

APLICACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO QUANTUM GIS EN LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA DE LA CUENCA CIÉNAGA DE LA VIRGEN (CARTAGENA DE INDIAS – COLOMBIA)

APPLICATION OF THE QUANTUM GIS GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN THE ECOLOGICAL REGIONALIZATION OF THE CUENCA CIÉNAGA DE LA VIRGEN (CARTAGENA DE INDIAS - COLOMBIA)

Edilbert Torregraza Fuentes¹, Alberto Gómez Juan¹, Francisco Borja Barrera²

¹Grupo de Investigación CTS-Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia

²Universidad de Huelva, España.

E-mail: [etorregrazaf, agomezj]@unicartagena.edu.co, fborja@uhu.es

(Enviado Agosto 04, 2014; Aceptado Septiembre 18, 2014)

Resumen

El software de código libre Quantum GIS (QGIS) es una herramienta amigable para su aplicación en diversas actividades de planificación territorial, en el presente trabajo se evidencia su potencial de uso en procesos de regionalización ecológica para el caso Cuenca Ciénaga de la Virgen en Cartagena de Indias (Colombia) y área municipales involucradas. Además de posibilitar un mecanismo de democratización de los Sistemas de Información Geográfica, QGIS permitió generar cartografías y posibilitar la clasificación jerárquica de los ecosistemas identificados como Unidades Ecológicas de Gestión (UEG) para la Cuenca en estudio. A escala de ecodistrito se identifican 3 UEG y a escala de ecosección 9 UEG; proceso sustentado en el enfoque ecosistémico.

Palabras Clave: *Quantum, SIG, Regionalización, Cuenca Ciénaga de la Virgen.*

Abstract

The software of free code Quantum GIS (QGIS) is a friendly tool for its application in diverse activities of territorial planning, in the present work its potential of use in processes of ecological regionalization is demonstrated for the Cuenca Ciénaga de la Virgen en Cartagena de Indias (Colombia) and municipal area involved. In addition to enabling a mechanism of democratization of the Geographic Information Systems, QGIS allowed to generate cartographies and enable the hierarchical classification of the ecosystems identified as Unidades Ecológicas de Gestión (UEG) for the Basin under study. At the ecodistrict scale, 3 UEG are identified and at the 9 UEG ecosection scale; process based on the ecosystem approach.

Keywords: *Quantum, SIG, Regionalization, Cuenca Ciénaga de la Virgen.*

1 INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante para llevar a cabo el proceso de regionalización es poder realizar de manera conveniente la superposición de capas y un manejo eficiente de la cartografía disponible, esto se hace posible de manera más productiva mediante el uso de los sistemas de Información geográficos (SIG); se hace necesario por tanto tener claro en qué consisten, cuáles son sus potencialidades y cuales desarrollos resultan más adecuados dentro de un enfoque transdisciplinar, siendo por tanto estos sistemas de información uno de los pilares a partir del cual se sustenta la aproximación ecosistémica.

Un Sistema de Información geográfica (S.I.G) se definen como “un conjunto de herramientas para recolectar, almacenar, extraer, transformar y desplegar datos espaciales del mundo real para un propósito particular” [1]. Dentro de esos propósitos particulares esta el servir como apoyo a los procesos de planificación y ordenamiento territorial.

El desarrollo de los Sistemas de Información Geográficos se motivo por diversas necesidades entre ellas la de integrar múltiples niveles de información al tratar de estimar los impactos ambientales de los proyectos de desarrollo, lo que se manifestó en los grandes esfuerzos durante los años 70 por tratar de “informatizar” el ya conocido método de McHarg de “transparencias superpuestas” [2].

La importancia actual de los Sistemas de Información geográfica estriba en que posibilitan el análisis no espacial, los análisis espaciales y la integración de datos mediante el manejo simultáneo de tablas con información diversa.

El funcionamiento de un SIG se puede sintetizar en la capacidad de relacionar bases de datos con información geográfica de tal manera que al identificarse un “objeto gráfico” se pueden conocer los atributos o información específica sobre el mismo. De igual manera, una indagación sobre la base de datos puede ser ubicada cartográficamente.

Los datos se pueden almacenar de dos maneras distintas: raster o vectorial (Ver Figura 1). Los datos tipo raster hacen referencia a cualquier imagen digital, que se almacena en formato de archivo tipo TIFF, JPEG, entre otros; mientras que el dato vectorial es la representación mediante vectores de una figura geométrica que representa un elemento geográfico en el espacio. Para el caso de los datos vectoriales estos se manejan en formatos diversos como por ejemplo el *shapefile*. Un Shapefile es un formato vectorial multiarchivo de almacenamiento digital que permite guardar información sobre elementos geográficos tanto de localización como de sus atributos asociados.

Todos estos aspectos relativos al funcionamiento y potencialidades de los SIG permiten fortalecer la toma de decisiones en materia de planificación territorial ya que tienen sustento en criterios racionales y en la información actualizada que manejan. Por tanto, la ventaja más destacada que presentan los SIG, tal como lo señalaran Gómez y Barredo en [3] es su capacidad para analizar información temática y espacial al mismo tiempo. En ese sentido, por una parte la base de datos con la que trabaja el SIG puede ser permanentemente actualizada y, por otro, el trabajar con datos espaciales permite cartografiar la información obtenida.

Ahora bien, los datos espaciales georreferenciados que constituyen la información geográfica que manejan los SIG pueden ser procesados, transferidos, superpuestos o mostrados a través de aplicaciones de software tanto de empresas comerciales o Software SIG de código abierto. Ejemplos del primer caso lo constituyen el software ArcGIS o el MapInfo; mientras que para el segundo caso encontramos software como gvGIS y Quantum GIS, este último constituye la herramienta aplicada para el presente caso de estudio.

2 LOS SIG DE CÓDIGO LIBRE COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA DEMOCRATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN UN CONTEXTO TRANSDISCIPLINAR

El uso de software de código libre o productos de venta comercial, es un punto importante relacionado con los procesos de democratización y acceso a la información, sobre todo porque las necesidades de manejo de datos en muchas ocasiones encuentran obstáculos en los precios prohibitivos para comunidades y organizaciones con restricciones económicas para la adquisición de productos de venta comercial, además de las limitaciones de orden legal que focalizan el uso específico de equipos y otras reglamentaciones para el manejo personal e incluso institucional.

Si bien es cierto que los productos comerciales, relativos a los SIG, por lo general proporcionan un conjunto amplio de técnicas para el análisis y la visualización de los datos espaciales tanto estos como los de código libre llevan a cabo las funciones esenciales para la transformación, proyección de cambios y manejo de nuevos muestreos [4].

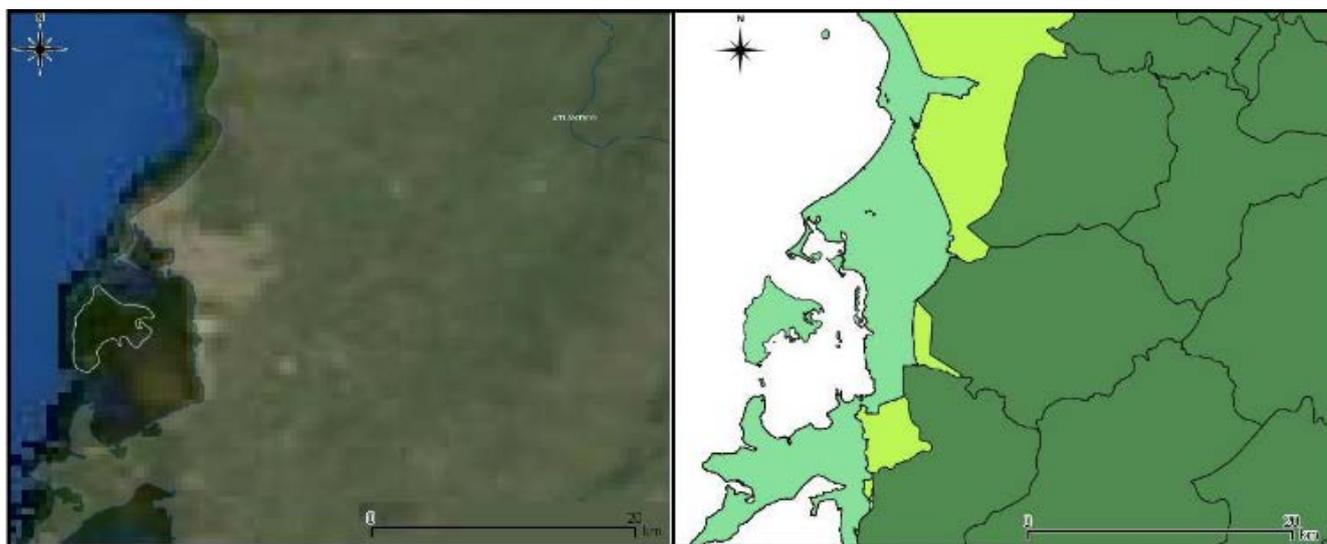


Figura 1 Imágenes tipo Raster y Vectorial.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen IGAC georreferenciada (Raster- izquierda) y archivos shapefile SIGOT (Vectorial- derecha) ambas procesadas en Quantum GIS

