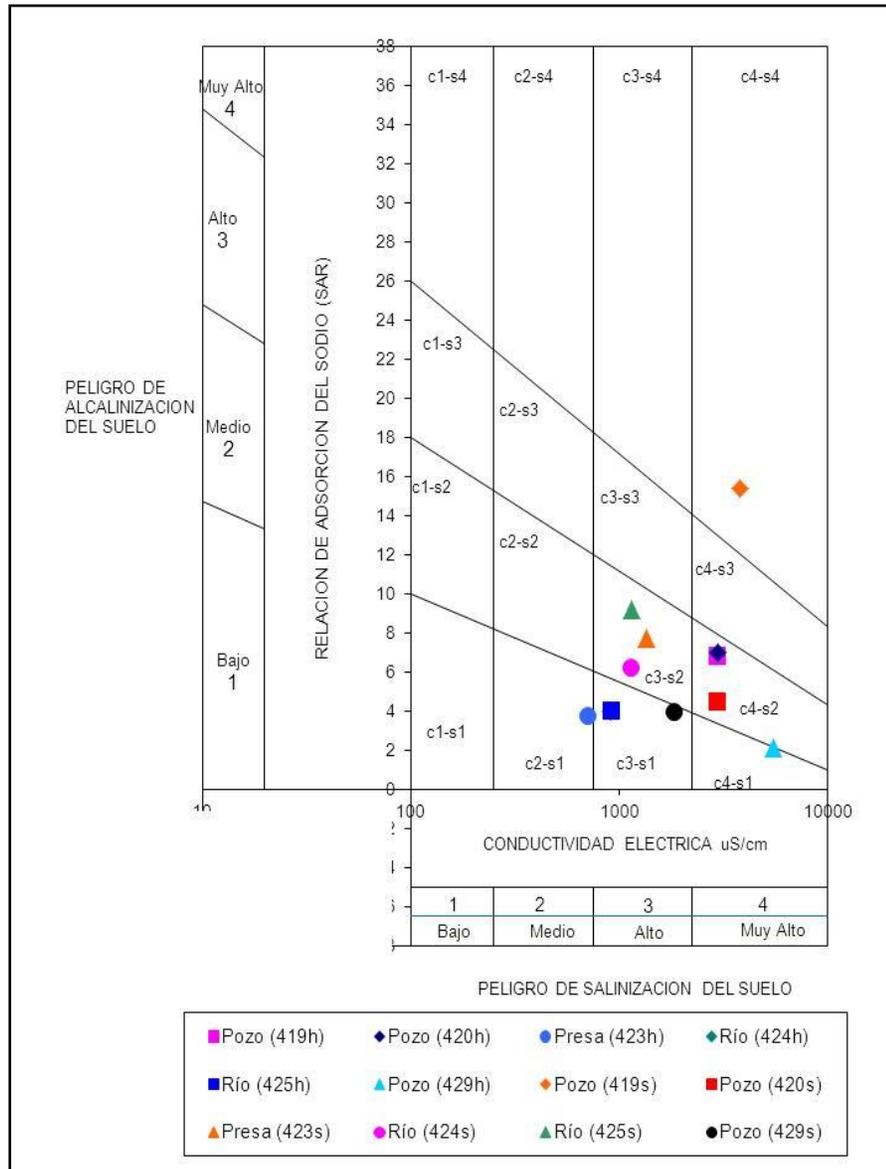


Figura 3.7. Clasificación de las aguas de riego de la cuenca del río Naranjo según el diagrama de Wilcox.

3.3.4.3. Efectos sobre la infiltración

El porcentaje de sodio posible (PSP) hace que estas aguas sean condicionadas, pues en todos los casos el valor es superior al 50%, existiendo peligro de sustitución del calcio y el magnesio del complejo de cambio por el sodio.

El porcentaje de sodio soluble (PSS) expresa la proporción de sodio y potasio respecto al total de cationes adsorbidos. Si ese porcentaje es muy alto el sodio puede alcanzar concentraciones elevadas en el complejo de cambio y provocar el deterioro físico de los suelos. Las aguas de fuentes superficiales son clasificadas como dudosas (60 – 80%), mientras las subterráneas son permisibles (40 – 60%).

3.3.4.4. Toxicidad

La magnitud de la toxicidad por la presencia de cloruros en las aguas es valorada en función del método de riego. Debido a que en las técnicas de riego por gravedad prácticamente no hay contacto del agua con zonas de transpiración más intensa (bordes y puntas de las hojas) los tenores asimilados son mayores, aun así las restricciones de uso son severas para las fuentes subterráneas y ligeras a moderadas para las superficiales. Si el riego es por aspersión el riesgo es mayor (severo) pues el agua se deposita en las hojas y puede provocar necrosis.

La toxicidad por sodio tiene un comportamiento similar a los cloruros. Los valores de RASx son, en todos los casos, superiores a $3,0 \text{ me.l}^{-1}$, a partir del cual se consideran ligeras a moderadas, si son superiores a $9,0 \text{ me.l}^{-1}$ pasan a la categoría de severas.

El riesgo de obstrucción de los sistemas de riego presurizados es alto (0,5 – 1,0) o muy alto (>1,0) según el Índice de Langellier. Este parámetro valora la posibilidad de precipitación del calcio en forma de carbonato cuando alcanza la saturación en presencia de bicarbonato (Fuentes, 2003).

La Tabla 3.7 muestra un resumen de la aptitud de cada fuente para el riego de cultivos agrícolas. Se puede afirmar que prácticamente todas las fuentes tienen limitaciones que las convierten en no aptas para su uso en el riego.

Tabla 3.7. Calidad de las aguas de las fuentes de abasto para uso agrícola en la cuenca del río Naranjo.

Variables	Unidades	Período	Muestras					
			419	420	423	424	425	429
pH	U	Húmedo	A	A	A	A	A	A
		Seco	A	A	A	A	A	A
Conductividad Eléctrica	dS/m ⁻¹	Húmedo	NA	NA	A	A	A	NA
		Seco	NA	NA	A	A	A	NA
Calcio	me.l ⁻¹	Húmedo	NA	NA	A	A	A	NA
		Seco	NA	NA	A	A	A	NA
Magnesio	me.l ⁻¹	Húmedo	NA	NA	NA	A	A	NA
		Seco	NA	NA	NA	A	A	NA
Sodio	me.l ⁻¹	Húmedo	A	A	A	A	A	A
		Seco	NA	NA	NA	A	A	NA
Potasio	me.l ⁻¹	Húmedo	A	A	A	A	A	A
		Seco	A	A	A	A	A	A
Carbonatos	me.l ⁻¹	Húmedo	NA	NA	NA	A	A	NA
		Seco	NA	NA	NA	A	A	NA
Bicarbonato	me.l ⁻¹	Húmedo	NA	NA	NA	A	A	NA
		Seco	NA	NA	NA	A	A	NA
Sulfato	me.l ⁻¹	Húmedo	C	C	C	C	C	C
		Seco	C	C	C	C	C	C
Cloruro	me.l ⁻¹	Húmedo	NA	NA	NA	A	A	NA
		Seco	NA	NA	NA	A	A	NA
Salinidad Efectiva	me.l ⁻¹	Húmedo	C	C	C	C	C	C
		Seco	C	C	C	C	C	C
Salinidad Potencial	me.l ⁻¹	Húmedo	C	C	C	NA	NA	C
		Seco	C	C	C	NA	NA	C
RASx	U	Húmedo	M	M	M	M	M	M
		Seco	M	M	M	M	M	M
Porcentaje de Sodio Posible	%	Húmedo	C	C	C	C	C	C
		Seco	C	C	C	C	C	C
Porcentaje de Sodio Soluble	%	Húmedo	A	A	A	NA	NA	A
		Seco	A	A	A	NA	NA	A
Índice de Langellier	U	Húmedo	NA	NA	NA	NA	NA	NA
		Seco	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Leyenda: Na; No apta; A; Aptas; C; Condicionadas ; M; Moderadas

3.4 . Estrategia para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo

3.4.1. Descripción de la estrategia

La elaboración de la estrategia para la gestión sostenible de los recursos hídricos, se basa en las dimensiones de la sostenibilidad (ambiental, social y económica) en correspondencia con las condiciones naturales de la cuenca. Resultados semejantes han sido expuestos por Orozco (2011), Herrera (2011), quienes plantean que toda estrategia se debe sustentar en función de las condiciones naturales de la zona de estudio.

La estrategia se sustenta en el procedimiento propuesto por Herrera (2011), estructurado en etapas, quien plantea que todos los aspectos identificados en el proceso de investigación, posibilitan la transformación de la situación hídrica existente en la zona, para dirigir con mayor calidad y científicidad el proceso orientado hacia el aprovechamiento del agua.

De la estrategia propuesta resulta importante destacar varios aspectos fundamentales que la diferencian del resto de las estrategias empleadas en Cuba para la gestión sostenible de los recursos hídricos.

El primer aspecto es el carácter participativo de la misma, o sea, en las diferentes etapas que la conforman hay una participación activa de los principales actores sociales y la comunidad involucrados en el proceso de gestión, elemento que permite la adopción e implementación de las acciones estratégicas recomendadas por parte de las comunidades, pues las ven como un fruto de su trabajo y no como algo externo que se les impone. En este sentido plantea Guzmán (2010) que las investigaciones que se lleven a cabo con las comunidades y con la participación de su población facilitan la comunicación entre estos y por medio de ella se asegura una mejor percepción de los problemas y limitaciones a que se

enfrentan estas comunidades para producir y se puedan tomar estos en cuenta dentro del proceso de gestión sostenible.

El segundo aspecto es el peso que se le da al factor humano, el cual es considerado como el centro del proceso de gestión estratégica y no es visto sólo como el técnico, agricultor que toma decisiones a partir de la integración de los restantes elementos (clima - suelo - planta), sino como un individuo que se desarrolla dentro del mismo proceso, que si no es organizado, dirigido y atendido de forma correcta puede afectar los resultados productivos. Según Ruíz (2008) los productores no sólo tienen en cuenta para tomar sus decisiones los factores técnicos, sino también los factores económicos, culturales, sociales, familiares y otros. Por tal motivo es necesario contar con toda esa información para poder tomar decisiones a la hora de establecer estrategias apropiadas en las circunstancias actuales.

