

Humedales en Los Haitises, República Dominicana. Modelo conceptual preliminar y experiencia participativa en la formulación del Plan Hidrológico

Xiomara Lluberes¹, Emilia Bocanegra², Deyvis Rodríguez¹, Australia Ramírez¹

¹ Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Av. Jiménez Moya, Centro de los Héroes, Santo Domingo, República Dominicana

² Universidad Nacional de Mar del Plata. CIC. Funes 3350. Mar del Plata, Argentina
Mail de contacto: emilia.bocanegra@gmail.com

RESUMEN

En los Haitises, República Dominicana, existen numerosos humedales en ambiente kárstico vinculados a las aguas subterráneas. El objetivo del trabajo es realizar una caracterización hidrogeológica de Los Haitises y presentar una experiencia participativa en la formulación del Plan Hidrológico. La metodología consistió en la síntesis de la información existente, medición de niveles en ríos, manantiales y pozos, muestreo para análisis hidroquímico e isotópico y talleres con actores sociales involucrados en la gestión. La composición química de las masas de agua es homogénea, el contenido isotópico en los manantiales es similar al agua subterránea, y menor que en ríos y pozos excavados someros, deduciéndose en éstos, un proceso de evaporación. Se identificaron objetivos y seleccionaron actuaciones priorizando los problemas según el grado de importancia y urgencia, lográndose un acercamiento a un Plan de Manejo sobre la base del conocimiento técnico - científico y la situación socioeconómica e institucional de Los Haitises.

Palabras clave: humedales – República Dominicana – Plan Hidrológico

ABSTRACT

The karst environment of the Haitises, in Dominican Republic, presents numerous wetlands linked to groundwater. The aim of this paper is to present a hydrogeological characterization of the Haitises and a participatory experience in developing the Water Plan. The methodology involved the synthesis of existing information, level measurement in rivers, springs and wells, sampling for hydrochemical and isotopic analysis and workshops with stakeholders involved in management. The chemical composition of the water bodies is homogeneous, isotopic content in the springs is similar to groundwater and lower than rivers and shallow dug wells, deducting these, an evaporation process. Objectives were identified and different actions prioritizing problems by degree of importance and urgency were selected, achieving an approach to a management plan on the basis of the technical - scientific knowledge, and the socio-economic and institutional situation of the Haitises.

Keywords: wetlands – Dominican Republic – Water Plan

Introducción

Los acuíferos kársticos incluyen tipos muy diferentes, en función de su comportamiento, desde auténticos ríos subterráneos, cuyo almacenamiento se ciñe a unos grandes conductos, con velocidades de tránsito muy elevadas y escaso tiempo de residencia, hasta el acuífero muy inercial, de grandes reservas, karstificación homogénea y, eventualmente, matriz porosa y microporosa (Motyka, 1998).

Los acuíferos kársticos tienen un notable interés económico ya que pueden ocupar grandes extensiones. La infiltración en estos terrenos suele ser muy superior a la de los

terrenos detríticos. Dado que en general dan relieves positivos, suelen contener aguas de muy buena calidad, aunque por sus propias características suelen ser más vulnerables a la contaminación que los de porosidad intergranular (Pulido Bosch, 2001).

La Unidad Hidrogeológica de Los Haitises situada al noreste de la isla de La Hispaniola, presenta características morfológicas particulares de las formaciones kársticas tropicales, como es su relieve en forma de cerros o mogotes, y numerosos humedales vinculados a las aguas subterráneas. Estas masas de agua proporcionan diversos servicios de abastecimiento, de regulación hídrica y

servicios culturales, contribuyendo al bienestar humano (Millennium Ecosystem Assessment, 2003).

El área alberga al Parque Nacional de Los Haitises, uno de los espacios con mayor biodiversidad de la República Dominicana, que incluye más de 700 especies de plantas vasculares y vegetación tipo manglar en todo el litoral.