Ahora bien, en los enfoques transdisciplinarios, como el ecosistémico, tiene entre sus pilares fundamentales el favorecer la participación del mayor número de actores sociales en los procesos de resolución de problemáticas complejas, esto implica mayores niveles de acceso a la información, considerando todas las saberes, y promover con mayor dinamismo el diálogo entre los actores con saberes más especializados y el conocimiento que aportan los pobladores de las comunidades. Estos puntos de encuentros requieren alfabetización científica y democratización de saberes alejándonos del enfoque tradicional de manejo exclusivo de información a nivel de “expertos” ó de segmentos sociales elites engendradas a partir de su poder adquisitivo y económico.

Sin llegar a la estigmatización del software de venta comercial, se requiere en ciertas circunstancias de una mayor apertura en el manejo espacial de datos y esto obliga el contar con herramientas de SIG que puedan ser de uso generalizado y público para lograr mejores niveles de participación de actores sociales en territorios con restricciones en cuanto disponibilidad y acceso a estos recursos informáticos.

El debate sobre el potencial de los software comerciales y los de código libre es bastante amplio y diverso, sin embargo consideramos que los SIG de código libre representan una alternativa de democratización y accesibilidad a la información para el público en general y personal interesado en estudiar dinámicas complejas como la interacción entre la trama social y biofísica en un territorio.

De cualquier forma, en la actualidad los Sistemas de Información geográfico se constituyen en vías de encuentro entre el análisis de datos espaciales con las problemáticas que constituyen interés de la sociedad, por lo que los estudios e investigaciones en este campo son cada vez más requeridos para toma de decisiones y orientación de las políticas públicas [5].

3 LOS SIG Y LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

Los sistemas de información geográfico son de vital importancia para llevar a cabo la clasificación jerárquica de los ecosistemas dentro de la dinámica de “regionalización ecológica” que se comprende como un proceso de clasificación y de reconocimiento espacial cartográfico de un territorio permitiendo la identificación de ecosistemas a diversos órdenes escalares. De igual manera, la gestión ambiental integral en la cual se enmarca la regionalización ecológica también acoge la cuenca como la unidad básica de gestión dentro de la planificación integrada del territorio [6]. En general la cuenca define un sistema geográfico de drenaje superficial y subterráneo, constituyendo la unidad mínima territorial de interacción del ciclo hidrológico con la biosfera [7]. En nuestro trabajo abordamos el caso de la Cuenca Ciénaga de la Virgen situado en la zona Caribe al norte de la República de Colombia que posee un componente natural de gran interés ecológico y sobre el cual existe una gran presión por parte de la trama humana

que habita el lugar; requiriéndose herramientas y estrategias que posibiliten llevar a cabo una gestión integral.

En ese sentido, la herramienta SIG se señala como de gran ayuda para definir “Unidades Ecológicas de Gestión”, en adelante (UEG), que son unidades homogéneas de análisis y gestión del medio natural, surgidas a partir de la integración territorial de las tramas ecológicas y socio-económicas [8]. Por tanto, la regionalización ecológica del territorio y las UEG se consideran conceptos complementarios e interdependientes.

Otro concepto importante para este proceso de regionalización es el de factores de control considerados comocriterios para definir y seleccionar los ecosistemas, ello a manera de elementos de caracterización que comprenden componentes del medio natural en su contexto estructural.

En síntesis se puede señalar que las UEG son segmentos homogéneos de un territorio caracterizado por tener una misma trama ecológica y unos mismos usos y dinámicas socioeconómicas. Esas homogeneidades pueden ser determinadas precisamente con ayuda de los SIG ya que la delimitación de los ecosistemas se sustenta en la percepción de las características integradoras del medio cartografiables de una manera sencilla.

4 EL ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca Ciénaga de la Virgen corresponde a un área de aproximadamente 520.26 Km² está situada en la zona norte de Colombia en zonas correspondientes al distrito de Cartagena de Indias y municipios adyacentes (Ver Figura 2). La cuenca presenta un humedal de tipo lagunar costero denominado Ciénaga de la Virgen, de la cual la cuenca toma su nombre ubicándose este humedal en la parte occidental del área objeto de estudio y separada del Mar Caribe por una barra de arena [9].

La Tabla 1 describe los aspectos básicos que caracterizan la cuenca como área de estudio en cuanto a clima.

Tabla 1 Rasgos climáticos Generales.

Clima	Tropical cálido		
Precipitación (Promedio anual)	976 m.m	Dic. – Abril	Seco
		May. – Ago..	Transición
		Sept.-Nov.	Lluvioso
Temperatura (Promedio anual)	28 °C		
Humedad relativa	Superior al 90%		
Velocidad del Viento (Promedio anual)	3.18 m/s (brisa suave o moderada)		
Evapotranspiración (media anual)	1734.32 m		

Fuente: Elaboración propia a partir de datos IDEAM e IGAC



Figura 2 Localización geográfica de la Cuenca Ciénaga de la Virgen (Cartagena de Indias – Colombia).

5 ENFOQUE METODOLÓGICO DE LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

El enfoque metodológico a aplicar en el estudio se puede sintetizar en el siguiente diagrama (Ver Figura 3):

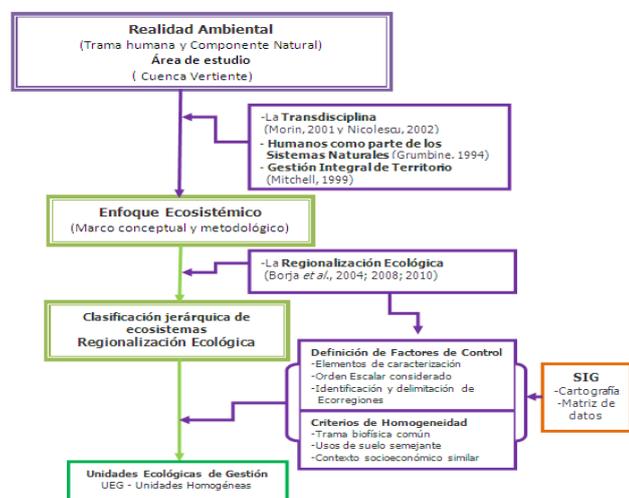


Figura 3 Marco conceptual y metodológico para la regionalización ecológica.

La regionalización ecológica del área Cuenca Ciénaga de la Virgen, ha tenido en cuenta lo planteado por Borja Barrera en el 2004 quien plantea la jerarquización y clasificación del territorio a partir de la definición de factores de control y criterios de homogeneidad [8]. La definición de estos factores de control tuvieron en cuenta elementos de caracterización y la consideración de un orden escalar para la identificación y delimitación de Unidades Ecológicas de Gestión (UEG). Los criterios de homogeneidad se sustentaron en tres (3) aspectos fundamentales: una trama biofísica común, usos

de suelo semejante y un contexto socioeconómico similar.