El tercer aspecto es que se lleva a cabo la validación de las estrategias propuestas. La validación es un proceso organizativo para determinar la eficacia de las acciones estratégicas recomendadas, permitiéndonos generalizarlas a otras regiones.

Como último aspecto está lo relacionado con la capacitación, la cual juega un papel fundamental dentro de cualquier proceso de gestión. La misma se desarrolla de forma interactiva a lo largo del desarrollo de la estrategia, capacitándose tanto los productores como los especialistas y comunidades mediante las discusiones, talleres, días de campos, visitas y recorridos por áreas de la cuenca.

Al respecto Guzmán (2010) definía a los programas de capacitación y extensión agrícola como elementos esenciales de una adecuada gestión sostenible de los recursos hídricos.

3.4.2. Principios de la estrategia

La estrategia se basa en los principios de la dirección estratégica planteados por Herrera (2011) atendiendo a las características de la localidad, a partir de las regularidades encontradas en el proceso investigativo. Estos principios son:

- **Flexibilidad:** admite los cambios pertinentes que le permita adecuarse a las situaciones que se presenten y enriquecerse sistemáticamente en función de las nuevas necesidades.
- **Objetivos alcanzables:** se enuncian en correspondencia con las potencialidades y necesidades determinadas en el proceso de investigación.
- **Participativa:** se requiere la participación consciente y activa de todos los Actores sociales involucrados, en especial la comunidad para el logro de los objetivos propuestos.
- **Estructura organizada:** se basa en un sistema de acciones estructuradas de forma lógica, por etapas relacionadas entre sí, que actúan de forma integral, lo cual es importante para su aplicación práctica.
- **Liderazgo coordinado y comprometido:** El Consejo de la Administración Municipal y el CITMA en conjunto con todos los actores sociales del municipio deben sistematizar todas las acciones y estar comprometidos con los objetivos propuestos.

En la estrategia desarrollada se asumieron las características propuestas por Padrón (2006) y Herrera (2011) quienes plantean que deben ser:

Contextualizadas: las acciones diseñadas deben ajustarse a las características de cada localidad en función de los problemas hídricos y sus potencialidades.

Sistemáticas: funciona como un proceso continuo, en el cual se establecen relaciones de subordinación, coordinación y de jerarquización entre los componentes que la forman.

Operativas: se organiza, ejecuta y controla a partir de las particularidades de cada zona.

3.4.3. Premisas de la estrategia para el aprovechamiento sostenible del agua

Las premisas de la estrategia para el aprovechamiento sostenible del agua tienen en cuenta los elementos básicos expresados por Leyva (2007) y Herrera (2011). En esta investigación se conciben tres premisas para su implementación, a partir de sus características y objetivos:

- 1) Concientizar y motivar a los pobladores y actores sociales del municipio hacia una gestión sostenible de los recursos.
- 2) Considerar a la comunidad como el principal escenario de las acciones que se proponen en la estrategia, para el logro del manejo sostenible del recurso hídrico.
- 3) Considerar el papel rector del Órgano de Gobierno del Poder Popular del municipio, en estrecha coordinación con el consejo de cuencas, la representación de la delegación del CITMA, los organismos y comunidades bajo su atención.

3.4.4. Estructura de la estrategia

Los pasos previos hicieron posible el establecimiento de las características de la posible estrategia a implementar en la cuenca, como un resultado del proceso de planeación estratégico, con la participación de los actores implicados en los talleres participativos y de acuerdo al diseño propuesto se asumen como elementos a considerar en la proyección, los siguientes:

Objetivos estratégicos

Del análisis y jerarquización de los problemas detectados y a partir del criterio de los actores sociales decisores que participaron en los talleres se arribaron a los siguientes objetivos a alcanzar hasta el año 2015:

1. Desarrollar acciones para disminuir del proceso de deterioro de la calidad del agua para sus diversos usos
2. Alcanzar el nivel de vida con las condiciones higiénico - sanitarias requeridas según lo que establece el sistema de normas y la legislación ambiental vigente.
3. Rehabilitar los sistemas de tratamiento existentes con cobertura al 100 % de la población residente en la cuenca.
4. Lograr un 20 % de área cubierta de bosque en las franjas hidrorreguladoras de los cauces y embalses.
5. Incrementar la captación de agua de lluvia en las viviendas.
6. Alcanzar un manejo adecuado de los suelos de la cuenca de modo que se logre contener los procesos de degradación de los suelos e iniciar su progresiva recuperación.
7. Impartir cursos de capacitación sobre la introducción y aplicación de tecnologías.
8. Tener una elevada educación ambiental en lo pobladores.
9. Elaborar proyectos que permitan disponer de recursos materiales y financieros.

La estrategia que se propone se fundamenta en nueve objetivos estratégicos, que tienen establecido su marco temporal para un período de cinco años, son coherentes, comprensibles y están encaminados a contribuir en la solución de los principales problemas identificados. Estos criterios se corresponden con los planteados por Bauzá (2006), quien

especifica que los objetivos son un componente esencial de cualquier modelo que se desee diseñar, y sirven de guía para las acciones, precisando metas y estado deseado.

Estrategias específicas

Para el cumplimiento de los objetivos estratégicos, se requiere la implementación de las siguientes estrategias específicas, que fueron sometidas al criterio de los actores sociales:

- 1- Disminuir el proceso de deterioro de la calidad del agua para sus diversos usos.
- 2- Mejoramiento de las condiciones higiénico - sanitarias.
- 3- Implementación de medidas de control para las descargas de focos contaminantes y su actualización sistemática.
- 4- Reforestación de las franjas hidrorreguladoras en los cauces de ríos y embalses.
- 5- Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia en la viviendas.
- 6- Mejoramiento y conservación de los suelos.
- 7- Desarrollo de cursos de capacitación.
- 8- Aumentar la educación ambiental en los pobladores.
- 9- Implementación de proyectos que permitan disponer de recursos materiales y financieros.

Plan de acción

En esta etapa del diseño de la estrategia se valoró lo expresado por Pérez (2002) al considerar que en la planificación estratégica, para la elaboración de un plan de acción, resulta inútil si no se traduce en acciones a nivel operativo. La información, la formación y la motivación de todas aquellas personas que han de llevarlo a la práctica son, por lo tanto, elementos clave. Para concebir los planes de acción se tuvieron en cuenta la respuesta a las estrategias específicas, con el objetivo de conferir un carácter sistémico e integrador al

proceso, lo que permitirá la proyección y aplicación de un sistema de gestión coherente (Anexo 3).

Acciones estratégicas

Como resultado de la matriz DAFO y de otras consideraciones realizadas por los actores sociales, las acciones propuestas podrían permitir en la cuenca una gestión sostenible de sus recursos hídricos, producto a que están dirigidas a erradicar o minimizar las principales causas que influyen en sus dimensiones.

En la Tabla 3.8 se muestra la propuesta de acciones para la gestión sostenible de los recursos hídricos con fines humanos. En el Anexo 3 se describen las demás acciones estratégicas.

Estrategia específica 1: Disminuir el proceso de deterioro de la calidad del agua para sus diversos usos				
Meta: Reducir a la mitad, para el año 2015, la proporción de personas que carecen de acceso de agua aptas para el consumo humano				
Objetivo: Disminuir anualmente la tasa de morbilidad atribuible a las enfermedades infecciosas de origen hídrico				
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Lograr el mantenimiento a instalaciones para la potabilización del agua (plantas, cloradores, etc.).	Acueducto	Consejos populares de Vivienda y Calixto	Pobladores de Vivienda y Calixto	1 Año
Obtener un incremento del servicio de saneamiento en los asentamientos poblacionales, con énfasis en los poblados de Vivienda, Calixto, Gastón y Las Parras	Servicio Comunales	Consejos populares de Vivienda, Calixto, Gastón y Las Parras	Pobladores de Vivienda, Calixto, Gastón y Las Parras	Permanente
Alcanzar un adecuado servicio de drenaje pluvial	Servicio Comunales	Todos los consejos populares de la cuenca	Todos los consejos populares de la cuenca	1 a 3 Años
Monitorear los focos contaminantes de los distintos organismos.	CITMA, organismo que generan	Consejos populares de Vivienda, Calixto, Gastón, Arroyo El Muerto y Providencia 4	Pobladores de Vivienda, Calixto, Gastón, Arroyo El Muerto y Providencia 4	Permanente
Realizar acciones para disminuir la carga contaminante por tipos de focos	Organismo que generan, CITMA			
Priorizar las inversiones necesarias en la rehabilitación, ampliación, reconstrucción y modernización de las redes de acueducto y alcantarillado en los consejos populares de Gastón, Arroyo el Muerto y las Parras	Acueducto Servicio Comunales	Todos los consejos populares de la cuenca	Pobladores de la cuenca	1 a 3 Años
Acarreo de agua en pipas a los consejos populares de Gastón, providencia 4, Arroyo el muerto.	Acueducto	Consejo. P. de Gastón, Providencia 4, Arroyo El Muerto	Pobladores de Gastón, Providencia 4, Arroyo El Muerto	Permanente

3.4.5. Validación de la estrategia

La estrategia propuesta fue validada por los expertos seleccionados. Los aspectos analizados se muestran en el (Anexo 4). Además fue avalada por el Consejo de la Administración Municipal con todos sus actores sociales, el Centro de Desarrollo Agrario y Rural de la Universidad de Las Tunas y la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos. Existe el compromiso de desarrollar el programa estratégico en un corto o mediano plazo, por parte de los actores sociales.

Los resultados del método Delphi expuesto en la Tabla 3.9 demuestran que todos los aspectos evaluados, alcanzaron la categoría de muy adecuado (MA) y bastante adecuado (BA), por lo que es posible aplicar la estrategia propuesta para la gestión sostenible de los recursos hídricos en las condiciones estudiadas. En el (Anexo 5) se exponen las respuestas de los expertos en cada aspecto analizado.

Tabla 3.9. Categorización de indicadores seleccionados por los expertos según el método Delphi.

