UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

INSTITUTO DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN IMPACTO AMBIENTAL

TESIS DE MAESTRÍA

LAS NORMAS PARA LA ZONIFICACIÓN POR MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS COMO INSTRUMENTO DEL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE

Arq. GUILLERMO ANÍBAL ARGUELLO SANTOS

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

INSTITUTO DE POSTGRADO

Maestría en Impacto Ambiental

TESIS DE MAESTRIA

"LAS NORMAS PARA LA ZONIFICACIÓN POR MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS COMO INSTRUMENTO DEL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE"

Autor

Arq. Guillermo Argüello Santos

Tutor

Arq. Msc. Felipe Espinoza Ordoñez

Octubre del 2009

“LAS NORMAS PARA LA ZONIFICACIÓN POR MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS COMO INSTRUMENTO DEL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE”

PALABRAS CLAVES

USO DEL TERRITORIO/ ZONIFICACION / ORDENAMIENTO TERRITORIAL Y URBANO / GESTION AMBIENTAL / CUENCA HIDROGRAFICA / SOSTENIBILIDAD

RESUMEN

El estudio se realiza en las microcuencas 13 y 14 ubicadas en una estrecha franja de tierra delimitada por la Cordillera Chongón y el estuario, que forman parte del sistema bosque seco tropical de Guayaquil. La cordillera y las microcuencas han sido fuertemente afectados por procesos de deforestación, de explotación de canteras, de construcción de infraestructuras viales y procesos de urbanización.

Se han incorporado tres dimensiones analíticas y conceptuales: a) una hidrográfica, que reclama una definición unitaria de los cauces, la gestión de los suelos colindantes a los cauces y el ordenamiento de las escorrentías; b) otra ecológica, que fundamentada en Odum, adopta las nociones de sucesión, máxima variedad y compartimentación de los ecosistemas en entornos; y, c) de gestión urbanística y de riesgos asociados a la explotación de canteras.

El estudio ha incluído, a manera de análisis comparativo, sendos “estudios de casos”.

Se propone un modelo normativo para el ordenamiento urbano sostenible, tomando como base el territorio definido por una cuenca hidrográfica. La propuesta incluye un modelo de clasificación del suelo y de planeación de usos del suelo; parámetros generales para una normativa de parcelaciones, desarrollos urbanísticos y edificaciones que proteja los cauces; y, medidas de prevención y mitigación aplicables a eventuales flujos catastróficos.

AGRADECIMIENTOS

Dedico este trabajo a Dios, a Julio y a Raquel, por haberme conducido en la búsqueda del conocimiento. A Nancy, Vanessa y Romina, por haber compartido tiempos de familia para elaborar este documento.

Especiales agradecimientos a Felipe Espinoza Ordoñez, tutor del trabajo, y al equipo de cartografía de la Dirección de Ordenamiento e Infraestructura Territorial de la Municipalidad de Guayaquil, particularmente a Darwin Villena.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

AGRADECIMIENTOS

CAPITULO I 1
PRELIMINARES 1

PREAMBULO **1**
JUSTIFICACION **2**
AMBITO **3**

CAPITULO II 5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 5
Y MARCO CONCEPTUAL 5

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **5**
GESTIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL URBANA: ECOLOGÍA, HIDROLOGIA Y GESTIÓN DE RIESGOS. **8**

CAPITULO III 25
METODOLOGIA 25

HIPOTESIS **25**
VARIABLES E INDICADORES **25**
OBJETIVOS **26**
ALCANCES METODOLOGICOS. **26**
1. Funcionamiento de un sistema hidrográfico. 27
2. Estado y crecimiento de un ecosistema hidrográfico. 39
3. Modelo normativo y de gestion ambiental territorial. 52

CAPITULO IV 55
MARCO LEGAL 55

CONSTITUCION POLITICA DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR **55**
LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (LPCCA). **56**
LEY ORGANICA DE REGIMEN MUNICIPAL **58**

ORDENANZA DEL PLAN REGULADOR DE DESARROLLO URBANO DE GUAYAQUIL **58**
ORDENANZAS DE PARCELACIONES Y URBANIZACIONES, Y DE EDIFICACIONES Y CONSTRUCCIONES. **60**
REGULACIÓN MUNICIPAL DE LA ACTIVIDAD MINERA. **63**
NORMATIVA MUNICIPAL Y GESTIÓN DE ÁREAS VERDES... **64**

CAPITULO V..... 65
RESULTADOS DEL ANALISIS TERRITORIAL 65
CONDICIONES EXISTENTES **65**
1. CONDICIONES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO. 65
2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MICROCUENCAS 13 Y 14. 66
3. ESTADO Y CRECIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE LAS MICROCUENCAS 13 Y 14. 79
MODELACION **99**
VALORACION **103**