Para el caso de la cuenca ciénaga de la virgen teniendo en cuenta la magnitud del área (520.26 Km²) y la cartografía disponible para el territorio objeto de estudio, se identificaron y delimitaron ecosistemas en términos de UEG a escala de Ecodistrito y de Ecosección. La selección de estos dos (2) niveles de clasificación se han considerado las más pertinentes para llevar a cabo un análisis posterior tanto en sus aspectos de trama natural y humana de manera integrada. Los factores de control que definen el contexto estructural a escala de Ecodistrito fueron las variedades mesoclimáticas, las formas mayores de relieve y el balance de precipitación, mientras que a escala de Ecosección se consideraron la vegetación edafófila, las facies mesoclimáticas y las formaciones superficiales a nivel de formas intermedias (Ver Tabla 2 sobre el esquema jerárquico de clasificación de ecosistemas).

La cartografía utilizada para la identificación y delimitación de las UEG correspondientes a estos ordenes escalares fue suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique – Cardique, así como los “shapefile” (SHP) disponibles por el Sistema de Información Geográfica para la Planeación del Ordenamiento Territorial – SIGOT, portal dependiente del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) de Colombia que constituye una herramienta tecnológica pública con información político-administrativa, socio-económica y ambiental georeferenciada de todo el país.

El procesamiento de la información cartográfica fue organizada, procesada y analizada mediante el software de código libre Quantum GIS en su versión QGIS 1.8.0. El software QGIS es un Sistema de Información Geográfico compatible con plataformas GNU/Linux, Unix, Mac OS y Microsoft Windows.

El Sistema de Referencia de Coordenadas –SRC empleado para todas las capas y para el proyecto en el proceso de manejo de las mismas fue el MAGNA –SIRGAS (Marco Geocéntrico Nacional de referencia-Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas). Lo anterior teniendo en cuenta la Resolución N° 068 de Enero 28 de 2005 mediante la cual se adoptó el MAGNA-SIRGAS como único datum oficial de la República de Colombia (Diario Oficial)

Ahora bien, acorde con el enfoque metodológico propuesto para la regionalización ecológica y definición de unidades ecológicas de gestión [8], el procedimiento empleado se sintetiza en las siguientes etapas:

1. Selección de un orden escalar a partir del marco general de niveles de clasificación jerárquica de ecosistemas.
2. Identificación de los componentes estructurales (factores de control) y los contextos de funcionamiento que rigen para el orden escalar seleccionado.
3. Caracterización y delimitación de los ecosistemas; estableciendo las diferencias existentes entre los distintos ecosistemas que hacen parte del respectivo orden escalar de análisis seleccionado.

4. Determinación de las relaciones de interdependencia que se presentan entre los ecosistemas identificados y caracterizados.

6 RESULTADOS DE LA REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA

El desarrollo de la metodología para la regionalización ecológica de la Cuenca Ciénaga de la Virgen ha permitido definir los ecosistemas a escala de ecodistrito y ecosección, lo cual está acorde con la magnitud territorial de la cuenca objeto de estudio (520.26 Km²) que se enmarca en una escala espacial comprendida entre 10¹ Km² y los 10⁴ Km² del esquema jerárquico de clasificación de ecosistemas y en un contexto funcional de ámbito regional atendiendo a lo descrito en la Tabla 2.

7 ECOSISTEMAS DE LA CUENCA CIÉNAGA DE LA VIRGEN A ESCALA DE ECODISTRITO

Teniendo en cuenta los factores de control seleccionados y tipificados en el “Esquema jerárquico de clasificación de ecosistemas” (Tabla 2), han permitido identificar tres (3) ecosistemas a escala de Ecodistrito, los cuales tienen una expresión cartográfica que se presenta en el mapa de la Figura 4 bajo la denominación de “Mapa de ecosistemas a escala de Ecodistrito de la Cuenca Ciénaga de la Virgen”.

Tabla 2 Esquema jerárquico de clasificación de ecosistema.

Orden Escalar	Contexto Estructural (Factores de control)	Contexto Funcional			
Ecozona	- Macroclimas (Zonas climáticas, circulación general de atmósfera) - Estructura global de continentes y océanos	Enfoque morfoclimático ESCALA ESPACIAL >10 ⁴ Km ²	AMBITO ZONAL Ámbito de las escalas de permanencia de los ecosistemas		
Ecodominio	-Dominios morfoclimáticos (husos meridianos) -Complejos morfoestructurales continentes -Hidrodinámica oceánica		ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA	ESCALA TEMPORAL CLIMÁTICA	ESCALA TEMPORAL ANTROPICA
Ecoárea	-Grandes áreas climáticas (masas de aire y centros de acción) -Grandes conjuntos morfoestructurales (macromodelado, formas mayores) -Grandes complejos litológicos -Grandes células de intercambio de aguas (hidrodinámica)		>10 ⁵ Km ²	>10 ⁴ Km ²	>10 ³ Km ²
Ecoprovincia	-Variedades climáticas/bioclimáticas -Macrounidades de relieve (macromodelado, formas intermedias) -Unidades hidrográficas estructurales (grandes cuencas) -Plataforma continental (modelado y tipo de substrato)		DOMINIOS MORFOCLIMÁTICOS		
Ecoregión	-Regiones climáticas -Sistemas morfogénéticos y macromodelado (formas menores) -Series de vegetación y clima -Hidrología regional (estructura y composición de acuíferos/ cuencas hidrográficas secundarias)	Enfoque morfogénético ESCALA ESPACIAL 10 ¹ -10 ⁴ Km ²	AMBITO REGIONAL Ámbito de las escalas de evolución de los ecosistemas		
Ecodistrito	-Variedades mesoclimáticas -Balance morfogénesis/edafogénesis (status de los sistemas morfogénéticos) -Tipos de formaciones superficiales y mesomodelado (formas mayores) -Balance precipitación/escorrentia/ infiltración		ESCALA TEMPORAL GEOLÓGICA	ESCALA TEMPORAL CLIMÁTICA	ESCALA TEMPORAL ANTROPICA
Ecosección	-Facies mesoclimáticas -Vegetación edafófila -Asociaciones de formaciones superficiales y mesomodelado (formas intermedias) -Interacción aguas superficiales/aguas subterráneas		10 ⁴ años - 10 ⁵ años	10 ² años - 10 ⁴ años	10 ² años - 10 ³ años
Ecotopo	-Condiciones microclimáticas -Mesomodelado (formas menores) -Tipos de depósitos y suelos -Cobertura vegetal -Flujos hídricos locales (superficiales, subsuperficiales y subterráneos)	Enfoque morfodinámico ESCALA ESPACIAL <10 ¹ Km ²	AMBITO LOCAL Ámbito de las escalas de dinámica		
Ecoelemento	-Micromodelado -Composición, estructura y estado sucesional de comunidades biológicas -Cuadros bio-geo-químicos básicos de formaciones superficiales -Estructura, composición y organización de cuerpos de agua.		<10 ⁴ años	<10 ² años	<10 ² años
			SISTEMAS MORFODINÁMICOS		

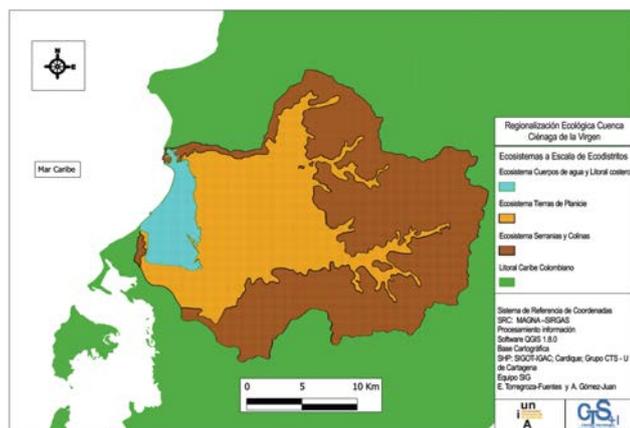


Figura 4 Mapa de ecosistemas a escala de Ecodistrito de la Cuenca Ciénaga de la Virgen.

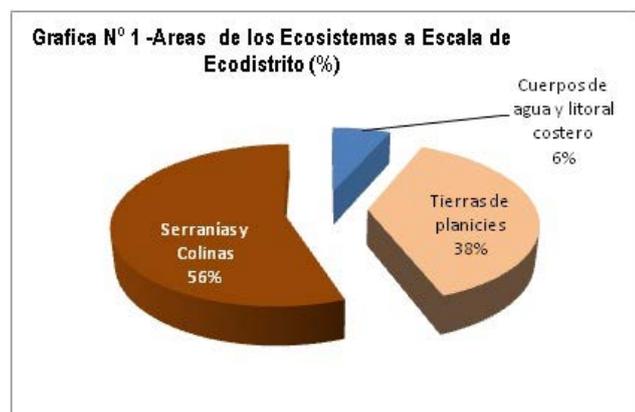


Figura 5 Áreas de los Ecosistemas a Escala de Ecodistrito.