Los estudios fueron realizados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) en el marco del Proyecto OIEA-DOM7/003 "Evaluación integral de la explotación de aguas subterráneas en Los Haitises y establecimiento de un programa de gestión del agua para garantizar el suministro de agua dulce segura".

El proyecto abarca la Sub-Unidad Meridional de la Unidad Hidrogeológica de Los Haitises (Fig. 1), con una superficie de 490 km² y una población de 21223 habitantes lo que representa el 20.56% de la población total de la unidad.

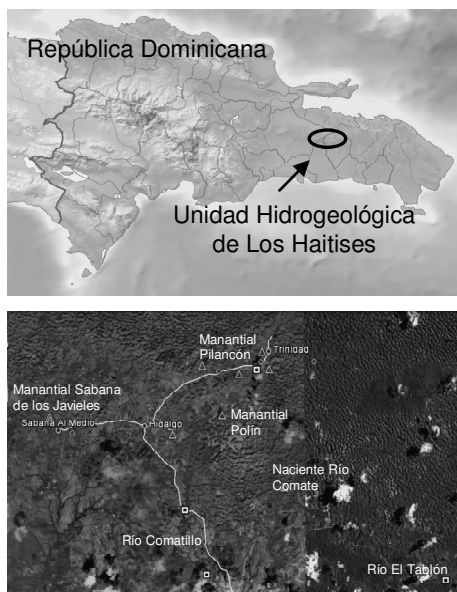


Figura 1. Visualización de la Sub-Unidad Meridional como parte de la Unidad Hidrogeológica de Los Haitises

Diversas instituciones públicas y privadas interesadas en manejo de cuenca desarrollan actividades en el área relacionadas con investigaciones sobre los recursos naturales en Los Haitises, estudio del impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas, trabajo con las comunidades, desarrollo de

microempresas para campesinos, plan de comunidad para reubicación de las personas que viven dentro del Parque, organización de actividades de protección de los recursos naturales, identificación de problemas de uso y reuso del agua en casas de familia, de la proximidad entre la toma de agua y las letrinas e identificación de enfermedades de la piel frecuentes.

El objetivo del trabajo es realizar una caracterización hidrogeológica de Los Haitises y presentar una experiencia participativa en la formulación del Plan Hidrológico.

Metodología

La metodología consistió en la valoración y síntesis de la información geológica, climática e hidrogeológica, un inventario con aforos en manantiales y ríos, medición de niveles piezométricos, muestreo para análisis hidroquímico e isotópico en 4 pozos, 12 manantiales y 4 cauces superficiales, realizando 4 campañas entre 2009 y 2010. Se midieron *in situ* los parámetros fisicoquímicos de temperatura, pH, conductividad. El análisis de laboratorio incluyó: iones conservativos (Na^+ , Mg^{++} y Cl^-) y dinámicos (Ca^{++} , CO_3^{--} , HCO_3^- y SO_4^{--}). Se determinó el contenido en isótopos estables ($\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$) en todas las muestras.

Se aplicó el programa Aquachem 4.0 (Calmbach, 1998) para el estudio de la distribución espacial de los componentes mayoritarios y construcción de gráficos de Stiff.

Se preparó un cuestionario dirigido a usuarios del agua a fin de evaluar aspectos relacionados con los distintos recursos para abastecerse de agua, servicios que proporcionan los manantiales, rol de los miembros de la familia en la obtención del agua, disposición del agua en la casa, percepción de la calidad del agua, variabilidad estacional, significado del manantial y medidas para mejorar su uso.

Se realizó un Taller sobre Plan de Manejo de los Recursos Hídricos que contó con la participación de diversos actores involucrados en la gestión: profesionales de cinco instituciones públicas, ambientalistas de cuatro ONG's y un profesor de la Universidad Autónoma de Santo Domingo. En total 22 participantes.