Nº	Indicadores para el análisis	Categoría
1	Correspondencia de las acciones con los resultados de los parámetros evaluados	MA
2	Correspondencia entre la concepción estructural de la estrategia y el objetivo general	BA
3	Correspondencia entre el objetivo general de la estrategia y los objetivos trazados para cada etapa	BA
4	Carácter sistémico de las etapas y sus acciones	BA
5	Nivel de aplicabilidad de la estrategia para la solución del problema	BA

Leyenda: MA, Muy Adecuado; BA, Bastante Adecuado

3.5. Índice simplificado de gestión de la cuenca del río Naranjo

El índice simplificado de gestión de la cuenca del río Naranjo, constituye una herramienta de aproximación de la gestión y un instrumento para la toma de decisiones del desempeño

del Consejo de Cuenca en el municipio. Los resultados obtenidos a partir del criterio de expertos fueron determinantes en todas sus fases.

La jerarquía propuesta por cada experto a los indicadores aparece en la Tabla 3.10. A partir de la importancia concedida se determinaron los pesos relativos. La mayor importancia la tiene, según los especialistas encuestados, la “cobertura de saneamiento ambiental actual de la población” (e), seguida de la “relación carga contaminante dispuesta respecto a la total generada” (c). Ambos indicadores son fundamentales al analizar la contaminación en una cuenca. Menor importancia fue dada a la “superficie de suelos beneficiada” (a), tal vez, debido a los trabajos que en ese sentido se realizan en la cuenca.

Tabla 3.10. Peso Relativo otorgado por los expertos a cada indicador.

Indicador	Importancia Relativa otorgada por los expertos														$\sum e$	Relación $\frac{\sum e}{\sum t} = PR$
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
a	3	2	3	1	1	2	2	2	4	3	3	3	2	2	33	0,13
b	2	3	2	2	4	3	3	3	3	4	2	4	4	2	40	0,15
c	3	3	3	4	2	4	4	3	4	4	3	3	4	4	48	0,18
d	4	2	2	3	4	2	4	4	3	4	4	4	2	3	45	0,17
e	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	4	3	4	3	51	0,20
f	3	3	4	4	2	1	3	2	4	4	3	4	3	4	44	0,17
	$\sum t$														261	$\sum = 1$

Leyenda:

$\sum e$ - Sumatoria de los criterios de los expertos sobre cada indicador

$\sum t$ - Sumatoria total de los criterios del total de indicadores

PR-Peso Relativo

En la Tabla 3.11 se muestran los índices determinados para los años 2009 – 2011 a partir de datos de la zona estudiada y se ha estimado el correspondiente al 2015, considerando que se ejecutan acciones de la estrategia definida en el punto anterior.

La tendencia es al crecimiento o mejoría de la gestión ambiental. Esto se explica por el incremento de las “coberturas de agua potable” (d) y del “saneamiento ambiental a la

población actual respecto del total” (e), especialmente este último que como ya se dijo tiene el mayor peso en la determinación del índice.

Tabla 3.11. Evaluación del índice simplificado de gestión de la cuenca del río Naranjo (2009-2011).

Ind	Escala del indicador por Años (%)				Puntos otorgados en función de la escala del indicador				Puntos otorgados *Peso relativo del Indicador			
	2009	2010	2011	2015	2009	2010	2011	2015	2009	2010	2011	2015
a	26	34	42	60	100	100	100	100	13	13	13	13,00
b	15	15	15	20	15	15	15	15	2,25	2,25	2,25	2,25
c	54	60	66	25	25	25	25	75	4,5	4,5	4,5	13,50
d	48	57	72	80	25	50	50	50	4,25	8,5	8,5	8,50
e	60	72	88	95	25	50	75	100	5	10	15	20,00
f	40,4	48	52	75	90	90	90	70	15,3	15,3	15,3	11,90
Índice simplificado de gestión de la cuenca del río Naranjo									44,3	53,55	58,55	69.15

Independientemente de la mejoría, algunos indicadores se encuentran por debajo de su potencial, tal es el caso de la superficie cubierta por bosques (15 %), inferior al 27,27 % del promedio nacional (Fernández, 2012).

Como se observa en la Tabla 3.11, según el IsGC, la gestión ambiental en la cuenca del río Naranjo para los años 2009-2011, se clasifica de **Media**, lo que implica la definición e implementación de estrategias que involucren a todos los actores sociales y las comunidades de la zona para mejorarla.

En la estrategia diseñada se consideró la disminución hasta un 25 % de la carga contaminante (c) de la cuenca del río Naranjo, así como el incremento de la cobertura del saneamiento ambiental (e) para el año 2015, con esas dos medidas el IsGC se incrementa en más de 10 %. Demostrando la validez de las acciones estratégicas propuestas.

CONCLUSIONES

- La aplicación del diagnóstico en la cuenca, permitió la identificación de los problemas principales que limitan el logro de una gestión sostenible de los recursos hídricos, encontrándose como problema crítico la calidad de las aguas para sus diversos usos.
- El análisis físico, químico y bacteriológico realizado a las fuentes de abasto de agua en la cuenca dio como resultado que estas aguas son no aptas para usos humanos, pecuarios o agrícolas.
- La estrategia diseñada constituye una base de información y conocimientos disponibles para la toma de decisiones, al facilitar una evaluación integral de los recursos hídricos, lo cual contribuirá a su conservación y explotación por las generaciones presentes y futuras.
- La gestión de la cuenca, según el IsGC, actualmente se considera Media, luego de ejecutar parte de las acciones propuestas debe aumentar en más de 10 % la sostenibilidad en el año 2015.

RECOMENDACIONES

- Incluir las fuentes estudiadas dentro de la red de calidad de la Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos.
- A partir de las acciones estratégicas propuestas elaborar un plan de ordenamiento territorial en función del desarrollo sostenible de la cuenca.
- Extender la estrategia propuesta a otras cuencas del país, teniendo en cuenta las características y problemas propios de cada lugar, como un instrumento útil para el análisis de la gestión sostenible de los recursos hídricos.
- Promover programas de capacitación, educación y la creación de espacios de comunicación y participación ciudadana que contribuyan al conocimiento de la estrategia, donde se involucren a todos los actores sociales.
- Insistir al Consejo Provincial de Cuencas Hidrográficas y a la Unidad de Medio Ambiente del CITMA, la aplicación del índice simplificado de gestión de cuencas hidrográficas a otras cuencas del territorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE GONZÁLEZ, ANTONIO. *Historia del manejo social del agua en la subcuenca del río Tejalpa. I Congreso Red de Investigadores Sociales Sobre Agua*, Tejalpa, México. 11-10 de octubre 2010.

AGUIRRE HERNÁNDEZ .A. *Observadores pluviométricos. Sostenibilidad de las redes hidrológicas en Cuba*.2006.12pp

ALEDO, ORTIZ, ANTONIO. *Gestión integral del agua y perfiles de usuarios: Propuesta metodológica desde la sociología cuantitativa*. Diciembre de 2006. 32pág. Disponible en: [http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/12936/1/Art%C3%ADculo%20INTERFACEH S.pdf](http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/12936/1/Art%C3%ADculo%20INTERFACEH%20S.pdf). Universidad de Alicante, España: Consultado el 15 de diciembre de 2011

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. *La calidad del agua en la agricultura*. Roma: Estudio FAO Riego y Drenaje, 29 Rev. 1; 1987.

BARKIN, D. *Herramientas y metodologías para trabajar la concertación social en el manejo del agua*. Abril 2004. Disponible en: www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/dbarkin.pdf. Consultado el: 15 de diciembre de 2011. México, DF MEXICO: Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco.

BARTHEL, R., JANISCH, S., SCHWARZ N., TRIFKOVIC, A., NICKEL, D. SCHULZ, C., MAUSER W. *An integrated modelling framework for simulating regional-scale actor responses to global change in the water domain*. Environmental Modelling Software 23 1095-1121.2008.25pp

BAUZÁ VÁZQUEZ, H. *Modelo para la Formación y Desarrollo de la Cultura Organizacional en Instituciones de Educación Superior. Tesis presentada en (opción al*

Grado Científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas). Santiago de Cuba: Centro de Estudios de Educación Superior “Manuel F. Gran” de la Universidad de Oriente. 2006.102 pp.

BONEL, J.A., GAZI AYB. *Método para determinar la calidad del agua para bebida de bovinos y recomendaciones para el ganadero*. Rev. Arg. Prod. An. Vol. 15 Supl. 3:45-48, 2005.

BOUWER, H. *Artificial recharge of groundwater: hydrogeology and engineering*. Hydrogeology Journal 10 121-142. 2002.23pp

BRUNET, N. N. & WESTBROOK, C. J. *Wetland drainage in the Canadian prairies: Nutrient, salt and bacteria characteristics*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 146 1- 12. 2012.21pp

BUENO DE MESQUITA, M. *Presentación sobre la Gestión del Agua y Ambiente en Cuencas en el Perú. Situación, problemática y nuevas iniciativas*. Febrero de 2004. Disponible en:<http://www.condesan.org/cuencasandinas/Documentos/MBuenodeMezqui.pdf>. Consultado el 15 de diciembre de 2011. GSAAC/IICA.

CABANELAS, O. Dirección de Empresas: *Bases en un entorno abierto y dinámico*. Ediciones Pirámide S.A., Madrid. 1997.56pp

CANTER, S. *Matriz EPIR, nuevo modelo estratégico en la gestión ambiental* .Ed. Ingeniería de suelos Ltda. Colombia. 2002.12 pp.

CASANOVA, A. D. *Metodología para el aprovechamiento sostenible del agua subterránea en empresas agrícolas de Ciego de Ávila. Tesis en (opción al Título de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Ciego de Ávila. Cuba. 2007.129 pp

CATALÁN LAFUENTE, J.: *Química del Agua*. Fuente labrada, Madrid, España: Talleres Gráficos Alonso S. A.; 1981.

CATANO, N.; M. MARCHAND; SIMONE STALEY; YAO WANG. *Development and validation of the watershed sustainability index (WSI) for the watershed of the Reventazón river*. CONCURE, Commission for the Preservation and Management of the Watershed of the Reventazón River. Diciembre de 2009. 54 pág. Disponible en: <http://www.wpi.edu/Pubs/E-project/Available/E-project-121609-171302/unrestricted/UNESCO-COMCURE.pdf>, consultado el 19 de enero de 2012.