CAPITULO VI..... 109
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 109

REFINAMIENTO DE OBJETIVOS **109**
MODELO NORMATIVO PARA EL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE **111**
1. Planeación del Uso del Territorio: Clasificación del Suelo y Planeación de Usos del Suelo. 111
2. Modelo de clasificación del suelo y de planeación de usos del suelo. 112
3. Clasificación del Suelo y Planeamiento de Usos del suelo de las Microcuencas 13 y 14. 114
PROPUESTA DE NORMATIVA URBANISTICA APLICABLE. **136**
1. Parcelaciones y Desarrollos Urbanísticos. 136
2. Edificaciones y Construcciones. 139
MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION APLICABLES A EVENTUALES FLUJOS CATASTROFICOS. **143**
1. Condiciones para una explotación minera racionalizada. 143
2. Medidas preventivas, de restauración de cauces, y estructuras de prevención y mitigación de torrentes catastróficos. 144
ESTUDIOS ADICIONALES SUGERIDOS **152**

BIBLIOGRAFIA
ANEXOS FOTOGRAFICOS

TABLA DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1. Ciclo del Agua 18
Gráfico No. 2. Microcuencas hidrográficas 13 y 14 66
Gráfico No. 3. Microcuencas 13 y 14 Coberturas y usos del suelo 70
Gráfico No. 4. Flujos de escombros en la vía Guayaquil Salinas 79
Gráfico No. 5. Microcuencas 13 y 4. Hidrografía 80
Gráfico No. 6. Microcuencas 13 y 14. Pendientes 81
Gráfico No. 7. Microcuencas 13 y 14. Coberturas 81
Gráfico No. 8. Microcuencas 13 y 14. Unidades de Paisaje 82
Gráfico No. 9. Fragmentación del bosque en las microcuencas 13 y 14 84
Gráfico No. 10. Microcuencas 13 y 14. Zonas de Inundación 90
Gráfico No. 11. Microcuencas 13 y 14. Zonas de Riesgo 92
Gráfico No. 12. PER de las microcuencas 13 y 14, Jerarquía Causal . 108
Gráfico No. 13. Clasificación del Suelo y Planeación de Usos del Suelo 112
Gráfico No. 14. Esquema para la Evaluación del Riesgo Ecológico 113
Gráfico No. 15. Esquema de Incorporación de Mejores Prácticas de Manejo en la Generación de Alternativas 114
Gráfico No. 16. Microcuencas 13 y 14. Mapeo de suelos: características fisiográficas 117
Gráfico No. 17. Microcuencas 13 y 14, Suelos urbanizados, urbanizables y no urbanizables 121
Gráfico No. 18. MODELOS DE ESTRUCTURA INTRAURBANA 123
Gráfico No. 19. Ordenamiento Físico Espacial de Guayaquil 124
Gráfico No. 20. Zona de planificación F 126
Gráfico No. 21. Microcuencas 13 y 14. Atributos urbanísticos 127
Gráfico No. 22. Microcuencas 13 y 14. Asignación de usos del suelo. . 132
Gráfico No. 23. Microcuencas 13 y 14. Asignación de usos del suelo .. 133
Gráfico No. 24. Trayectoria de un Contaminante 140
Gráfico No. 25. Esquema de un trincho 150
Gráfico No. 26. Curitiba: Corredores Estructurales
Gráfico No. 27. Porto Alegre: Evolución de La Red Vial.
Gráfico No. 28. Porto Alegre: Estructura Urbana
Gráfico No. 29. Barcelona: Mosaico Territorial
Gráfico No. 30. Barcelona: La Red Esmeralda

TABLA DE CUADROS

Cuadro No. 1. GRADO DE EROSIONABILIDAD (Gr) 21
Cuadro No. 2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA POR TIPO DE COBERTURA.....28
Cuadro No. 3. VALORES DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA SEGUN TIPOS DE AREAS DE DRENAJE 29
Cuadro No. 4. Clasificación jerárquica de ecosistemas según escalas espaciales 40
Cuadro No. 5. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 13. 1997 69
Cuadro No. 6. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 13. 2007 69
Cuadro No. 7. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 14. 1997 70
Cuadro No. 8. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 14. 2007 70
Cuadro No. 9. Q de microcuenca 13 71
Cuadro No. 10. Q de microcuenca 14 71
Cuadro No. 11. Indice de compacidad y probabilidad de crecida.....72
Cuadro No. 12. Parámetros fitosociológicos de las especies arboreas en un sector de Cerro Azul.....86
Cuadro No. 13. Bosque El Paraiso. Arboles por categorias diaméticas y subsectores.....87
Cuadro No. 14. Bosque El Paraíso. Valores absolutos y relativos de árboles por categorías diamétricas 87
Cuadro No. 15. Microcuenca 13, secciones de salida.....89
Cuadro No. 16. Microcuenca 14, secciones de salida.....89
Cuadro No. 17. Clases de calidad de agua al cabo del programa de la intercepción.....99
Cuadro No. 18. PER, Dimensión hidrológica.....100
Cuadro No. 19. PER, Dimensión ecológica.....101
Cuadro No. 20. PER, Gestión del riesgo 102
Cuadro No. 21. Valoración de Impactos.....105
Cuadro No. 22. Diferencias entre Ingeniería Convencional y Ecológica147