La dinámica del Taller incluyó:

a) Identificación de la problemática ambiental relacionada con los recursos hídricos de Los Haitises.

b) Selección y valoración de 8 problemas principales por cada uno de los participantes.

c) Caracterización temática e identificación de tipos de Objetivos.

d) Trabajo en grupos para identificar Objetivos específicos para cada tipo de Objetivo general, Acciones para alcanzar cada objetivo específico, Resultados a lograr a partir del cumplimiento de cada actividad y Priorización de las acciones según el grado de importancia y de urgencia (Matriz de Eisenhower).

Modelo Conceptual

Caracterización hidrogeológica

La zona de Los Haitises está constituida por una formación de caliza arrecifal detrítico, muy carstificada y de edad Plioceno-Pleistoceno, conocida como la caliza de Los Haitises. Su espesor puede ser del orden de 150 m. Estas calizas se disponen concordantemente sobre un tramo margoso, de edad pliocena, denominadas margas basales de Los Haitises. Este tramo es de espesor variable, probablemente inferior a los 50 m., y a veces está ausente, descansando la caliza pliocena, en dichos casos, sobre el sustrato basal, que está constituido por una formación de rocas magmáticas y volcano-sedimentarias, de edad Cretácico inferior, con intrusiones tonalíticas, de edad Cretácico superior. Este sustrato aflora ampliamente al sur de las calizas y margas (INDRHI, 2004).

El área se caracteriza por la presencia de claros elementos de morfología kárstica; su relieve está formado por cerros o mogotes con una elevación de 30 a 40 metros, con una altitud media de 200 msnm. La morfología externa presenta dolinas, corredores y valles en tanto que la morfología interna presenta cavidades, algunas de ellas de grandes dimensiones, tal como los manantiales Pilancón y Sabana de los Javieles.

La precipitación anual promedio en la Estación Los Hidalgos en el período 1986-2010 fue de 1340 mm, el rango de mayor precipitación ocurre para los meses de mayo-junio, correspondientes a las estaciones primavera-verano y para los meses de agosto-septiembre, correspondientes a las estaciones verano-otoño. De lo que puede concluirse que las mayores precipitaciones en la zona ocurren en verano, como consecuencia de las torrenciales lluvias que traen las tormentas y ciclones tropicales, y que inciden sobre el territorio nacional.

Los aforos se realizaron en zonas muy próximas a nacimientos de manantiales y en ríos importantes del área estudiada. La Fig. 2 muestra la evolución del nivel del manantial Pilancón en su nacimiento y la precipitación en

el año 2011. Se aprecia una correspondencia directa entre ambos, con una respuesta del nivel de agua en el manantial de menos de 24 hs respecto del pico de la precipitación.

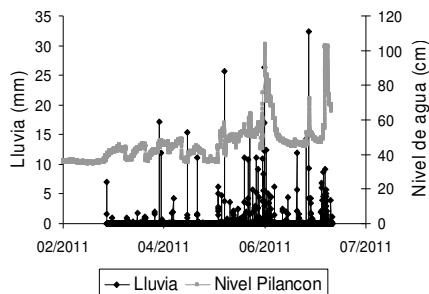


Figura 2. Evolución de la precipitación y del nivel de agua en el manantial Pilancón

La variación del almacenamiento en el acuífero se determinó en función de la variación media del nivel piezométrico, de 2.34 m, el área de la zona de estudio y la porosidad eficaz, estimada en 5%, obteniéndose un valor de del orden de 57.31 Hm³/año, lo que se interpreta como una variación normal para el caso de sistemas kársticos donde los flujos de agua han disuelto la roca carbonatada, creando grandes cavidades que generan grandes variaciones de nivel piezométrico (Pérez y Llubes, 2011).

Un estudio de trazadores utilizando rodamina y uranina, revela velocidades de flujo de 153 m/h en el manantial Comatillo y de 263 m/h en el Comate (Navarro y Vadillo Pérez, 2010).

La piezometría de la zona es acorde con la topografía; los niveles piezométricos son más someros en las zonas bajas y más profundos en las zonas altas.