CENHICA. *Regionalización hidrológica y del balance hídrico para las condiciones de Cuba* (inédito). La Habana, Cuba. . 2001

CHAPAGAIN, A. K. & HOEKSTRA, A. Y. *The global component of freshwater demand and supply: an assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products*. *Water International*, 33, 19-32. 2008.45pp

CHAVES, H.; ALIPAZ, S. *An Integrated Indicator Based on Basin Hydrology, Environment, Life, and Policy: The Watershed Sustainability Index*. *Water Resources Management*. 2007; 21:883-895.

COSTA VILAMAJÓ, J. *Análisis y evaluación de la accesibilidad a agua para consumo en el Distrito de Same (Tanzania)*. Tesis de Ingeniería, Universidad Politécnica de Catalunya. 2008.

DE LA LOSA, A.; MORENO, L.; NÚÑEZ, I. *Calidad química de las aguas subterráneas en una zona de actividad minera (Cuenca del Bierzo- León)*. *Boletín Geológico y Minero*. 2010; 121(1):103-122.

Decreto-Ley No. 138 *de las Aguas Terrestres* (1993).15pp

Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH). *Estudio de la evolución de las aguas subterráneas de Las Tunas*.2010.25pp

Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH). *Estudio de la calidad de las aguas en las cuencas de Las Tunas*.2011.62pp

Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH).*Calidad de las aguas en Las Tunas*. Red de Cal.2011.12pp

Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH).*Infraestructura y disponibilidad de la red hidráulica en el municipio Majibacoa*. Informes trimestrales .Colectivo de autores.2011.25pp

Delegación Provincial de Recursos Hidráulicos (DPRH).*Registros acumulados en los años 2000-2011 en el municipio Majibacoa*. Colectivo de autores.2012.34pp

DÍAZ, D. M. *Estrategia de desarrollo rural sostenible con enfoque participativo para las UBPC pecuarias del Municipio Majibacoa*. **Tesis en (opción al título académico de Máster en Desarrollo Regional)**. Universidad de Camagüey.2005.97pp

Dirección Municipal de Higiene e Epidemiología (DMHP). *Estudio sobre el Comportamiento de hipertensión arterial en el municipio Majibacoa*. Las Tunas. Cuba.2011.18pp

Dirección Municipal de Planificación Física (DMPF). *Balance de áreas del municipio Majibacoa*. Colectivo de autores, 2011.2 pp.

Dirección Municipal de Planificación Física (DMPF). *Fondo habitacional del municipio Majibacoa*. Colectivo de autores, 2011.17 pp.

FERIA, A E. *Estudio de las variables climáticas de la provincia Las Tunas*, 2004.15pp

FERNÁNDEZ, H P. *Situación geográfica y principales afluentes de la cuenca Hidrográfica del río Naranjo*. 2008.5pp

FERNÁNDEZ, W. “Cuba con más del 27 % de superficie boscosa”, Granma, edición única, 48(133):1, La Habana, 5 de junio de 2012, ISSN 0864-0424.

FMA, a. Foro Mundial del Agua .Marruecos. 1997

FMA, b. Foro Mundial del Agua .Holanda. 2000

FMA, c. Foro Mundial del Agua .Japón. 2003

FMA, d. Foro Mundial del Agua .México. 2006

FMA, e. Foro Mundial del Agua .Turquía. 2009

FUENTES, J. L. *Técnicas de riego*. 4a edición revisada y ampliada ed. Madrid: Coedición Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación - Ediciones Mundi-Prensa; 2003. 483 p.

GALINDO, E., DEL POZO, M., DIAZ, J. A., CASTAÑO, S., MARTÍ, B. & GUERRA, J. L. *Caracterización geoquímica del agua subterránea en la zona este de Gran Canaria*. Instituto Geológico y Minero de España. 2006.

GARBAGNATI, M. A.; GONZÁLEZ, P. S.; ANTÓN, R. I.; MALLEA, M. A. *Características físico-químicas, capacidad buffer y establecimiento de la línea base ambiental del Río Grande, San Luis, Argentina*. Ecología Austral. 2005 Junio 2005; 15:59-71.

GARCÍA, FERNÁNDEZ. J. *Algunas reflexiones sobre el desarrollo de la gestión ambiental a nivel global y nacional: Cuba*. Marzo de 2002. 22 pp. Disponible en: <http://www.medioambiente.cu/revistama/articulo21.htm>. Consultado el 12 enero de 2010.

GARCÍA, FERNÁNDEZ.J. *Medidas de adaptación de los recursos hídricos cubanos ante el impacto a los cambios climáticos*. Revista Voluntad Hidráulica No.102.La Habana Cuba.2009

GARCÍA, J. M. *Guía metodológica para el perfeccionamiento del Índice simplificado de Gestión de Cuencas Hidrográficas (IsGC) 2da Etapa*. Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. 2011.15pp

GARCÍA, J.M. O, Rey Santos. *Foros de negociación e instrumentos jurídicos internacionales en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible*. La Habana, Centro Félix Varela. Publicaciones Acuario. 2005

GÁRCIA, R. J. *Aplicación de un enfoque ecosistémico a la gestión integrada de los recursos hídricos. Aproximación al caso cubano*. 2008.16pp

GÁRCIGA, R. J. *Formulación estratégica. Un enfoque para directivos*. Editorial Felix Varela. La Habana, 2006.154pp

GUZMÁN RAMÍREZ, N. B. & VARGAS VELÁZQUEZ, S. *La lucha por la gestión social del agua y el pluralismo jurídico en Yautepec y Xoxocotla, Morelos, México*. **VIII Congreso Latinoamericano de Sociología Rural**. Porto de Galinhas. 2010.

GUZÓN, A. *Estrategias municipales para el desarrollo*. En: Desarrollo local en Cuba: Retos y perspectivas. Ed. Academia. La Habana, Cuba.2006. 90 pp

HAWKES, J. Centro de estudio para cuencas hidrográficas en Latinoamérica. Diversity, 2003.32 pp.

HEINZ, I, PULIDO-VELÁZQUEZ, M., LUND, J.R., ANDREU, J. (2007). *Hydro-economic modelling*. 2001.32pp

HELMER, O. *The delphi method for sistematizing jugements about the future*. University of California. Los Angeles, 12 pp

HERNÁNDEZ, A, ASCANIO, O., MORALES, M., BOJÓRQUEZ, J. I. Y GARCÍA, N. *Curso sobre fundamentos sobre la formación del suelo, los cambios globales y su manejo*. Universidad Autónoma de Nayarit, México. 2005.

HERNÁNDEZ, A., MORELL, F., ASCANIO, M. O., BORGES, Y., MORALES, M Y YONG, A. *Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) de la provincia Habana. Revista Cultivos Tropicales, 2. 2006.*

HERRERA IBÁÑEZ, I. R. *Estrategia para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico subterráneo en la subcuenca de los ríos Pansigüís y Cushapa en el departamento de Jalapa, Guatemala. Tesis en (opción al Título de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias)*, Universidad de Ciego de Ávila. 2011.107pp

HERRERO, J. A. *Fajas Forestales Hidrorreguladoras. Situación e importancia*. En: Rev. Agricultura Orgánica. Año13 No. 1:40-42. 2007. La Habana. 2007

HIGINO, J. M. *Estrategias participativas para el manejo de recursos naturales de uso común*. Universidad de los Andes.2009.pp61

HOEKSTRA, A. Y. *The Global Dimension of Water Governance: Why the River Basin Approach Is No Longer Sufficient and Why Cooperative Action at Global Level Is Needed*. *Water, 3, 21-46. 2011.65pp*

Instituto de Meteorología (INSMET). *Los eventos hidrometeorológicos extremos y su incidencia en el territorio nacional*. La Habana.2011.15pp

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). *Cantidad y la calidad del agua en las cuencas cubanas*. La Habana.2011

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). *Informe sobre los posibles efectos del cambio climático y medidas de adaptación*. La Habana. 2007.16pp

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). *Marco lógico para el diagnóstico y gestión de las cuencas hidrográficas*. Metodología simplificada .2006.17 pp.

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH). *Grupo Empresarial de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos*. La Habana, Publicitur.2002

IVACC. *Programa de Trabajo de Nairobi sobre el impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático*. 2011.

KRUPA, M., TATE, K. W., VAN KESSEL, C., SARWAR, N. & LINQUIST, B. A. *Water quality in rice-growing watersheds in a Mediterranean climate*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 144, 290-301. 2011.25pp

Ley No. 33. *Protección del Medio Ambiente y Uso Racional de los Recursos Naturales* .1981.15pp

LEYVA, A. *Estrategia de superación para la atención de docentes que trabajan con escolares con necesidades educativas especiales*. (**Tesis doctoral**). Universidad Pedagógica Félix Varela. Villa Clara, Cuba. 2007.

LEYVA, L.R. *Transformaciones de algunas propiedades de los gleysoles verticos de la llanura sur de Majibacoa*. **Tesis en (opción al título de máster en ciencias del suelo)**. UNAH, 2006.95pp.

LOUKAS, A., MYLOPOULOS, N., VASILIADES, L. *A modeling system for the evaluation of water resources management strategies*. In Thessaly, Greece Water Resour Manage 21 1673-1702. 2007.25pp

MAinfo. *Información del Medio Ambiente en Cuba*. Marzo de 2004. Disponible en <http://www.medioambiente.cu>. Consultado el 15 de diciembre de 2011.

MARIÑO, SIMONAVIC, S. *Integrated Water Resource Management*. International Association of Hydrological Sciences, Wallingford. 2001.32pp

MEDRANO VARGAS, W. *Evaluación de la calidad de aguas residuales de la planta de tratamiento de Alba Rancho (SEMAPA) con fines de riego. Tesis en (opción de máster Profesional en “Levantamiento de Recursos Hídricos”)*, ITC. 2001.32pp

Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Principales Resoluciones promulgadas después de la Ley 81*, 2001.203 pp

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Estrategia Ambiental Nacional 2005-2010*. La Habana.2005.20pp

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Estrategia Ambiental Nacional 1997-2006*. La Habana.2005.22pp

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Estrategia Nacional de Educación Ambiental*. La Habana. 1997.16pp

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Informe trimestral sobre la situación de los focos contaminantes ubicados en la cuenca río Naranjo*. Colectivo de autores, 2012.1pp.