“LAS NORMAS PARA LA ZONIFICACIÓN POR MICROCUENCAS HIDROGRÁFICAS COMO INSTRUMENTO DEL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE”

CAPITULO I

PRELIMINARES

PREAMBULO

La Ley Orgánica de Régimen Municipal establece como una de las atribuciones de los gobiernos locales la planificación de su territorio. Para el efecto, declara y establece los alcances de lo que denomina Planes Reguladores de Desarrollo Urbano y Planes Reguladores de Desarrollo Físico Cantonal.

Recientemente ha incorporado importantes disposiciones relativas a la responsabilidad municipal en la conservación del medio ambiente en tanto derecho ciudadano de vivir en un entorno saludable. Sin embargo, a diferencia de la planificación urbana y cantonal, no establece los alcances de los instrumentos que podrían garantizar tal conservación.[1]

Por otra parte, la Constitución Política de la República del Ecuador vigente establece normativas sustantivas respecto del ambiente y del territorio[2] que obligan a la adecuación de los cuerpos legales y normativos que regulan el ordenamiento territorial y urbanístico.

Esta investigación procurará extender los alcances de la planificación urbano cantonal, de tal forma que se constituya en un instrumento que coadyuve a la preservación del medio ambiente y propender al desarrollo urbano sostenible.

---

[1] “Los municipios y distritos metropolitanos efectuarán su planificación siguiendo los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.”

[2] Tales son las normas constantes en los Titulos IV, Participación y Organización del Poder; V, Organización Territorial del Estado; VII, Régimen del Buen Vivir.

JUSTIFICACION

Pretender que la planificación urbana es atribución sustantiva de los urbanistas constituye un enfoque reduccionista caracterizado por la noción de que tal tarea se refiere a aspectos de ornato o de la adecuada "funcionalidad" de los espacios urbanos como soporte de las actividades humanas o antrópicas, sin considerar los impactos que aquellas tengan sobre la naturaleza.

Más aún, apartándonos momentáneamente de la innegable relación del desarrollo urbano con la ecología, el desconocer que el futuro de las actividades humanas depende de la sabia utilización de los recursos no renovables, de la adecuada disposición de los residuos, de los impactos sobre las comunidades no humanas, volverá insostenible el modelo de crecimiento de nuestras ciudades.

Un enfoque sectorialista del fenómeno urbano, al diferir una acción interdisciplinar en el ordenamiento de las ciudades, da lugar a normativas y proyectos que, aún pretendiendo atender el factor ambiental, devienen en ineficaces y atentatorios con el medio.

El autor, arquitecto de profesión, dedicado las dos últimas décadas a tareas de planificación urbana, reconoce las falencias del cuerpo legal que pretende regular los usos del suelo, los procesos de parcelación y construcción, el manejo de espacios verdes y recreacionales. Pero más importante que aquello, reconoce las limitaciones de la formación profesional y del instrumental técnico que fundamentan la práctica del ordenamiento urbano.

Aún en el supuesto de una sensibilización respecto de la importancia del aspecto ambiental, del reconocimiento de una aproximación interdisciplinar del ordenamiento urbano y territorial, es imprescindible replantear los fundamentos teóricos y los instrumentos de tal práctica, de tal forma que se posibilita las reclamadas visiones holísticas e interdisciplinares.

En tal línea el presente trabajo centra su análisis en el deterioro de las zonas de recarga hídrica. Lo indicado, no tan solo como consecuencia de las actividades humanas, sino por las falencias conceptuales y del instrumental técnico de los involucrados en el ordenamiento territorial, así como de la normativa urbanística que pretende regular las intervenciones públicas y privadas.

Tales falencias en el manejo del territorio han dado lugar a la escasa eficiencia en el uso del binomio suelo-agua, el deterioro de las fuentes de agua y la contaminación de sus áreas receptoras, que provocan una acelerada reducción de la disponibilidad de agua para usos múltiples.

Uso del suelo y uso del territorio.