Las líneas de flujo muestran en la zona norte dos divisorias de agua próximas a las localidades de Trinidad e Hidalgo, por lo que la parte central recibe el aporte de aguas proveniente de ambas divisorias. El sistema fluye hacia el río Comatillo, al sur del área (Fig. 3).

Caracterización hidroquímica e isotópica

La distribución espacial de concentración de iones mayoritarios correspondientes a muestras extraídas en el área de estudio en el año 2010 se ilustra en la Fig. 3 mediante diagramas de Stiff.

El agua en los manantiales es Ca-HCO₃ y en los ríos, Ca-Mg-HCO₃. El agua subterránea es Ca-HCO₃, en el noroeste una muestra resultó Ca-Na-HCO₃-Cl.

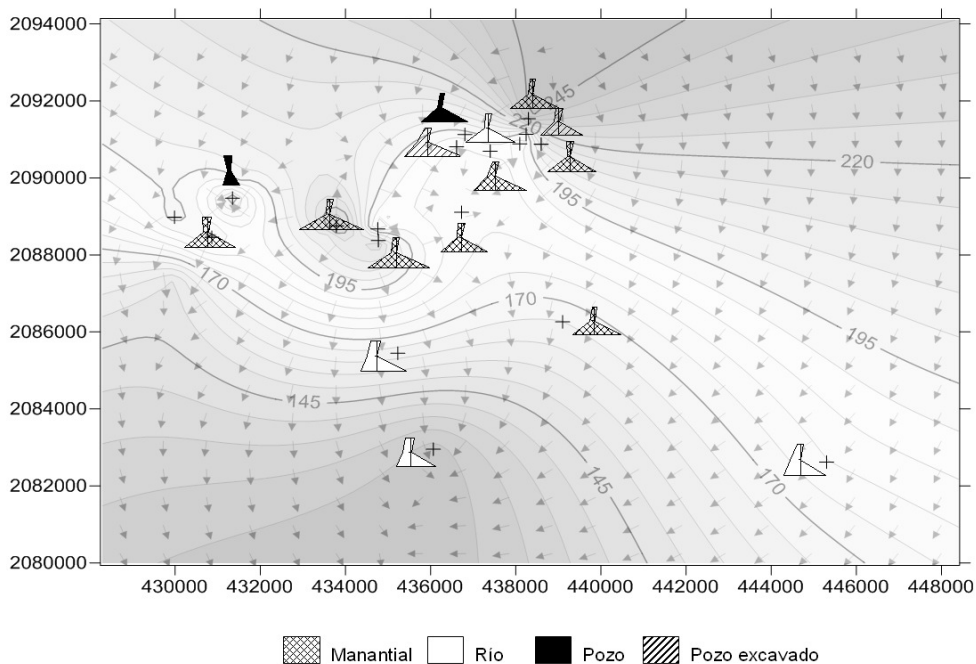


Figura 3. Mapa de niveles piezométricos y diagramas de Stiff

El agua subterránea registra una conductividad promedio de 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$, los ríos 354 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los manantiales 364 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Los bicarbonatos presentan valores promedios de 200, 190 y 196 mg/l para el agua subterránea, ríos y manantiales respectivamente. Las masas de agua muestran una gran homogeneidad en los valores de cloruros de 16 mg/l y de sulfatos, 4 mg/l.

La composición química del agua subterránea presenta características similares a la de manantiales. La muestra obtenida en el sector noroeste refleja mezcla con agua de lluvia o escorrentía superficial.

La presencia de Mg en la composición química de los ríos podría asociarse a las margas pliocenas.

Los valores de $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$ encontrados en las muestras de manantiales, ríos y pozos se ilustran en la Fig. 4. Se aprecia que el agua de los manantiales muestra un contenido isotópico promedio similar al agua subterránea en pozos y menor respecto de los ríos y pozos excavados someros.