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). *Ley 81, del Medio Ambiente*. La Habana .1997.15pp

Ministerio de Salud Pública (MINSAP). *Estudio sobre el Comportamiento de las colibacilos, Escherichia coli y colifecales en las aguas del municipio Majibacoa*. Las Tunas. Cuba.2010.12pp

Ministerio de Salud Pública (MINSAP). *Estudios preliminares sobre el Comportamiento del sodio en la salud humana*. Las Tunas. Cuba.2005.20pp

Ministerio de Salud Pública (MINSAP).*Comportamiento de las enfermedades de origen hídrico en el municipio Majibacoa*. Las Tunas. Cuba. Informes trimestrales.2011.14pp

Ministerio de transporte y comunicaciones (MITRANS). *Informe de la red vial que intercepta a la cuenca río Naranjo*. 2011. 2 pp.

MOLINA GONZÁLEZ, J. L. *Análisis integrado y estrategias de gestión de acuíferos en zonas semiáridas*.206pp Aplicación al caso de estudio del Altiplano (Murcia, SE España). **Tesis (Doctoral)**, Instituto Geológico y Minero de España - Universidad de Granada. 2009.

MONTEAGUDO ZAMORA, V. *Geoquímica de las aguas subterráneas de Las provincia de Las Tunas*. **Tesis en (opción al Título de Doctor en Química)**, Instituto Superior Pedagógico de Las Tunas. 2008.102pp

Oficina Municipal de Estadística (OME). *Anuario estadístico del municipio Majibacoa*. 2011.50 pp.

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Norma cubana de agua potable. NC 827_2010. La Habana, Cuba. 2010.15pp

OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Norma cubana de agua potable. NC 27-99 Vertimiento de Residuales a las Aguas Terrestres y el Alcantarillado. La Habana, Cuba. 2010.15pp

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). Curso Regional Itinerante en: *Gestión Integrada de los Recursos Hídricos con énfasis en Ecohidrología*. La Habana, 23-25 de noviembre. 2006

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

(UNESCO). *Evaluación objetiva de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. Documentos Técnicos del PHI-LAC, N° 12. 2008.23pp

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). *Calidad del agua de consumo humano*. 2003.33pp

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). *Normas establecidas del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo*. Paris. 2007.

Organización de Naciones Unidad (ONU). 2003 “*El año Internacional del Agua*”.2003. 25pp

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Estrategia para el manejo de cuencas*. Marzo de 2006. Disponible en: <http://www.Manejo.cuenc.org.com>. Consultado el 20 Mayo de 2011.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *El Riego en América Latina y el Caribe en Cifras*. 2000. pp.12

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural*. Mayo de 2008. Disponible en <http://www.fao.org/nr/water/Guatemala/indexsp.stm>. Consultado el 4 de febrero de 2011.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Producción de alimentos: Función decisiva del agua*. Documentos técnicos de Referencia, (2) No. 7. Roma, Italia. 1996.37 p.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). *Estrategia para el manejo de cuencas*. Marzo de 2008 Disponible en: <http://www.Manejo.cuenc.org.com>[Consultado el 20 Mayo de 2011.

Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Land evaluation Towards a revised framework. Land and Water Discussion Paper 6. Rome, Italia. 2007.124 pp.

Organización Mundial para la Salud (OMS). Marzo de 2007. Disponible en: www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/...y.../nitratos.html. Consultado el 10 de febrero de 2012.

Organización Mundial para la Salud (OMS). Mayo de 2009. Disponible en: www.saludymedicinas.com.mx/centros-de-salud/...y.../sodio.html. Consultado el 10 de febrero de 2012

Organization for Economic Cooperation and Development. (OECD). Environmental Indicators: Development, Measurement and Use. París, Francia. 2003

OROZCO, E. O. *Programa de acciones de Gestión Integral del uso del agua subterránea del valle de Chimaltenango, Guatemala*. Tesis en (**opción al Título de Doctor en Ciencias Técnicas Agropecuarias**), Universidad de Ciego de Ávila. 2011.107

PADRÓN, E. *Estrategia de superación para los docentes de secundaria básica en la dirección de formación laboral. Tesis (Doctoral. ISP Félix Varela)*, Villa Clara, Cuba. 2006.126 p.

PANEQUE, V. M., M. CALDERÓN, J.M. CALAÑA, Y. BORGES Y M. CARUNCHO: *Manual de técnicas analíticas para el análisis de las aguas residuales*, Laboratorio de Análisis Químico, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, 2005. 50 pp.

PAVÓN, M. I. *Percepción de los agricultores de las formas de extensión en el sector cooperativo y campesino en el municipio San José de las Lajas*. **Tesis en (opción al título académico de Máster en Extensión Agraria)**. La Habana. 2009.95pp

PEÑA, G. *Criterios para trabajar con enfoques de cuencas*. **Tesis (en opción al título de Máster en Recursos hidráulicos)**, CATIE. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos INRH. 2008.111 pp.

PÉREZ, CASTRO .T. *Propuesta metodológica para el análisis de la seguridad alimentaria a nivel local en Cuba*. Experiencia en el municipio San José de las Lajas **Tesis en (opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas)**. La Habana. 2010.105pp

PÉREZ, J.E. *Tecnología para el diagnóstico de la eficacia del proceso de Planeación Estratégica en la empresa Confecciones Melissa*. **Tesis en (opción al título académico de Máster en Dirección)**. Universidad de Camagüey. 2002.89pp

PRATO, T., FULCHER, C. *Protecting soil and water resources through multiobjective* . 2009.12pp

PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL (PHI). *Evaluación Preliminar de la aplicación y cálculo del Índice de Sostenibilidad de Cuenca en la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá*. PHI-VII / Documento Técnico N° 12, 2008.

PROGRAMA MUNDIAL PARA LA ALIMENTACIÓN (PMA) –INSTITUTO DE PLANIFICACIÓN FÍSICA (IPF). *Análisis y Cartografía de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria*. 2001.

Programa Nacional de Medio Ambiente de Cuba. (PNMAC). *Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales*. 1993.22pp

- RAJENDRA PRASAD, D. S., SADASHIVAIAH, C. & RANGNNA, G. *Hydrochemical Characteristics and Evaluation of Groundwater Quality of Tumkur Amanikere Lake Watershed*, Karnataka, India. *E-Journal of Chemistry*, 6, S211-S218. 2009.25pp
- RAMÍREZ, A. *Aplicación de la Matriz EPIR, Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas*. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, 2007.15 pp
- REIMOLD, R.J. *Watershed Management Practice, Policies, and Coordination*, McGraw-Hill, New York Shafer G, 1976. A Mathematical Theory of Evidence Princeton University Press. Princeton, NJ, USA river basin management. *Water Resour Manage* 21 1103–1125. 2005.52pp
- RENACE. *Uso y manejo sustentable de los recursos hídricos*. Red Nacional de Acción Ecológica, Chile, 2003.46 pp.
- RICARDO, I. *Estrategia de la Cooperación Internacional para el desarrollo en el municipio Majibacoa*. **Tesis en (opción al título académico de Máster en Desarrollo Regional)**. Universidad de Camagüey.2006.98pp
- RIVERA, P. *Aplicación de metodologías para el diagnóstico de cuencas*. Experiencias: institucionalidad de los organismos de cuencas. Programa.1999. 12-24 pp
- Rodríguez, O. F. *Bases metodológicas y conceptuales básicos para el proceso de diseño, implementación y control de la planificación estratégica y la dirección por objetivos, basada en valores*. Dirección de Capacitación de Cuadros y Estudios de Dirección. Ciudad de La Habana.2004.58pp.
- Rojas, N. *Estrategia para el autoabastecimiento agrícola del municipio Majibacoa*. **Tesis en (opción del título de Ingeniero Agrónomo)**. Universidad de Las Tunas. 2008

RUISECO HERNÁNDEZ, D. *Aplicación de criterios sostenibles en el riego de jardines del campus universitario de Alcalá de Henares. Tesis en (opción al grado Académico de Máster Oficial en Hidrología y Gestión de Recursos Hídrico)*, Universidades de Alcalá de Henares y Rey Juan Carlos. 2009.125pp

RUÍZ, S. A. & GENTES, I. G. *Retos y perspectivas de la gobernanza del agua y gestión integral de recursos hídricos en Bolivia*. Revista Europea de Estudios Latinoamericanos y del Caribe, 2008.53pp

SELENER, R. *Sondeo Rural Participativo*. En línea 5 de noviembre de 1997. Disponible en: <http://www.fmcn.org/docs/Diagnostico%20RedLAC.doc>. [Consulta 12 de enero de 2011].

Servicio Estatal Forestal (SEF). *Patrimonio forestal de la cuenca del río Naranjo*, municipio Majibacoa. 2011.21 pp.

SHILKLOMANOV, I.A. *Valoración de los recursos hídricos y disponibilidad del agua en el mundo*. Estocolmo, OMM, PNUMA, IMA. 2007.22pp

SKHIRI, A. DECHMI, F. *Impact of sprinkler irrigation management on the Del Reguero river (Spain) II: Phosphorus mass balance*. *Agricultural Water Management*, 103 130- 139. 2012.32pp

SKHIRI, A. DECHMI, F. *Irrigation return flows and phosphorus transport in the Middle Ebro River Valley (Spain)*. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 9, 0-0. 2011.25pp

SMITH, R.. *Comportamiento de la evaporación en la zona sur de la provincia de Las Tunas. Tesis (en opción al título de Máster en Ciencia en Agrícola)*, Universidad de Las Tunas. 2008.45 pp.

SOSA, T. *Algunas consideraciones Metodológicas e instrumentos empleados para realizar*

el diagnóstico. Ciencia y Técnica de la Agricultura. Estrategias de la Agricultura. 2000. 23 pp.

STONER, J. *Administración*, Ed MES, La Habana, 1998. 781pp.

THIETART, R. A. *La stratégie d'entreprise*. McGraw – Hill. Paris. 1990.22pp

TORREGROSA MARTÍ, M. *El modelo socioeconómico de gestión de los recursos hídricos en la comarca de La Marina Baja (Alicante), un enfoque de gestión integrada de recursos hídricos*, 502pp., **Tesis (Doctoral)**, Universidad de Alicante, Alicante, España. 2007

UICN. *La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos: un análisis de estudios de caso en América Latina*. Ed. por Eduardo Guerrero, Otto de Keizer y Rocío Córdoba. PNUMA, UICN. 2006. 44pp

UNDP, a. *Cumbre de la Tierra*. Río de Janeiro .1992

UNDP, b. *Conferencia de Naciones Unidas* .Mar del Plata.1977

UNDP. *Agenda 21 Chapter 18 protection of the quality and supply of freshwater resources; application of integrated approaches to the development, management and use of water resources*. **United Nation Conference on Environment and Development**.