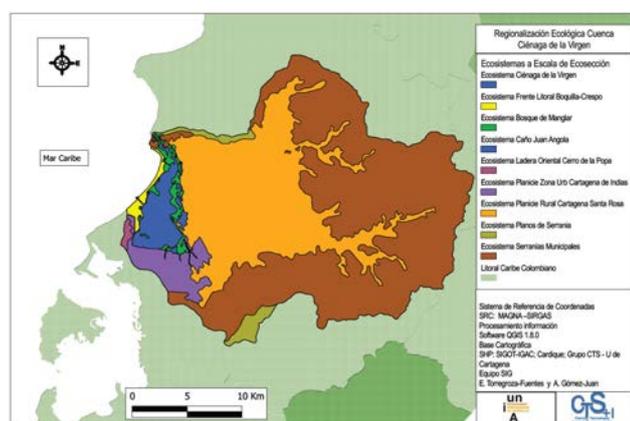


Figura 6 Mapa de ecosistemas a escala de Ecosección de la Cuenca Ciénaga de la Virgen.

La Tabla 3 permite tener una idea más concreta de estos resultados obtenidos dentro del objetivo de regionalización ecológica de la cuenca en este nivel escalar de ecodistrito.

Tabla 3 Características de los ecosistemas a escala de Ecodistrito delimitados para el área de estudio.

Nº	Denominación de los ecosistemas a escala de Ecodistrito	Características de los ecosistemas
1	Serranías y Colinas	Ecosistema que ocupa un área de 289,43 Km ² . Se define por las formas mayores de relieve, correspondiente a la zona de colinas y cerros altos. Clima cálido seco y precipitación en franja de 1001-2000 mm/año.
2	Tierras de planicies	Ecosistema que ocupa un área de 196,481 Km ² . Se define por formas del relieve correspondiente a las zonas de planicie, recorrido por los arroyos que caracterizan a la cuenca. Clima cálido.
3	Cuerpos de agua y litoral costero	Ecosistema que ocupa un área de 34,348 Km ² . Se define por formas geográficas correspondiente a las zonas de cuerpos de agua y de litoral. Clima cálido muy seco y precipitación en la franja de 501 a 1000 mm/año.

Las áreas en términos de porcentajes para cada uno de los ecosistemas identificados a escala de ecodistrito se muestran a continuación en la Figura 6.

8 ECOSISTEMAS DE LA CUENCA CIÉNAGA DE LA VIRGEN A ESCALA DE ECOSECCIÓN

Atendiendo al esquema jerárquico de clasificación de ecosistemas se seleccionan y consideran los factores de control adecuados descritos en la metodología con énfasis en la vegetación edafófila y las formaciones superficiales a nivel de formas intermedias.

Teniendo en cuenta los aspectos y criterios anteriormente expresados se presenta a continuación el Mapa de Ecosistemas a escala de Ecosección de la Cuenca Ciénaga de la Virgen, obtenido mediante el uso del software QGIS versión 1.8.0 (Ver Figura 5).

La Tabla 4 nos permite tener una idea más concreta de los resultados obtenidos dentro del objetivo de

regionalización ecológica de la cuenca en este nivel escalar de ecosección, con un mayor nivel de resolución.

Las áreas en términos de porcentajes para cada uno de los ecosistemas identificados a escala de ecosección se muestran a continuación en la Figura 7.

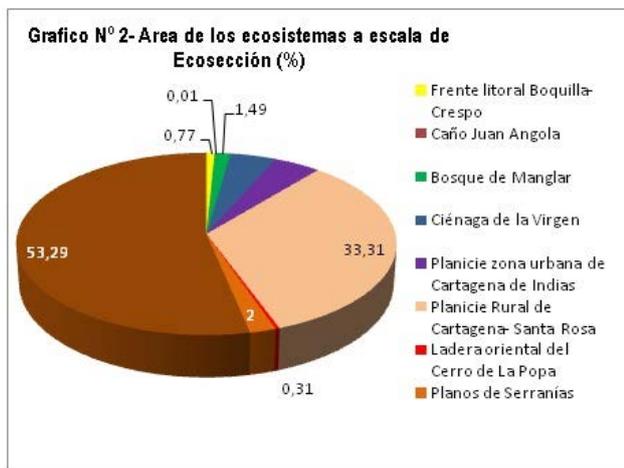


Figura 7 Áreas de los ecosistemas a escala de Ecosección.

9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ECOSISTEMAS COMO UNIDADES ECOLÓGICAS DE GESTIÓN DE LA CUENCA A ESCALA DE ECOSECCIÓN

Teniendo en cuenta el mayor nivel de detalle de las unidades ecológicas de gestión que se definen a escala de ecosección ya poyándonos en la utilización de QGIS se procede a presentar las características a mayor detalle; incluyendo soporte fotográfico y cartográfico de cada de estos ecosistemas.

10 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN- UEG SERRANÍAS MUNICIPALES

Serranías conformadas por colinas, lomas y crestones con vegetación semixerofítica y relictos de bosque que hacen parte de las municipalidades de Turbaco y Villanueva. Se realiza en ellas actividad extractora de roca caliza mediante canteras. Lugar de nacimiento de arroyos, con vegetación asociada al acuífero de Turbaco y zona de recarga de aguas. Los suelos de la zona en general se encuentran constituidos litológicamente por arcillolitas. Aunque hacia la zona colinada de Turbaco los suelos son característicos del relieve de lomas y crestones con litología conformada de calizas, con laderas largas y rectas y desde el punto de vista morfo dinámico modelado por escurrimiento difuso. Los suelos son de textura fina y bien drenados, con altos carbonatos y alta saturación de bases. La fertilidad de estos suelos es alta.

11 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN – UEG PLANOS DE SERRANÍAS

Área de planos ondulados correspondientes a la Municipalidad de Turbaco en la parte sur de la cuenca y a

la Cuchilla de Canalete en zona correspondiente al corregimiento de Bayunca, en la parte norte de la cuenca. Precisamente parte del núcleo urbano de Turbaco se localiza en esta área de la serranía alta de las colinas que marcan la divisoria de la cuenca como unidad de análisis. Esta área urbana ha venido incrementándose.

12 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN- UEG LADERA ORIENTAL DEL CERRO DE LA POPA

Zona oriental del Cerro de la Popa, antiguamente llamado Cerro de la Galera que vierte hacia la Ciénaga de la Virgen en dirección oeste-este. La altimetría es de aproximadamente 150 metros sobre el nivel del mar, con relictos de Bosque ripario en la zona alta y fuertemente antropizado por la presencia de asentamientos populares de las barriadas de San Bernardo y San Francisco. Se presentan fenómenos de remoción de masa debido a la pérdida de la cubierta vegetal en la zona de ubicación de viviendas subnormales en sus laderas.

Tabla 4 Resumen jerarquizado de ecosistemas presentes en la Cuenca Ciénaga de la Virgen según órdenes escalares seleccionados.