Las zonas de recarga de los manantiales se localizan aguas arriba de la zona de estudio;

teniendo en cuenta su empobrecimiento isotópico se estima que se produce una infiltración rápida y el hecho de que el flujo de aguas subterráneas atraviese conductos en rocas que han sido disueltas, explica su tipificación de Ca-HCO_3 .

El agua del río Comatillo en la cuenca alta tiene la misma composición isotópica que el manantial Pilancón. Las otras muestras de ríos presentan un enriquecimiento isotópico y puede deducirse un proceso de evaporación.

Las muestras de agua subterránea provenientes de pozos y pozos excavados con profundidad del nivel freático mayor a 12 m, tienen un contenido isotópico del orden de los manantiales, por lo que puede considerarse que tienen el mismo origen. El agua proveniente de pozos excavados presenta enriquecimiento isotópico en caso de aguas someras, que puede deberse a evaporación relacionada con las características constructivas del pozo.

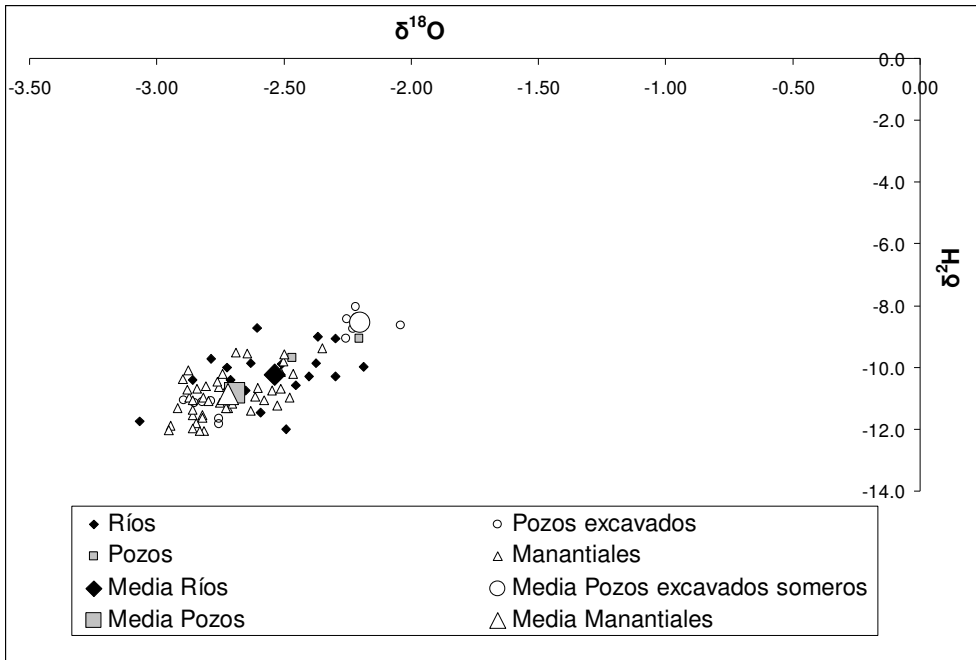


Figura 4. Composición isotópica

Contribución a la Propuesta de Plan Hidrológico

Encuestas a usuarios

Para iniciar la elaboración de un Plan de manejo integrado de los recursos hídricos en la zona de los Haitises, se diseñó un cuestionario dirigido a usuarios del agua que se aplicó a 7 usuarios particulares, al Director de una Escuela y a la Directora de un Dispensario de Salud en 7 comunidades de la zona de estudio.

Si bien el número de encuestas es pequeño, reflejan el modo de relacionarse con el agua en las distintas comunidades visitadas.

Todas las personas entrevistadas mostraron muy buena disposición para manifestar su experiencia en relación al uso del agua.

El agua del manantial se usa para consumo humano, bebedero de animales, baño y lavado de ropa. Se extrae 1 ó 2 veces al día y suelen ir las mujeres o los niños a buscarla principalmente si es que el hombre desarrolla tareas fuera del hogar. El agua se extrae con cubetas o galones y se dispone en el hogar en esas mismas cubetas o en tanques.