UNDP. New York, Rio de Janeiro. 1992

UNDP. Report of the United Nations **Water Conference**. Mar de Plata. United Nations New York USA. 1977. 25pp

UNESCO. “Agua para todos, Agua para la Vida”. *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. Resumén. UNESCO, Paris, 2003.17 pp

Vázquez, E.: **Easy_Quim.4**. Consultado el 2 de enero de 2012. Disponible en: http://www.oocities.org/es/carles_fernandez/descarregues/EASY_QUIM4xls:GHS-UPC,

CIHS; 2002.

VÁZQUEZ, FERNÁNDEZ.P. *Compendio hidrológico de La provincia Las Tunas*. 2005.15pp.

VÁZQUEZ, FERNÁNDEZ.P. *Hidrología regional de la provincia de Las Tunas*. 2006.18pp.

VIALLE, C., SABLAYROLLES, C., LOVERA, M., JACOB, S., HUAUE, M. C. & MONTREJAUD-VIGNOLESA, M. *Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis*. *Water Research*, 45, 3765-3775. 2011.32pp

VIERA, S. M.. *Estudio del comportamiento de las variables climáticas del municipio "Majibacoa"*. **Tesis (en opción al título de Máster en Ciencias en Agrícolas)**, Universidad de Las Tunas. 2009.85pp.

VOLUNTAD HIDRÁULICA (VH). Año 40, Edición Especial. 2002

WMO. Development issues for the 21st century. 26-31 January. The Dublin Statement and report of the International **Conference on Water and the Environment**. WMO Geneva Switzerland. Hydrology and Water Resources Department Dublin.1992, 12 pp

World Bank (WWB). *Water Resources Management: a World Bank Policy Paper*. Washington, DC, USA. 2006

WORLD COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. (WCSD). *Water: trends and facts*. 2005

WWC. *Consejo Mundial del Agua* (World Water Council).1996

ZEGARRA, E., ORÉ, M. T. GLAVE, M. Informe Final del Proyecto: *"Recursos, gobernanza e impactos del Proyecto Olmos en un territorio árido de la costa norte peruana"*. Programa Ambiental y Desarrollo Territorial Rural. 2007.64pp

Anexo 1 .Caracterización y coeficiente de competencia de los expertos que participaron en la consulta

No.	Cargo que ocupa	Formación Profesional	Coficiente Competencia
1	Vicepresidente Poder Popular Municipal	Universitario	0.90
2	Especialista en Higiene y Epidemiología	Técnico medio	0.80
3	Miembro del Buró Municipal de la ANAP	Técnico medio	0.80
4	Sub Delegada Agricultura	Universitaria	0.75
5	Directora Oficina municipal de estadística (OME)	Universitario	0.75
6	Especialista en Higiene y Epidemiología	Técnico medio	0.80
7	Directora UEB EMPRESA DE ANALISIS Y SERVICIOS TÉCNICOS DELEGACIÓN PROVINCIAL DE RH	Técnico medio	0.95
8	Especialista en Recursos Hidrológicos (calidad de agua)	Universitario	0.80
9	Miembro Consejo de Cuenca Municipal (Focos Contaminantes)	Técnico medio	0.75
10	Presidente CP. Las Parras	Técnico medio	0.75
11	Director Municipal de Acueducto y Alcantarillado	Técnico medio	0.75
12	Director Municipal de Comunales	Técnico medio	0.85
13	Directora Servicio Estatal Forestal municipal	Universitaria	0.80
14	Representante del CAM Consejo de Defensa Municipal	Universitario	0.85
15	Directora Filial Universitaria Municipal	Universitaria	0.65
16	Director UEB Central Majibacoa	Universitaria	1
17	Especialista en hidrología. Representante del Consejo de Cuenca Provincial	Universitario	1
18	Funcionaria estatal CITMA Municipal	Universitaria	0.85
19	Presidente CP. Gastón	Técnico medio	0.95
20	Profesor de Riego y Drenaje, FCA Universidad de Las Tunas	Universitario	0.95

Anexo 2. Encuesta a expertos para evaluar su coeficiente de competencia.

Compañero(a): _____

Estimado(a) colega:

Como usted conoce, las cuencas hidrográficas tienen una gran importancia, es una zona donde los recursos naturales y la infraestructura, creada para el desarrollo económico y social, se encuentran generando a su vez impactos favorables y no favorables para el bienestar humano y el medio ambiente. La gestión de sus recursos hídricos es un elemento permanente y de gran importancia en la política social; en la actualidad se señala la necesidad de fortalecerla gestión sostenible de este preciado recurso.

Dadas las características del trabajo de los órganos locales de gobierno, estos constituyen el núcleo de toda una serie de actividades relacionadas con la gestión del recurso agua y la participación de la comunidad.

No obstante los esfuerzos realizados por diversas instituciones del país, aun no se ha logrado contar con un análisis integral del tema, de manera que se aborden todos los aspectos en su conjunto y se determine el nivel de gestión de la población que conviven en las cuencas.

Hemos pensado seleccionarlo(a) a usted entre los expertos a consultar, para lo cual necesitamos manifieste su disposición a colaborar en este importante empeño.

De estar Ud de acuerdo, necesitamos como paso inicial una AUTOVALORACIÓN de los niveles de INFORMACIÓN y ARGUMENTACIÓN que posee sobre el tema en cuestión (objetiva, real, sin exceso de modestia).

I.- Marque con una cruz, en una escala CRECIENTE del 1 al 10, el valor que corresponde con el grado de conocimiento o información que tiene sobre los aspectos que puedan dar un indicio de afectación en la gestión sostenible de los recursos hídricos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

II.- Realice una AUTOVALORACIÓN, según la tabla siguiente, de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema:

Grado de influencia de cada una de las fuentes

FUENTES DE ARGUMENTACIÓN	ALTO	MEDIO	BAJO
Análisis teórico realizado por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores internacionales			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

Anexo 3. Propuestas de estrategias para la gestión sostenible de los recursos hídricos en la cuenca del río Naranjo

Estrategia específica 1: Disminuir el proceso de deterioro de la calidad del agua para sus diversos usos				
Meta 1: Cumplir el 100 % de las acciones encaminadas para lograr un servicio de abasto de agua con fines agrícolas según las Normas de calidad e indicadores de la FAO				
Objetivo: Mejorar el abastecimiento y la calidad del agua con fines agrícolas				
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Impulsar la conclusión y mantenimiento de los sistemas de riego a partir de obras de embalse ejecutadas, y la actualización de los niveles de demanda y de las prioridades establecidas.	MINAG ANAP MINAZ	Áreas agrícolas bajo riego	Comunidades de la cuenca	1-3 Años
Revisar las normas de consumo de agua de los diversos cultivos, y la adaptación de las diferentes variedades introducidas a las nuevas circunstancias de sequía				1-3 Años
Impulsar, según prioridades y posibilidades económicas, la implementación de nuevas técnicas de sistemas de riego que contribuyan a dotar a los cultivos de los requerimientos de agua, con un menor consumo y obtener producción en épocas de mayor demanda.				1-3 Años
Establecer cultivos más factibles de mantener en el territorio bajo una agricultura de secano	MINAG ANAP MINAZ	Áreas agrícolas bajo riego	Comunidades de la cuenca	1-3 Años
Construir sistemas de drenaje para disminuir los excesos.		Áreas agrícolas de la cuenca	Comunidades de la cuenca	1-3 Años
Objetivo 2: Incrementar en un 1 % anual el volumen de aguas residuales recicladas y reutilizadas.				

Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Lograr el tratamiento de las aguas residuales vertidas anualmente y su reutilización según las Normas de calidad. NC_855_2011, de fertirriego	MINAZ MINAG Porcino	Cuenca del río Naranjo	Pobladores de la cuenca	Permanente
Generalizar la aplicación de tecnologías de aprovechamiento de residuales				1-3 Años
Impulsar y controlar los índices de recuperación y reciclaje de las aguas en las diferentes actividades socioeconómicas bajo los principios de las producciones más limpias.				Permanente
Meta 2: Cumplir el 100 % de las acciones encaminadas para lograr un servicio de abasto de agua con fines pecuarios según las Normas de calidad				
Objetivo 3: Mejorar el abastecimiento y la calidad del agua con fines pecuarios				
Lograr un servicio de abasto de agua con fines pecuarios según las Normas de calidad. NC_827_2010 y criterios establecidos por la FAO.	MINAZ MINAG Porcino Avícola	Cuenca del río Naranjo	Pobladores de la cuenca	Permanente
Estrategia específica 2: Mejoramiento del deterioro de las condiciones higiénico sanitarias en asentamientos humanos				
Meta: Lograr que el 70 % del volumen total de desechos sólidos generados (domésticos, hospitalarios e industriales), sean debidamente recogidos, tratados y dispuestos según la NC_135_2002 Residuos sólidos urbanos- disposición final – requisitos higiénico sanitarios y ambientales				
Objetivo: Disminuir anualmente el deterioro de las condiciones higiénico - sanitarias en asentamientos humanos				
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Mantener a través de los órganos de inspección competentes el control y monitoreo de la higiene comunitaria	Comunales Higiene y epidemiología	Consejos populares de la cuenca	Pobladores de los Consejos populares de la cuenca	Permanente
Realizar la recogida de desechos sólidos periódicamente mediante el uso de vehículos de tracción animal				
Manejar adecuadamente los vertederos				
Mejorar la eficiencia de la red de alcantarillado de todos los	Comunales	Consejos	Pobladores	1-3 Años