Área de estudio	Ecosistemas a escala de Ecodistritos (Área en Km²)	Ecosistemas a escala de Ecosecciones (Área en Km²)	Municipalidad involucrada
Cuenca Ciénaga de la Virgen (520.36 Km²)	1 Cuerpos de agua y litoral costero (34.448 Km²) 6.62 %	1.1 Frente litoral Boquilla-Crespo (4.018 Km²) 0.77 %	Cartagena de Indias
		1.2 Caño Juan Angola (9.99 Ha ó 0.099 Km²) 0.01 %	Cartagena de Indias
		1.3 Bosque de Manglar (7.761 Km²) 1.49 %	Cartagena de Indias
		1.4 Ciénaga de la Virgen (22.57 Km²) 4.33 %	Cartagena de Indias
	2 Tierras de planicies (196.481 Km²) 37.75 %	2.1 Planicie zona urbana de Cartagena de Indias (23.112 Km²) 4.44 %	Cartagena de Indias
		2.2 Planicie Rural de Cartagena- Santa Rosa (173.369 Km²) 33.31 %	Cartagena de Indias (Bayunca) Santa Rosa de Lima
	3 Serranías y Colinas (289.43 Km²) 55.62 %	3.1 Ladera oriental del Cerro de la Popa (1.845 Km²) 0.31 %	Cartagena de Indias
		3.2 Planos de Serranías (10.456 Km²) 2.00 %	Cartagena de Indias (Canalete) Turbaco
		3.3 Serranías Municipales (277.329 Km²) 53.29 %	Turbaco Villanueva Clemencia

A continuación se presenta el desarrollo cartográfico del ecosistema que define la UEG Ladera Oriental Cerro de la Popa, así como los cauces de arroyos invernales que descienden del mismo algunos se dirigen hacia el Caño Juan Angola y otros directamente vierten a la Ciénaga de la Virgen.

13 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN- UEG PLANICIE RURAL DE CARTAGENA- SANTA ROSA

Se encuentra surcada por los cauces de las subcuencas de los arroyos Mesa, Tabacal, Hormiga y Chiricoco;

correspondiente a la jurisdicción rural del Municipio de Santa Rosa y el Distrito de Cartagena de Indias. El área presenta glacis de acumulación en la zona de Santa Rosa y un relieve característico plano a ligeramente plano; los glacis están formados por sedimentos aluviales, corresponde a un relieve plano ondulado. La llanura presenta especies vegetales propias de zonas secas. Este territorio corresponde a la unidad contigua del ecosistema de serranías municipales; en esta planicie además del cauce medio y bajo de los principales arroyos de la cuenca, en ella están asentadas las poblaciones de Bayunca (Corregimiento de Cartagena de Indias), la mayor parte de la municipalidad de Santa Rosa de Lima y las zonas adyacentes a la carretera de la Cordialidad que une a Cartagena con la ciudad caribeña de Barranquilla.

Esta Unidad de Gestión corresponde a un agroecosistema dado que es un territorio influenciado por actividades humanas para el aprovechamiento ganadero y agrícola. Encontramos cultivos de frutales, yuca (*Manihot sculenta*), ñame (*dioscorea*) entre otros, así como pastos para la cría de ganado bovino.



Figura 8 Serranías Municipales.
Fuente: E Torregroza Fuentes.

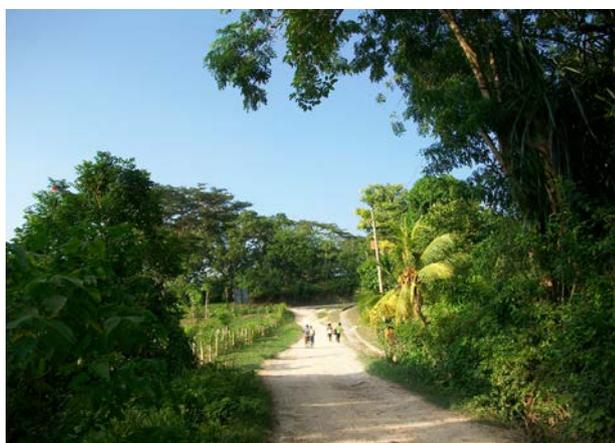


Figura 9 Aspecto del Municipio de Turbaco - UEG Planos de Serranía Camino sector las Tres María (Turbaco) que conecta a la Carretera Troncal de occidente. UEG Planos de Serranía. Fotografía tomada por Torregroza Fuentes.



Figura 10 Aspecto Cerro de la Popa Ladera Oriental.
Fuente: E Torregroza Fuentes.
Ladera Oriental del Cerro desde la Piedra de Bolívar.

14 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN- UEG PLANICIE ZONA URBANA DE CARTAGENA DE INDIAS

Es una zona fuertemente antropizada al dar sustento al núcleo urbano de Cartagena de Indias, se corresponde con las áreas de drenaje urbano de la ciudad, y las subcuencas de los arroyos Matute y Tomatal. La vegetación es de territorios fuertemente antropizados donde destacan *Crescentia cujete* (Totumo) y *Prosopis juliflora* (Trupillo). Durante la época de lluvias es frecuente el desborde de los arroyos y la inundación repentina de las barriadas populares cercanas a la desembocadura de los arroyos.

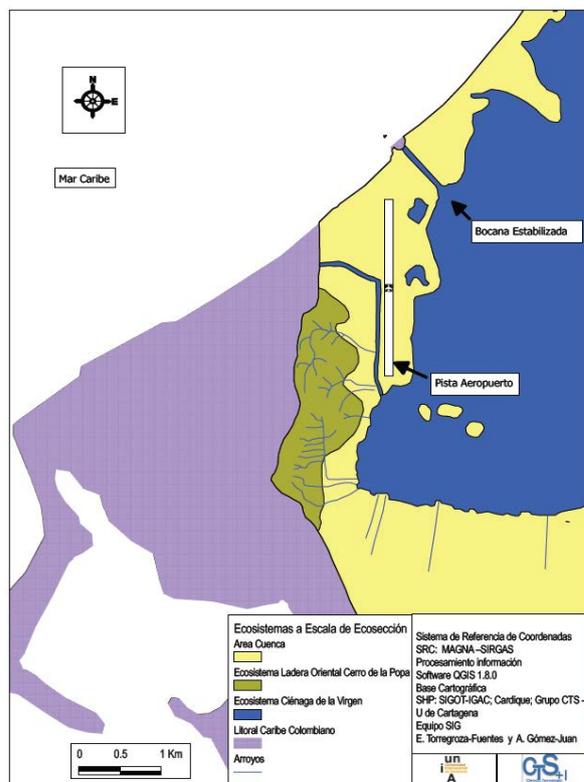


Figura 11 Ecosistema Ladera Oriental Cerro de la Popa.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 Características de los ecosistemas a escala de Ecosección delimitados para el área de estudio.

N°	Denominación de los ecosistemas a escala de Ecosección	Rasgos esenciales y Características de los ecosistemas
1.1	Serranías Municipales	Ecosistema que ocupa un área de 277,32 Km ² . Se define por el seriado de colinas y cerros que determinan la divisoria de aguas de la cuenca; extendiéndose en forma de herradura desde el norte, este y sur en el cual se destacan la Loma de “El Cope”, los cerros Cucunda, Mendocita, el Peligro, Loma Grande, Loma lata y Coloncito. El clima se tipifica como Cálido seco y precipitación en la franja entre 1001-1500 mm/año. Presencia de Bosque Ripario y parche de Bosque nativo.
1.2	Planos de Serranías	Ecosistema que ocupa un área de 10,456 Km ² . Se define por formas de relieve plano ondulado, en áreas ecodistritales de Serranías y Colinas, en el norte (Canalete) y sur (Turbaco) de la Cuenca. Clima Cálido Seco. El área urbana de Turbaco se ha venido incrementando.
1.3	Ladera oriental del Cerro de la Popa	Ecosistema que ocupa un área de 1,64 Km ² . Hace parte del sistema ecodistrital de serranías y colinas. Elevación de 150 metros de altura en la zona urbana de la ciudad de Cartagena, fuerte presión antrópica de población marginal. Laderas con procesos de remoción de masa, pérdida de capa vegetal por acciones deforestación.
2.1	Planicie Rural de Cartagena-Santa Rosa	Ecosistema que ocupa un área de 173,36 Km ² . Se define por la planicie comprendida entre las áreas rurales de Cartagena de Indias y el Municipio de Santa Rosa. El clima se tipifica como Cálido Seco. Vegetación de carácter semixerofítica, cultivos de frutales en la zona de Santa Rosa y pastos para ganadería. Esta unidad de gestión se corresponde a un agroecosistema. Es recorrido por el cauce de subcuencas de los arroyos Mesa, Tabacal, Hormiga y Chiricoco.
2.2	Planicie zona urbana de Cartagena de Indias	Ecosistema que ocupa un área de 25,03 Km ² . Se define por la zona de drenaje urbano y el cauce en planicie de los arroyos Matute y Tomatal, provenientes de las Serranías municipales de Turbaco. Un área fuertemente antropizada correspondiente a núcleo urbano de Cartagena de Indias, con fuerte presión sobre el humedal Ciénaga de la Virgen. Esta Unidad de Gestión corresponde a un Ecosistema Urbano. La vegetación es xerofítica caracterizada por <i>Prosopisjuliflora</i> y <i>Crescentiacujete</i>
3.1	Ciénaga de la Virgen	Ecosistema que ocupa un área de 22,57 Km ² . Se define por el humedal situado en el extremo oeste de la cuenca. El clima se tipifica cálido muy seco. En este cuerpo de agua vierten los arroyos que nacen en las Serranías municipales y el drenaje urbano de Cartagena de Indias. Como unidad de gestión es un área clave del sistema, actualmente existe sobre el humedal y el área aledaña la figura de Parque Distrital Ciénaga de la Virgen.
3.2	Bosque de Manglar	Ecosistema que ocupa un área de 7,761 Km ² . Se define por la vegetación de naturaleza haloxihidrófila del tipo <i>Rhizophora mangle</i> , <i>Avicenniagerminans</i> y <i>Lagunculariaracemosa</i> . Se ubica en la zona de clima cálido muy seco. La vegetación imperante la definen condiciones estuarinas de la planicie costera.
3.3	Caño Juan Angola	Ecosistema que ocupa un área 9,991 Ha. Hace parte de los cuerpos de aguas interiores que conectan la Ciénaga con la Bahía de Cartagena. Su ubicación se corresponde con el clima cálido muy seco, encontrándose algo de vegetación de manglar fundamentalmente <i>Rhizophora mangle</i> .
3.4	Frente litoral Boquilla-Crespo	Ecosistema que ocupa un área de 4,018 Km ² . Está definido por Franja litoral de la cuenca frente al Mar Caribe, de clima cálido muy seco. Vegetación edafófila de naturaleza Psammofila, donde destacan <i>Coccolobauvifera</i> y <i>Coccolobauvifera</i> . La zona de la boquilla es un corregimiento donde tradicionalmente habitaban pescadores afrodescendientes. Hay fuerte presión del urbanismo y el turismo hotelero de “sol y playa”