Si bien la percepción de la calidad del agua del manantial es en general buena, - sólo 2 usuarios particulares la califican como

deficiente-, para consumo se utiliza agua embotellada. Varios usuarios reconocen una variabilidad estacional, con merma en el volumen de agua en época de sequía. En todos los casos el manantial significa un beneficio.

El director de la escuela, al cual asisten 180 niños de nivel primario y 70 jóvenes del nivel secundario, expresó su preocupación por los casos de cólera que se produjeron en el año 2011 en la población estudiantil y sus familias. En la escuela usan botellones para el consumo de agua de los alumnos.

La médica responsable del dispensario de salud manifestó que más del 60 % de los pacientes de Pilancón acuden a la consulta por enfermedades gastrointestinales, por esta razón su percepción de la calidad del agua es deficiente y el significado del manantial es de peligro.

Las acciones propuestas por las personas entrevistadas para mejorar el uso de los manantiales comprenden la reforestación y la siembra de cultivos, lo que implicaría menores campos destinados al pastoreo de ganado y menor uso del manantial como bebedero, la construcción de un acueducto, la protección del manantial para evitar que animales de carga y el ganado bajen a beber y la educación ambiental (Bocanegra, 2011).

Taller con instituciones vinculadas a la gestión ambiental

El Taller se desarrolló con una dinámica interactiva de 22 profesionales provenientes del Instituto Nacional de Recursos Hídricos, el Ministerio de Medioambiente y Recursos Naturales, la Fundación Carso Los Haitises, la Fundación Espeleogrupo, la Asamblea Nacional Ambiental, el Foro Ciudadano y la Universidad Autónoma de Santo Domingo.

A través de una lluvia de ideas se identificaron 52 problemas vinculados a los recursos de agua, se seleccionaron los 8 principales y se valoraron en base al número de veces que fue seleccionado.

La caracterización temática de los mismos llevó a identificar 4 tipos de Objetivos para abordar un Plan de manejo del agua: Socio-económico, Infraestructura, Medio Ambiente y Político-legal. Se identificaron entre 3 y 5 objetivos específicos para cada objetivo general (Tabla 1).

Se propusieron diferentes acciones para alcanzar cada objetivo específico y se priorizaron las acciones según el grado de importancia y de urgencia (Matriz Eisenhower), calificando cada parámetro de cada actividad entre 1 y 10 (Tabla 2).

Se seleccionaron 3 acciones para cada objetivo a partir de la visualización en forma comparada en la Fig. 5, de la valoración asignada.

Los principales resultados esperados son:

- Mejora de la calidad de vida,
- Disminución tasa de mortalidad en niños,
- Bienestar de la salud publica,
- Educación ambiental,
- Concientización de la población,
- Mayor eficiencia en el cumplimiento de leyes y sanciones,
- Gestión integrada y participativa de los recursos naturales.

Conclusiones

El modelo conceptual propuesto, si bien es coherente con la información existente, es un modelo preliminar, que realiza una fuerte simplificación del sistema natural. Es necesario profundizar y validar el modelo presentado con la generación de datos sobre la composición isotópica de las lluvias provenientes del Mar Caribe y del Océano Atlántico y un monitoreo con una alta frecuencia de muestreo de todas las masas de agua.

El Taller sobre Plan de Manejo de los Recursos Hídricos en Los Haitises fue una experiencia interactiva, una tarea ardua, responsable y comprometida, entre colectivos con intereses sectoriales diversos, pero capaces de arribar a través del intercambio de ideas y el consenso a una propuesta conjunta.

El resultado es un acercamiento a un Plan de Manejo sobre la base del conocimiento técnico - científico y la situación socioeconómica e institucional de Los Haitises.