asentamientos poblacionales del territorio		populares de la cuenca	de los Consejos populares de la cuenca		
Impulsar el reciclaje de los desechos sólidos				Permanente	
Trabajar en la reanimación paisajística de las principales vías garantizando su mejoramiento y arborización				1-3 Años	
Estrategia específica 3: Implementación de medidas de control para las descargas de focos contaminantes y su actualización sistemática					
Meta 1: Identificar y caracterizar el 100 % de las fuentes que provocan carga contaminante de origen orgánico e inorgánico dispuesta al medio ambiente					
Objetivo: Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento de residuales líquidos, incrementando su reuso y tratamiento, y minimizando su generación					
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período	
Incrementar la exigencia en el cumplimiento de las normas técnicas ambientales relacionadas con el vertimiento de residual líquido	CTIMA INRH	Consejos populares de Vivienda, Calixto, Gastón, Arroyo el muerto y providencia 4	Pobladores de los consejos populares de Vivienda, Calixto, Gastón, Arroyo El Muerto y Providencia 4	Permanente	
Incentivar la introducción de tecnologías que contribuyan al ahorro de agua e identificación de prácticas de producción más limpia, como vía de prevenir la generación de aguas residuales en todas las empresas ubicadas en la cuenca	CTIMA INRH MINAG MINAZ				1-3 Años
Continuar incrementando el aprovechamiento económico y la reutilización de los residuales líquidos, convenientemente tratados, para usos agrícolas, industriales y acuícolas	MINAG MINAZ ACUÍCOLA				
Promover la utilización de sistemas biológicos naturales de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta su elevada eficiencia en la remoción de contaminantes, los bajos costos de inversión, operación y mantenimiento	MINAG MINAZ ACUÍCOLA				Permanente
Objetivo específico 2: Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el manejo inadecuado de desechos sólidos					
Incrementar la cobertura de recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos, con énfasis en los desechos peligrosos, dando	MINAG MINAZ	Consejos de Vivienda,	Pobladores de Vivienda,	Permanente	

cumplimiento NC- 133:2000 Recolección y Transportación de Residuos Sólidos	ACUÍCOLA	Calixto, Gastón, Arroyo El Muerto y Providencia 4	Calixto, Gastón, Arroyo El Muerto y Providencia 4		
Estrategia específica 4: Reforestación de las franjas hidrorreguladoras en los cauces de ríos y embalses					
Meta: Alcanzar un 20 % de área cubierta de bosque en las franjas hidrorreguladoras de los cauces y embalses					
Objetivo: Cumplir con los criterios e indicadores para contribuir al Manejo Forestal Sostenible					
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período	
Actualizar la situación ambiental de las fajas hidrorreguladoras de ríos y embalses	Servicio Estatal Forestal UEB Forestal	Fajas Hidrorreguladoras de la cuenca	Pobladores de consejos populares dentro de la cuenca	1 año	
Elaborar e implantar los proyectos de reforestación de las fajas hidrorreguladoras				1 a 3 años	
Incrementar el plan anual de reforestación, con especial énfasis en el completamiento y sellado de la faja hidrorreguladoras				1 año	
Realizar una reforestación que tenga en cuenta las especificidades de cada zona, la amplia utilización de variedades y el mejoramiento de los índices de supervivencia y desarrollo				1 a 3 años	
Reforestar con especies pertenecientes a la formación forestal Semicaducifolia sobre suelos de mal drenaje				Permanente	
Impulsar el obligatorio cumplimiento de la restauración de las áreas afectadas por explotaciones mineras, de canteras y otras que provoquen la degradación de los suelos				1 a 3 años	
Incrementar el plan de medidas encaminadas contrala tala indiscriminada				Permanente	
Implementar planes de vigilancia y control de los cambios de la biodiversidad, causados por fluctuaciones naturales o por la acción antrópica a nivel de ecosistema				1 año	
Construcción de trochas cortafuegos					Permanente

Estrategia específica 5: Cosecha y almacenamiento de aguas lluvia en la viviendas					
Meta: Alcanzar un 70 % de las viviendas con un sistema de cosecha y almacenamiento de agua de lluvia					
Objetivo: Identificar variantes económicamente aceptables (con el mínimo de recursos) para el almacenaje de agua procedente de las precipitaciones en aquella parte del fondo habitacional en cuyo proyecto constructivo no fue concebido el sistema o que este fue destruido					
Acciones		Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Proponer a la Dirección Municipal de Planificación Física divulgar la conveniencia de incluir la identificación de los sistemas de cosecha de lluvia en los proyectos de construcción, remodelación o rehabilitación de las viviendas y recomendar especificaciones técnicas de las cubiertas que favorezcan el funcionamiento de los mismos		Dirección Municipal de Planificación Física	Consejos populares de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Desarrollar formas educativas y de adiestramiento de la población a través de los medios masivos de difusión y las instituciones docentes de la localidad o la provincia, para la implementación de las nuevas alternativas constructivas de los sistemas de cosecha de lluvia a partir de la actual disponibilidad de recursos		Filial Universitaria Municipal Radio Municipal	Consejos populares de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Crear un sistema de divulgación sobre la urgente necesidad de restablecer el funcionamiento de los antiguos sistemas de cosecha de lluvia en los casos en que aún sea posible con un mínimo de recursos					
Estrategia específica 6: Mejoramiento y conservación de los suelos					
Meta 1: Alcanzar un manejo adecuado de los suelos de modo que se logre contener los procesos de degradación e iniciar su progresiva recuperación					
Objetivo: Detener el incremento de la superficie de los suelos de la cuenca que se encuentra afectada por factores que conducen a los procesos de degradación					
Acciones		Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Establecer el cumplimiento adecuado de los sistemas de medidas para la conservación y mejoramiento de los suelos					

Aprovechar al máximo la materia orgánica disponible para el mejoramiento de los suelos y generalizar la utilización de biofertilizantes	MINAG	Áreas agrícolas de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Establecer medidas que garanticen el beneficio de los suelos afectados por factores limitantes				
Reducir al mínimo indispensable el empleo de maquinaria agrícola pesada y realizar las labores en los suelos con el empleo de la tracción animal				
Implementan acciones de mejoramiento de canales y obras de fábricas en los sistemas de riego en la cuenca	MINAG	Áreas agrícolas de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Ampliar la construcción y utilización del drenaje parcelario, la nivelación de las tierras y otras obras hidráulicas utilizadas para el control de las inundaciones				1 a 3 años
Meta 2: Reducir en un 20 % el volumen de agua aplicada por hectárea de tierra bajo riego en la cuenca con la calidad requerida				
Controlar y compatibilizar la cantidad y calidad del agua utilizada para el riego y el estado de las fuentes	MINAG	Áreas agrícolas de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Reducir el volumen de agua aplicada por hectárea de tierra bajo riego, a través de la optimización y/o sustitución de sistemas de riegos no eficientes, empleados en la agricultura			Pobladores de la cuenca	
Meta 3: Reutilizar los residuales sólidos de la agricultura cañera en 40% y no cañera 80%.				
Incorporar los residuos de cosecha en las áreas de cultivos varios y mantener la paja de caña como cobertura del suelo	MINAZ MINAGRI	Áreas agrícolas de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Producir y aplicar con los residuos de cosecha el compostaje y humus				
Aplicar los residuales sólidos (cachaza) de la industria azucarera a los suelos				
Meta 4: Reutilización de los residuales líquidos como fertirriego de la agricultura cañera 30% y no cañera 10%.				

Realizar trabajos de mantenimiento y reanimación de sistemas de fertirriego	MINAZ MINAGRI	Áreas agrícolas de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Evaluar el impacto del fertirriego tanto en los cultivo como en los suelos				
Estrategia específica 7: Aumentar la educación ambiental en lo pobladores.				
Meta 1: Alcanzar un alto nivel de educación ambiental en los pobladores de la cuenca				
Objetivo: Formar y capacitar a los pobladores de la cuenca en temas ambientales				
Acciones:	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
Participar en las Campañas de Divulgación coordinadas en el territorio	Filial Universitaria Municipal	Consejos populares de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Desarrollar el programa divulgativo de la gestión del Consejo de la Cuenca				
Los centros estatales presentes en la cuenca, incorporarán la problemática del área así como las acciones desarrolladas en la misma, en boletines, plegables, propaganda y murales.				
Implementar un espacio divulgativo sobre la problemática ambiental del área en los programas informativos de las emisoras radiales municipales y provinciales.				
Diseñar un programa de educación ambiental que sirva como elemento de prevención y como facilitador de la autogestión y comprensión del valor del agua, a fin de brindar a la comunidad una herramienta para crear el liderazgo comunitario que tanto necesitan, permitiéndoles identificar su problemática y alcanzar una participación ciudadana				
Participar en eventos científicos y convocar a talleres territoriales que den cobertura a las problemáticas medio ambientales de la cuenca.				
Promover la dimensión ambiental en los planes de divulgación y propaganda de las empresas, centros de trabajo, órganos,				

organizaciones políticas y de masas entre otras.				
Estrategia específica 8: Formación y capacitación de los recursos humanos				
Meta 1: Alcanzar un alto nivel de formación y capacitación de los recursos humanos en temas ambientales				
Objetivo: Formar y capacitar de los recursos humanos en temas ambientales				
Acciones:	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
<p>Desarrollar un plan de capacitación masivo, dirigido al personal vinculado a la cuenca, teniendo como base el diagnóstico de gestión ambiental, en el que se aborden las siguientes temáticas:</p> <p>La educación ambiental como instrumento de gestión</p> <p>Manejo de cuencas hidrográficas.</p> <p>Vías para el desarrollo sostenible</p> <p>Plan de ordenamiento forestal</p> <p>Medidas integrales de conservación de suelo</p> <p>Áreas protegidas</p> <p>Manejo sostenible del recurso agua.</p> <p>Utilización de energía renovable (eólica y solar) para la rehabilitación del medio ambiente impactado por la actividad antrópica depredatoria,</p> <p>Empleo de tecnologías sostenibles para la extracción de agua</p>	Filial Universitaria Municipal	Consejos populares de la cuenca	Pobladores de la cuenca	Permanente
Estrategia específica 9: Implementación de proyectos que permitan disponer de recursos materiales y financieros				
Meta 1: Alcanzar la Implementación de proyectos que permitan disponer de recursos materiales y financieros				
Objetivo: Disponer de recursos materiales y financieros que permitan acometer acciones encaminadas a mitigar los problemas que afectan la cuenca				
Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
<i>Ecosistemas Áridos y Semiáridos</i> Los proyectos se centrarán en la conservación y uso sustentable de la biodiversidad endémica de estos ecosistemas, en los cuales la biodiversidad se ve amenazada por el uso intensivo del suelo, la sequía y la desertificación.	CITMA MINAGRI	Ecosistemas Áridos y Semiáridos en la cuenca	Pobladores de la cuenca	1 a 3 años