15 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN- UEG CIÉNAGA DE LA VIRGEN

El humedal Ciénaga de la Virgen se considera una laguna costera del tipo estuarino que según su origen, evolución geomorfológica y características ambientales corresponde al tipo de laguna con barra arenosa litoral en llanura costera [9]. Se encuentra ubicada al este del cordón litoral que corresponde al Frente litoral Boquilla-Crespo.

La Ciénaga del Virgen tiene un área aproximada de 22,5 Km² con una profundidad promedio de 1.1 m y los fondos están cubiertos principalmente por lodo terrígeno fino. El humedal se encuentra enmarcado por una franja de vegetación que corresponde al ecosistema de bosques de manglar que le rodea. Además la ciénaga constituye en sí misma un ambiente de interés ecológico ya que hace parte de la interfase continente- océano. (Ver Figura 14).

La Ciénaga se comunica de forma natural con el Mar Caribe por la zona de la Boquilla, siendo una zona de intercambio de aguas restringido ya que la diferencia de marea en este punto es de tan solo 0,25 m entre marea alta y marea baja. De otra parte, esta boca natural se abre solo en épocas de lluvia hacia los meses de Agosto y Septiembre, cerrándose en la época seca entre Febrero - Marzo. En la actualidad también se cuenta con la denominada Bocana estabilizada, localizada al norte del aeropuerto Rafael Núñez, obra financiada por cooperación internacional que permite el intercambio de aguas de la Ciénaga con el Mar Caribe, mediante un sistema de esclusas y un dique direccional que se extiende 3300 m dentro de la Ciénaga.

El borde oriental de la Ciénaga es una zona de humedales y manglares que colinda con la denominada zona agrícola rural del Distrito de Cartagena de Indias,

hacia la zona Sur se presenta el punto de mayor presión urbana, se reporta que históricamente este era un área inundable y de salitres, hacia el sur occidente de la Ciénaga encontramos la Pista del Aeropuerto Internacional Rafael Núñez y el Cerro de la Popa. El borde occidental de la ciénaga corresponde a una barra de arena cuyo ancho oscila entre los 400 a 800 metros que la separa del mar Caribe, en esta barra de arena se encuentra ubicado el corregimiento de La Boquilla. Hacia la parte norte el humedal toma el nombre de “Juan Polo” en recuerdo de un famoso pescador boquillero fallecido en esa zona.



Figura 12 Santa Rosa - Sector El Pital en la Planicie Rural.
Fuente: E. Torregroza Fuentes.



Figura 13 Canal San Pedro y Canal Arroyo El Pozón Drenaje Urbano en la Planicie Zona Urbana Distrito de Cartagena.
Fuente: E. Torregroza Fuentes.

16 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN - UEG BOSQUE DE MANGLAR

Inicialmente se debe tener presente que la importancia de los bosques de manglar está ampliamente documentada al atribuírsele un papel fundamental en la protección de la línea de costa, prevención de inundaciones, mantenimiento de la calidad del agua y barreras ante huracanes; además de su significativo aporte como zonas de alimentación, crecimiento de crustáceos y otras especies de fauna silvestre [10]. Como se evidencia para el caso Cuenca Ciénaga de la Virgen el bosque de manglar es un tipo de vegetación propia de las planicies costeras. La vegetación característica de este tipo de ecosistemas es de naturaleza haloxihidrofílica del tipo *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle negro o prieto) y *Laguncularia racemosa* (mangle blanco o bobo).

Este ecosistema sufre el impacto de la construcción de la red vial que al paso de esta zona, a la altura del corregimiento de la Boquilla, la denominan Anillo Vial; así como también la construcción de infraestructura

hotelera con centro de convenciones incluido y levantamientos tuguriales en diversos puntos con eliminación de la vegetación de este bosque, tala excesiva y actividades de acuicultura (cultivo de sábalos por ejemplo).

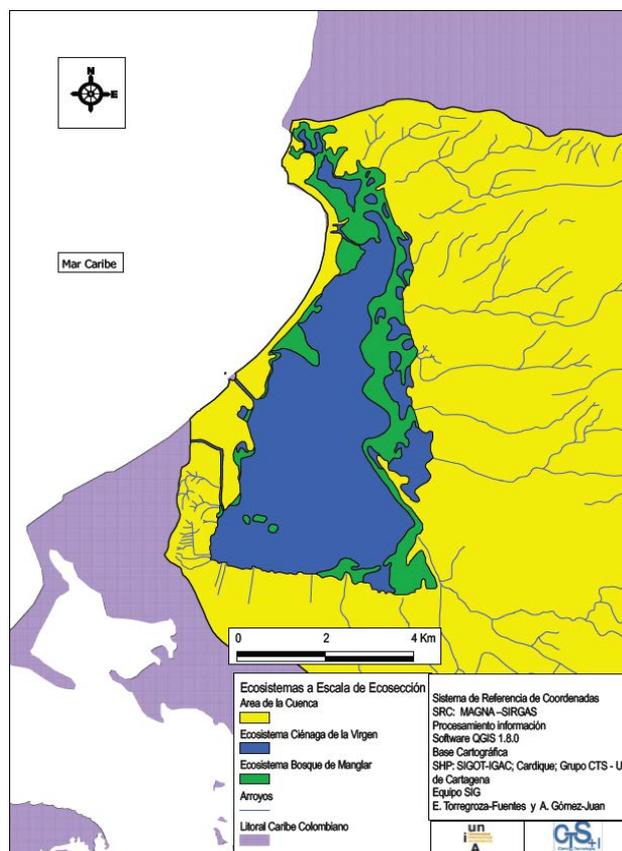


Figura 14 Ecosistema Ciénaga de la Virgen y el Ecosistema Bosque de Manglar.



Figura 15 Ciénaga de la Virgen desde la ladera oriental del Cerro de la Popa.
Fuente: Semillero de Investigación CTS.

17 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN - UEG CAÑO JUAN ANGOLA

Hace parte de los caños interiores del perímetro urbano del Distrito Cartagena de Indias, presenta un sector paralelo a la Pista del Aeropuerto Rafael Núñez de

Cartagena, en un punto actualmente cercano al inicio de la Vía Perimetral. (Ver Figura 17).