Tabla 1. Objetivos generales y específicos

TIPO DE OBJETIVO	OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS
Socio-económico	Mejorar la calidad de vida de las comunidades, haciendo énfasis en la reducción de sus condiciones de pobreza	Implementar programas para mejorar las condiciones de salud. Desarrollar acciones que promuevan el acceso a servicios básicos de saneamiento Regularizar el uso y tenencia de suelos mediante planes de ordenamiento Fomentar la educación y el desarrollo de las capacidades, creación de conciencia sobre la importancia del parque. Promover condiciones propicias para la articulación de la comunidad y su participación junto con las demás instituciones en la toma de decisión.
Medio Ambiente	Reducir los niveles de pérdida de los recursos naturales y de biodiversidad	Incrementar los niveles de conocimientos de los recursos naturales, de la biodiversidad y los servicios ambientales. Capacitar y difundir los valores de los recursos naturales, de la biodiversidad y los servicios ambientales Integrar a las comunidades y grupos organizados en la gestión de los Haitises
Infraestructura	Crear infraestructuras de servicios	Construir infraestructura vial y redes de sistema eléctrico Establecer el sistema de suministro de agua potable y sistema para captación de agua residual. Construir y mejorar las infraestructuras de: vivienda, hospitales y escuelas
Político - Legal	Identificar y solucionar la problemática relativa a las políticas y legislación	Mejorar la aplicación y el cumplimiento de las normativas existentes Fortalecer el marco Institucional legal para la gestión de Los Haitises Fortalecer e incentivar el liderazgo local en la zona

Tabla 2. Acciones propuestas y valoración
(*) Acción seleccionada

OBJ.	Nº	ACCIÓN PROPUESTA	Grado de IMPORTANCIA	GRADO DE URGENCIA
SOCIO-ECONÓMICO	1	Programas educativos en ámbito de higiene (*)	10	8
	2	Capacitación en el manejo de agua y uso responsable (*)	9	10
	3	Desarrollo de reforma agraria	5	5
	4	Mejora de capacidades de maestros	8	5
	5	Crear mecanismos para la participación en la toma de decisiones (*)	10	10
MEDIO AMBIENTE	1	Realizar estudios de la biodiversidad	10	6
	2	Realizar estudios de alternativas productivas sostenibles	9	8
	3	Introducir los valores de Los Haitises en la educación formal y no formal	8	7
	4	Diseñar una estrategia de comunicación sobre los valores del parque (*)	10	9
	5	Dotación de personal de vigilancia capacitado y equipado (*)	10	10
	6	Crear organismos participativos para la gestión del parque (*)	9	9
INFRAESTRUCTURA	1	Mejoramiento red vial	6	6
	2	Electrificación rural	5	3
	3	Abastecimiento agua potable y saneamiento (*)	10	9
	4	Construcción centros educativos	8	9
	5	Construcción centros de atención primaria (*)	10	10
	6	Construcción de viviendas (*)	8	10
POLÍTICO-LEGAL	1	Realizar campañas de difusión de las normativas de regulación por diferentes medios	8	7
	2	Seguimiento y evaluación periódica al cumplimiento de la aplicación de las normativas	9	7
	3	Implementar normativa de ordenamiento territorial (*)	10	9
	4	Definición y delimitación de las responsabilidades de las instituciones involucradas	8	9
	5	Disposición de recursos económicos y logísticos para la ejecución de las acciones planificadas (*)	9	10
	6	Aprovechamiento del potencial de liderazgo en los diferentes sectores de la población	7	9
	7	Participación de la población en el manejo, análisis y solución de conflictos	8	8
	8	Crear un plan de manejo de los recursos naturales y la biodiversidad (*)	10	10