Acciones	Responsables	Área Geográfica	Beneficiarios	Período
<p>Ecosistemas Forestales Objetivo: Los proyectos contendrán actividades comunitarias sustentables para las zonas de conservación de bosques, incluyendo las áreas protegidas y fajas hidrorreguladoras. Deberán mostrar métodos de uso sustentable en forestación, como parte del manejo integrado del suelo, agua, incluyendo técnicas para conservar especies silvestres en relación con las domésticas</p>	<p>Servicio Estatal Forestal UEB Forestal</p>	<p>Ecosistemas Forestales</p>	<p>Pobladores de la cuenca</p>	<p>1 a 3 años</p>
<p>Ecosistemas de Agua Dulce Acciones: Los proyectos se centrarán en la conservación y uso sustentable de la biodiversidad en los ecosistemas de agua dulce, priorizando las comunidades aledañas o directamente relacionadas con las áreas protegidas.</p>	<p>CITMA Flora y Fauna INRH</p>	<p>Ecosistemas de Agua Dulce</p>	<p>Pobladores de la cuenca</p>	
<p>Energía Rural renovable Objetivo: Los proyectos deben Promover la Adopción de Energía rural renovable (solar, eólica y proveniente de la biomasa para iluminación, calentamiento de agua, cocción de alimentos y bombeo de agua).</p>	<p>CITMA INRH MINAGRI</p>	<p>Consejos populares de la cuenca</p>		<p>1 a 3 años</p>
<p>Acciones para la ejecución de proyectos: Apoyar la ejecución de proyectos que estén dentro de las áreas temáticas del Programa y que sean pertinentes y relevantes para las comunidades. Propiciar la participación de las comunidades desde la identificación de la idea de proyecto hasta su evaluación. Impulsar proyectos que incluyan el trabajo mancomunado de grupos comunitarios, ONGs y organismos gubernamentales.</p>	<p>CITMA INRH MINAGRI</p>			

Anexo 4. Aspectos analizados por los expertos para validación de la estrategia

N°	Aspectos para el análisis	Escala valorativo				
		C1 Muy Adecuado	C2 Bastante Adecuado	C3 Adecuado	C4 Poco Adecuado	C5 No Adecuado
1	Correspondencia de las acciones con los resultados de los parámetros evaluados (A1)					
2	Correspondencia entre la concepción estructural de la estrategia y el objetivo general (A2).					
3	Correspondencia entre el objetivo general de la estrategia y los objetivos trazados para cada etapa (A3).					
4	Carácter sistémico de las etapas y sus acciones (A4).					
5	Nivel de aplicabilidad de la estrategia para la solución del problema (A5).					

Anexo 5. Respuesta de los expertos en cada aspecto analizado.

N°	Indicadores para el análisis	Escala valorativo				
		C1 MA	C2 B A	C3 A	C4 PA	C5 NA
1	Correspondencia de las acciones con los resultados de los parámetros evaluados (A1)	14	0	0	0	0
2	Correspondencia entre la concepción estructural de la estrategia y el objetivo general (A2).	7	5	2	0	0
3	Correspondencia entre el objetivo general de la estrategia y los objetivos trazados para cada etapa (A3).	6	6	2	0	0
4	Carácter sistémico de las etapas y sus acciones (A4).	7	5	2	0	0
5	Nivel de aplicabilidad de la estrategia para la solución del problema (A5).	7	6	1	0	0

Legenda: MA, Muy Adecuado: BA, Bastante Adecuado: A, Adecuado : PA, Poco Adecuado: NA, No Adecuado

Frecuencias relativas acumulativas (FA)

Aspectos analizados	C1	C2	C3	C4	C5	Total
A1	14	14	14	14	14	14
A2	7	12	14	14	14	14
A3	6	12	14	14	14	14
A4	7	12	14	14	14	14
A5	7	13	14	14	14	14

Frecuencia relativa acumulada, en % (FA).

Aspectos analizados	C1	C2	C3	C4
A1	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
A2	0,5000	0,8571	1,0000	1,0000
A3	0,4286	0,8571	1,0000	1,0000
A4	0,5000	0,8571	1,0000	1,0000
A5	0,5000	0,9286	1,0000	1,0000

Frecuencia relativa acumulada de la inversa de la curva normal.

Aspectos analizados	C1	C2	C3	C4	Suma	Promedio	N-P
A1	3,90	3,90	3,90	3,90	15,60	3,90	-2,83
A2	-0,37	0,00	3,90	3,90	7,43	1,86	-0,79
A3	-1,07	0,18	3,90	3,90	6,91	1,73	-0,66
A4	-1,07	0,00	3,90	3,90	6,73	1,68	-0,61
A5	-1,47	0,18	3,90	3,90	6,51	1,63	-0,56

Categoría recibida por cada aspecto evaluado.

Aspectos analizados	Suma	Promedio	N-P	Categoría
A₁	15,60	3,90	-2,83	MA
A₂	7,43	1,86	-0,79	BA
A₃	6,91	1,73	-0,66	BA
A₄	6,73	1,68	-0,61	BA
A₅	6,51	1,63	-0,56	BA

Leyenda: MA, Muy Adecuado: BA, Bastante Adecuado

Anexo 6. Etapas metodológicas para el desarrollo del Índice simplificado de Gestión de Cuencas

Para el desarrollo de esta etapa se asumió la guía metodológica propuesta por García (2011), por considerar su desarrollo relativamente sencillo y confiable, cuyas etapas fundamentales son:

- Definición de los pesos relativos o importancia de cada indicador seleccionado (i).
- Escala de valores o contribuciones de cada indicador seleccionado en puntos de 0 a 100 y clasificación por rango (p).
- Cálculo del índice simplificado.
- Definición de la clasificación de la gestión de cuencas, por el valor del Índice simplificado (IsGC).

Los indicadores que considera el IsGC son importantes, medibles y tienen impacto directo e indirecto en la calidad de vida de la población. Ellos son:

- a) Superficie de suelos beneficiada respecto al total de la superficie agrícola de la cuenca, en %.
- b) Superficie cubierta de bosques respecto al área de la cuenca, en %.
- c) Carga contaminante dispuesta respecto a la total generada, en %.
- d) Cobertura de agua potable actual de la población respecto al total de la población, en %.
- e) Cobertura de saneamiento ambiental actual de la población respecto al total de la población, en %.
- f) Relación entre el uso de las aguas en la cuenca, respecto al total de recursos hidráulicos disponibles, en %.

Definición de los pesos relativos o importancia de cada indicador seleccionado

Se dirige a la definición de los pesos relativos para cada indicador según su importancia o jerarquía en la cuenca hidrográfica. Es requisito obtener el consenso de un grupo de expertos, a través la aplicación del Método Delphi. Se propone el cuestionario que debe ser respondido de forma anónima e individual y se realizará de la siguiente manera:

Cuestionario para definir la importancia de los indicadores propuestos.

No.	Indicadores	Jerarquía (0-4)
a	Superficie de suelos beneficiada respecto al total de la superficie agrícola de la cuenca	
b	Superficie cubierta de bosques respecto al área de la cuenca	
c	Carga contaminante dispuesta respecto a la total generada	
d	Cobertura de agua potable actual de la población respecto al total de la población	
e	Cobertura de saneamiento ambiental actual de la población respecto al total de la población	
f	Relación entre el uso de las aguas en la cuenca, respecto al total de recursos hidráulicos disponibles	

Jerarquía otorgada por el experto

0. Muy poco importante
1. Poco importante
2. Medianamente importante
3. Importante
4. Muy importante

Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico inicial se realiza a través de la ponderación de los seis indicadores y los criterios de los expertos dados en los cuestionarios.

Escala de valores-contribuciones

La escala de valores-contribuciones de cada indicador seleccionado en puntos de 0 a 100 y clasificación por rango (p)

La determinación del IsGC se hace a partir de la ecuación siguiente:

$$IsGC = \sum_a^f i * p$$

Donde:

i – Peso relativo de cada indicador.

p – Puntos otorgados a cada indicador de acuerdo con su escala

a, b, c, d, e, f – Indicadores que intervienen en el cálculo del IsGC.

Escala del indicador superficie de suelos beneficiada (a)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 4,9%	15
Entre 5 y 10%	30
Entre 10,1 y 15%	45
Entre 15,1 y 20%	60
Entre 20,1 y 25%	80
Mayor que 25,1 %	100

Escala del indicador Superficie cubierta de bosques (b)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 50%	15
Entre 50,1 y 65%	25
Entre 65,1 y 80%	50
Entre 80,1 y 90%	75
Mayor que 90,1%	100

Escala del indicador relación carga dispuesta-generada (c)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 15%	100
Entre 15,1 y 25%	75
Entre 25,1 y 50%	50
Entre 50,1 y 75%	25
Mayor que 75%	15

Escala del indicador agua potable (d)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 45%	15
Entre 45,1 y 65%	25
Entre 65,1 y 80%	50
Entre 80,1 y 95%	75
Mayor que 95%	100

Escala del indicador saneamiento ambiental (e)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 45%	15
Entre 45,1 y 65%	25
Entre 65,1 y 80%	50
Entre 80,1 y 95%	75
Mayor que 95%	100

Escala del indicador relación uso-disponibilidad de las Aguas (f)

Escala del indicador	Puntos
Menor que 30%	100
Entre 30,1 y 70%	90
Entre 70,1 y 90%	70
Entre 90,1 y 100%	50
Mayor que 100%	15

Definición de la clasificación de la gestión de cuencas, por el valor del Índice simplificado (IsGC)

Se propone una clasificación que intenta reflejar de manera directa, a partir del valor del IsGC, el grado de intervención en cada una de las cuencas, así como su evolución. Los valores mayores del IsGC, más cercanos a 100, indicarán una alta intervención en la cuenca y los valores inferiores, más cercanos a cero o al límite inferior, indicarán una baja intervención. Rangos medios de valores indicarán intervenciones medias. Se creó una convención de colores para la representación gráfica y cartográfica **Definición de la clasificación de la gestión de cuencas**

Valor del IsGC	Clasificación	Representación gráfica
75,1 a 100	Alta (AG)	Verde
35,1 a 75	Media (GM)	Amarillo
Menor que 35,0	Baja (BG)	Rojo