El caño conecta la Laguna de “El Cabrero” con la Ciénaga de la Virgen. En la época de la colonia fue utilizado como vía para el transporte de materiales fundamentalmente de piedras para la construcción de las murallas que rodean el centro histórico de la ciudad. En la actualidad en sus márgenes se encuentran los barrios de El Cabrero, Marbella, Torices, Canapote, Crespo, Crespito, Daniel Lamaitre, una parte del Barrio La María, Siete de Agosto y finalmente el Barrio San Francisco. El tramo de incidencia en la cuenca recorre los seis (6) últimos barrios mencionados, es decir a partir del Barrio Crespo hasta San Francisco (sector la Pista).

El cauce antiguo que llevaba a la Ciénaga fue cambiado para dar paso precisamente a la construcción de la Pista del Aeropuerto Rafael Núñez de Cartagena, quedando un canal paralelo a esta ya que por razones de seguridad se cerró una conexión directa mínima que pasada mediante tubos por la parte inferior de la pista. El caño en general ha reducido mucho su profundidad y su cauce original en cercanías a la Ciénaga por causa de la sedimentación, la disposición inadecuada de basuras y otros desechos lo que dificulta la navegación por su cauce.

La acción de los pobladores de estos asentamientos ha incidido en la deforestación de los bosques de manglar y en el relleno de sectores bajo diversos pretextos para “generación de suelos” en muchas ocasiones para incorporar esa “recuperación de terreno” al negocio inmobiliario, muy lucrativo en esta zona de la ciudad.

También es importante indicar que se considera un cuerpo de agua fuertemente contaminado y conecta las aguas de la Ciénaga con la Bahía de Cartagena según el flujo de mareas. En sus orillas se encuentra vegetación del tipo bosque de manglar aunque muy afectados en la zona de la pista del aeropuerto y en el asentamiento urbano basados en pretextos de mayor seguridad, visualización de vivienda o fobia a este tipo de vegetación. La longitud total del caño es de aproximadamente 5 kilómetros de largo, su navegabilidad esta disminuida por fenómenos de sedimentación.



Figura 16 Bosque de Manglar.
Fotografía: Edilbert Torregroza Fuentes.

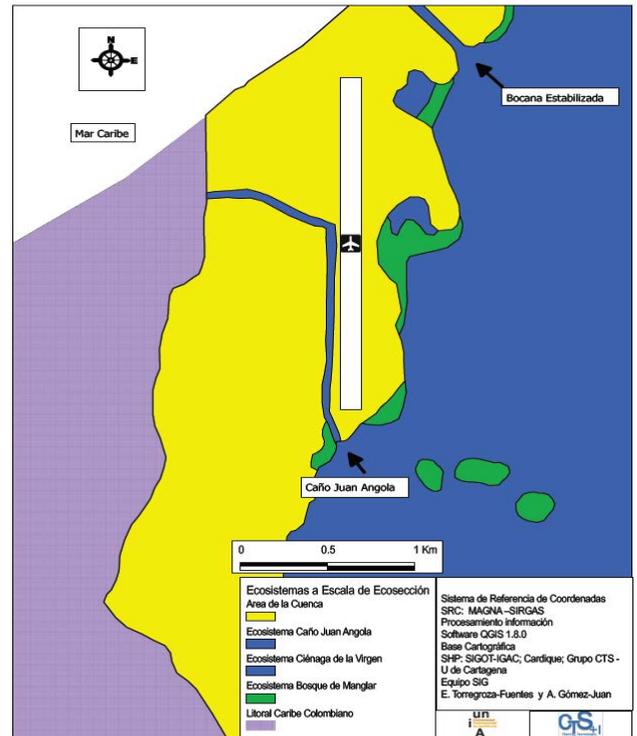


Figura 17 Ecosistema Caño Juan Angola y ecosistemas aledaños a escala de Ecosección.



Figura 18 Vista aérea del Caño Juan Angola a su salida a la Ciénaga (Canal Paralelo a la Pista) y surcando el Puente de Crespo.
Fuente: Alejandro Villareal Gómez.

18 UNIDAD ECOLÓGICA DE GESTIÓN - UEG FRENTE LITORAL BOQUILLA-CRESPO

Esta unidad corresponde al cordón litoral arenoso que se encuentra influenciado directamente por el Mar Caribe. Se localiza hacia el borde occidental de la ciénaga y corresponde a una barra de arena cuyo ancho oscila entre los 400 a 800 metros que la separa del mar Caribe, en esta barra de arena se encuentra ubicado el corregimiento de La Boquilla, Figura 19.

El cordón litoral de la boquilla constituye una barrera natural ante la energía que proviene de las olas del mar Caribe. Se caracteriza por una zona de playas que hace parte de la oferta turística del distrito del Cartagena de Indias, por lo que los habitantes afrodescendientes del Corregimiento de la Boquilla se encuentran vinculados tanto a las faenas de pesca como a la actividad económica derivada del turismo. Los servicios ecosistémicos

derivados de las playas son un aspecto importante a considerar dentro de la valoración de los beneficios obtenidos de este ecosistema. Las actividades y usos que se soportan por este ecosistema son las siguientes:

1. Aeropuerto Internacional “Rafael Núñez” (Pista y Muelle aéreo)
2. Vía de tráfico interdepartamental: Anillo Vial conexión Cartagena-Barranquilla
3. Playa natural Corregimiento de la Boquilla
4. Explotación del turismo de sol y playa
5. Actividades de ocio y recreación
6. Urbanismo acelerado Barrio Crespo y Corregimiento de la Boquilla
7. Desarrollo Hotelero : Hotel las Américas y otros
8. Área costera de pesca desarrollada por habitantes afro descendientes de la Boquilla
9. Bocana estabilizada: obra de intercambio de agua entre mar Caribe y Ciénaga
10. Obras de defensa costera en Crespo y la Bocana : espolones
11. Ecoturismo
12. Instalaciones deportivas Cancha de Softbol en la Boquilla
13. Tugurios y Urbanismo ilegal en la zona de Boquillita y Marlinda
14. Cría de porcinos (cerdos)
15. Enramadas de esparcimiento
16. Institución educativa Técnica de la boquilla y otras escuelas
17. Vertido ilegal de residuos al mar
18. Comercialización de artesanías elaboradas con materiales del área
19. Venta de frutas de vegetación Psammofila tipo Coco (*Cocus nucifera*)
20. Bailaderos y zonas de fiestas de verano

Su vegetación es psammófila caracterizada por especies vegetales tales como *Coccus nucifera* (cocotero) y *coccoloba uvifera* (uvita de playa). La característica arenosa le confiere a sus suelos un buen nivel de drenaje, con presencia de gravas que conforman una barrera de poca altura. La zona se encuentra sometida al efecto de las mareas y al oleaje del Mar Caribe.

A la altura del Corregimiento de la Boquilla se encuentra la denomina “boca natural” que comunica periódicamente en ciertas épocas del año las aguas del humedal Ciénaga de la Virgen en su parte norte con las aguas del Mar Caribe. En la zona sur en inmediaciones del Barrio Crespo y cercana a la Pista de aterrizaje del Aeropuerto se encuentra localizada la Bocana estabilizada, abertura artificial de comunicación entre Mar y Ciénaga que funciona por el mecanismo de mareas. En la actualidad se presenta una fuerte presión del turismo hotelero de sol y playa que viene transformando con grandes edificaciones la tradición de pueblo de pescadores del asentamiento de afrodescendientes que se localiza en el Corregimiento de la Boquilla.