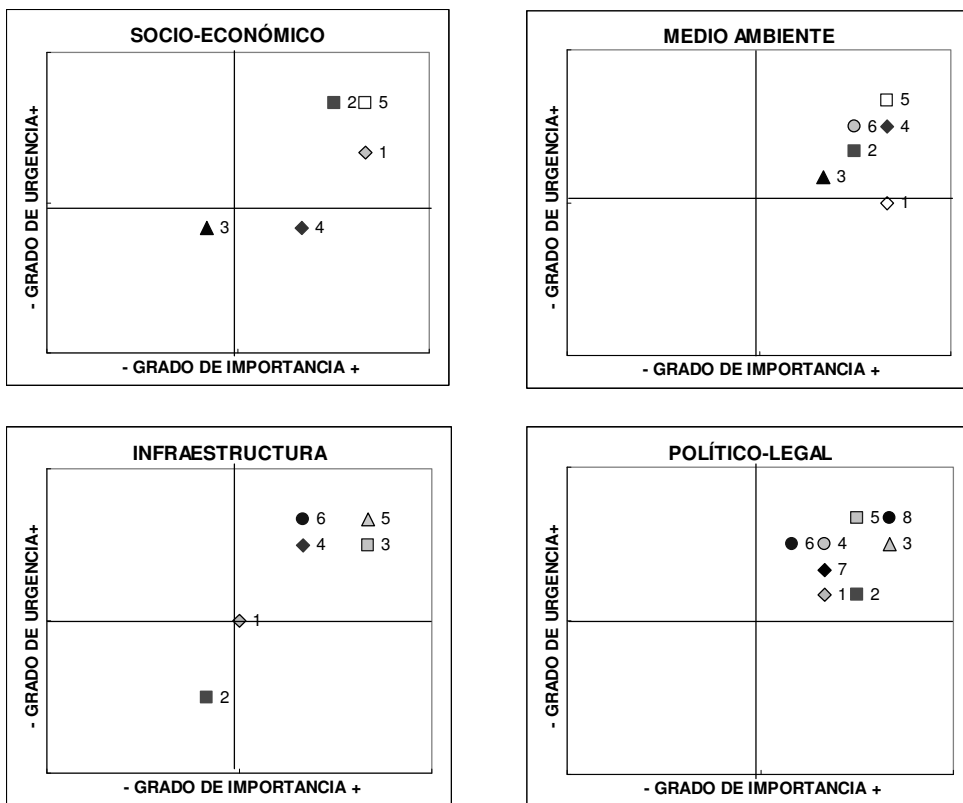


Figura 5. Valoración de las actividades propuestas.

Agradecimientos

El OIEA ha financiado el Proyecto DOM7/003 lo que ha permitido la generación de información, adquisición de equipamiento y la realización de becas y misiones de expertos, que han contribuido a la formación de recursos humanos en instituciones nacionales.

Referencias

- Bocanegra, E., 2011. The role of isotope techniques in the formulation of management plans for groundwater. OIEA. Informe de misión de experto. Santo Domingo.
- Calmbach, L., 1998. AQUACHEM Aqueous Geochemical Anlisis, Plotting and Modeling. Waterloo Hydrogeologic INC. Waterloo, Ontario, Canadá.
- INDRHI, 2004. Estudio Hidrogeológico Nacional Fase II- Informe de la Unidad Hidrogeológica de Los Haitises. Inédito.
- Millennium Ecosystem Assessment, MEA. 2003. *Ecosystems and human well-being: A framework for the assessment*. Island Press, Washington DC, USA, 212 pp.
- Motyka, J., 1998. A conceptual model of hydraulic networks in carbonate rocks, illustrated by exemples from Poland. *Hydrogeol. Journal*, 6: 469-482.
- Navarro, B y Vadiillo Pérez, I. , 2010. Aplicación de la metodología de trazadores. OIEA. Informe de misión de experto. Santo Domingo.
- Pérez, F. y Llubes, X. , 2011. Informe Cierre de Proyecto DOM/7/003 LOS HAITISES INDRHI /OIEA. Inédito.
- Pulido Bosch, A., 2001. Investigación y exploración de acuíferos kársticos. *Boletín Geológico y Minero*, Vol. 112, Núm. especial, pp. 65-76, ISSN: 0366-0176