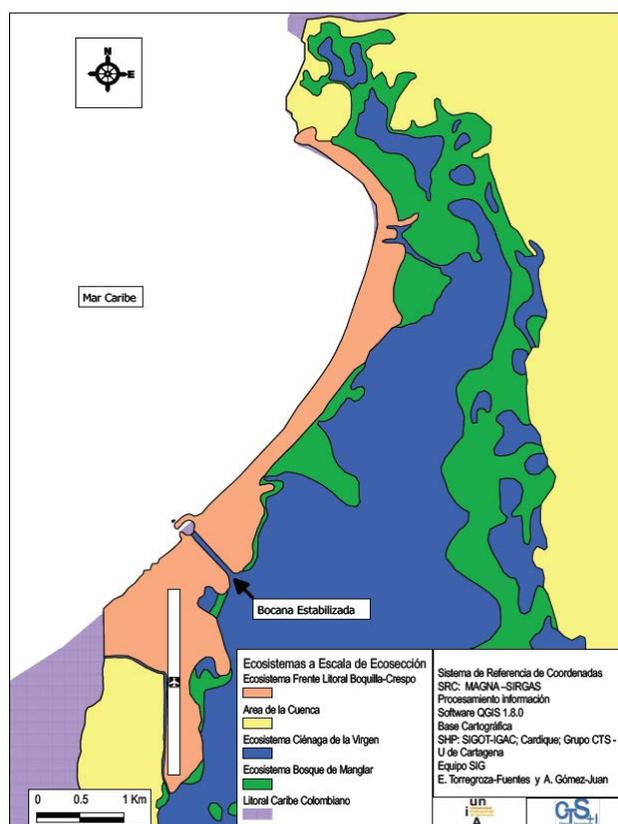


Figura 19 Localización de la UEG Frente Litoral Boquilla – Crespo.

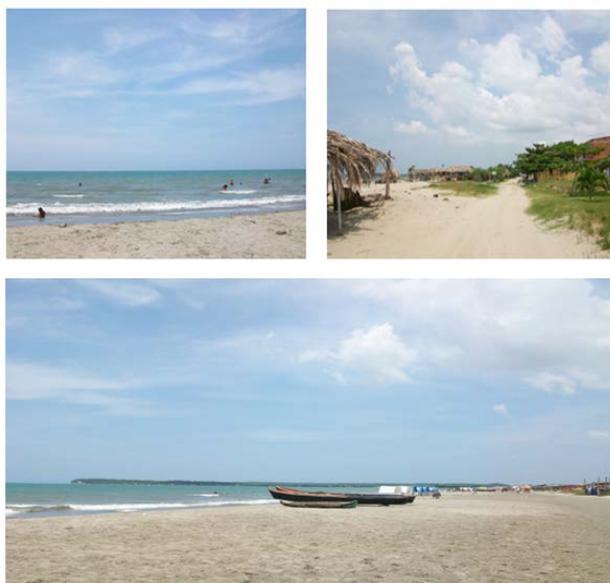


Figura 20 Área costera Corregimiento de La Boquilla. Frente Litoral Costero Boquilla-Crespo. Fotografía: E Torregroza Fuentes.

19 ASPECTOS RELEVANTES A NIVEL DE CONCLUSIONES DEL PROCESO DE REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA Y LA APLICACIÓN DE QGIS

El software de código libre Quantum GIS (QGIS) se evidencio como una herramienta amigable al llevar a

cabo su aplicación en el proceso de regionalización ecológica para el caso Cuenca Ciénaga de la Virgen en Cartagena de Indias (Colombia).

El enfoque metodológico que incluyo como un aspecto fundamental la utilización del SIG Quantum GIS posibilitó la definición de ecosistemas a dos (2) niveles de resolución escalar: ecosistemas a nivel de ecodistrito y ecosistemas a nivel de ecosección acorde con el procedimiento propuesto por Borja y colaboradores tendiente a definir Unidades Ecológicas de [8].

La determinación de las relaciones de interdependencia evidenciadas cartográficamente a través de QGIS, que se presentan entre los ecosistemas identificados y caracterizados guardan relación con la disposición general del territorio y las actuales dinámicas de poblamiento y uso del suelo, sobre todo en la planicie urbana de Cartagena de Indias y en el fenómeno de intensificación de construcciones y condominios en el Frente Litoral Costero Boquilla-Crespo.

Podemos considerar que la disposición espacial de los ecosistemas en la Cuenca Ciénaga de la Virgen, independientemente del orden escalar seleccionado, está influenciada por patrones vectoriales atendiendo a interconexiones según el modo dominante de circulación del agua superficial y subterránea (Ver modelo de flujo hidrológico y geomorfológico – Figura 21). Siendo evidente que para el caso de la cuenca objeto de estudio se presenta un flujo de agua que conecta las zonas altas con las zonas bajas (Serranías Municipales con Planicies urbanas y Rurales) y esta misma tipificación de estructura vectorial también es válida para el caso puntual característico que encontramos representado en la ladera oriental del Cerro de la Popa, con incidencia en la cuenca, en la cual también se presenta un patrón vectorial de conexión entre la parte alta de su ladera y la parte baja.

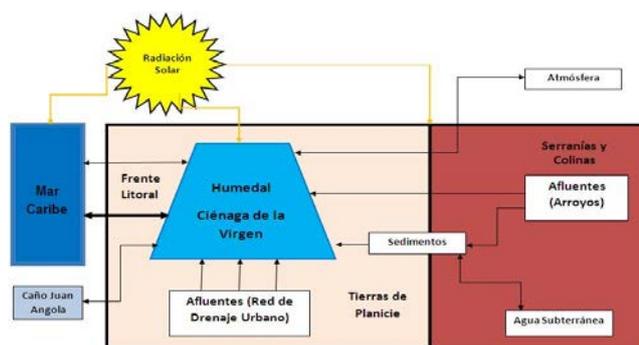


Figura 21 Modelo integral representativo del flujo hidrológico y geomorfológico presente en la Cuenca Ciénaga de la Virgen.

De otra parte, la aplicación de la metodología para la regionalización ecológica aplicando QGIS permite contar con una base interpretativa a nivel de componentes naturales que luego podemos valorar, en términos de

estado de los mismos y capacidad para suministro de servicios ecosistémicos a la trama social, para una adecuada gestión de este territorio para su sostenibilidad.

En ese mismo sentido, la definición de UEG para el territorio objeto de estudio constituye un aporte hacia la estructuración cierta de unidades básicas para la gestión ambiental a diferentes órdenes escalares. Para el presente caso concreto de la Cuenca Ciénaga de la Virgen la jerarquización del territorio busca aportar elementos para mantener la sostenibilidad en cuanto a flujo de servicios ecosistémicos por parte de cada uno de los ecosistemas identificados y caracterizados.

Estas UEG se erigen como un marco comprensivo del entramado integral natural y social orientado a plantear estrategias de gestión más pertinentes y adecuadas para zonas de gran complejidad tal como el territorio definido por la Cuenca Ciénaga de la Virgen.

20 REFERENCIAS

- [1] Burrough, P. A. Principles of geographical information systems for land resources assessment. Clarendon Press (Oxford Oxfordshire and New York). Volume 12. ISBN 0198545630. Oxford University Press, 1986.
- [2] McHarg I. L. Design With Nature. 25th Anniversary edition. John Wiley & Sons, New York, 1992.
- [3] Gómez Delgado, M.; Barredo Cano, J. I. Sistemas de información geográfica y Evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. 2^a ed. Madrid, Ra-Ma, 2005.
- [4] Goodchild, M.; Haining R. Sig y análisis espacial de datos: Perspectivas convergentes. Investigaciones Regionales, No. 006. Asociación Española de Ciencia Regional. Alcalá de Henares, España, pp 175-201. Sección Panorama y Debates. 2005.
- [5] Craig, W. J.; Harris, T. M; Weiner, D. Community participation and geographic information systems. Taylor and Francis, London, 2002.
- [6] Slocombe, D. S. Environmental planning, ecosystem science, and ecosystem approaches for integrating environment and development. Environmental Management 17 (3), pp. 289–303. 1993.
- [7] White, I. D.; Mottershead, D. N.; Harrison, S. J. Environmental Systems: An introductory text. 2a ed. Chapman & Hall, Londres, 1992.
- [8] Borja, F. Regionalización Ecológica de Andalucía y Unidades Ecológicas de Gestión en el marco del Plan Director de la RENPA (Documento técnico inédito). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía. Sevilla, 2004.
- [9] Álvarez-León R.; Mendoza-Mazzeo L. A.; Vernet G. Factores de formación de las lagunas costeras del suroeste del Caribe colombiano. Acta científica venezolana. Vol. 54 (3) . Caracas, 2003.
- [10] CONABIO. Los manglares de México: estado actual y establecimiento de un programa de monitoreo a largo plazo: 1ra. Etapa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F., 2007.