Un concepto generalizado del Ordenamiento Territorial es que éste constituye "la expresión espacial de las políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad"[3]. Mas, dado que el ordenamiento tiene que ver con la asignación de usos, es menester diferenciar los alcances de dos términos que suelen considerar análogos: *uso del territorio* y *uso del suelo.* Como se verá más adelante, este esclarecimiento conceptual es fundamental en el desarrollo del presente trabajo.

La zonificación.

El Ordenamiento Territorial, a su vez, contempla fases en su desarrollo: el *análisis del territorio; la planeación;* y, *la gestión del ordenamiento.* En tales fases, un concepto e instrumento de análisis y ordenamiento que se suele utilizar es el de *zonificación.*

La zonificación, una de las herramientas fundamentales del ordenamiento urbanístico, tiene como propósito sustantivo la regulación de los usos del suelo. Han sido fundamentos alternativos de la zonificación urbanística: a) la segregación de funciones urbanas, también denominada zonificación excluyente; y, b) la zonificación por agregación de funciones compatibles.

En cualquier caso, la zonificación urbanística presupone la necesidad de asignar espacios a ciertas funciones urbanas, comunmente identificadas como: extractivas, industriales, residenciales, comerciales y de servicios, de equipamientos (bienestar general; agua, energía, comunicación y transporte).

Mas, constituye falencia común de la zonificación urbanística el centralizar su campo de actuación alrededor de la noción de ***uso del suelo****. En materia de ordenamiento ambiental territorial, es menester vincular la zonificación a la noción más amplia de* ***uso del territorio***[4]*.*

AMBITO

Microcuencas hidrográficas.

El presente documento no solo pretende contribuir al replanteamiento de sus alcances, sino de aplicar tal replanteamiento en un área específica de la denominada Zona de Planificación F de la Ciudad de Guayaquil,

[3] Conferencia Europea de Ministros Responsables del Ordenamiento Territorial. Bajo tal concepto, se suele denominarlo Ordenamiento Socio Ambiental Territorial.
[4] Ver la diferencia de tales conceptos en el siguiente capítulo

específicamente en el territorio correspondiente a las microcuencas 13 y 14.

La aplicación, a su vez, tiene dos dimensiones: una, de carácter general, asociada al manejo adecuado de dos de las microcuencas hidrográficas que descendiendo desde la cordillera Chongón Colonche desembocan en el estuario marino de Guayaquil.; otra, focalizada al riesgo derivado de flujos catastróficos de escombros, como consecuencia de la explotación no técnica de canteras.

Lo indicado en el párrafo precedente se vincula con los siguientes propósitos de este documento:

a) Proponer un procedimiento de zonificación urbana sustentable.
b) Fundamentar una nueva normativa urbanística y ambiental para la Zona de Planificación F.
c) Proponer medidas que minimicen eventuales flujos de escombros en el área de estudio.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Y MARCO CONCEPTUAL

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En términos generales, la zonificación urbanística se ha encaminado a regular las actividades humanas, o antrópicas, buscando la optimización del uso del suelo urbano para tales actividades, aún en desmedro del hábitat de otras especies o de las condiciones del ambiente. Tratando de superar este enfoque reduccionista, nos preguntamos:

¿Puede constituir una microcuenca hidrográfica una unidad básica del ordenamiento urbano sostenible?

Ordenamiento y gestión ambiental.

El denominado ordenamiento territorial pretende incluir la dimensión ambiental en tal ordenamiento. En esta perspectiva, el ordenamiento urbano y territorial debe formar parte de lo que se denomina gestión ambiental.

La gestión ambiental territorial, a su vez, se resuelve en tres dimensiones espaciales: la regional; la urbanística; y la arquitectónica. Tales dimensiones no se jerarquizan por su importancia o tamaño de su ámbito.

Se diferencian por las especificidades de su objeto de estudio.

El presente trabajo centra su enfoque en la dimensión urbana del ordenamiento territorial.

En el marco, o nivel de resolución, de esta investigación, los alcances de la gestión ambiental se limitan a la determinación de normativas relativas a:

a) la planificación del uso del territorio; b) la utilización de áreas libres, verdes y recreacionales; c) la asignación urbanística de usos del suelo; d) la regulación de la edificación y de la construcción.

Ordenamiento y sistemas.

El enfoque de sistemas, tal como lo hace la biología, sostiene que la realidad está organizada en niveles, cada uno más complejo que el anterior. Las propiedades de cada nivel "emergen" de la *interacción* de sus componentes y no de las propiedades de éstos. No se explican los sistemas de orden superior por las propiedades de los sistemas de orden inferior.

Un modelo adecuado de gestión del territorio requiere una identificación de sus ecosistemas y su dimensionamiento en un espacio geográfico concreto.

Los ecosistemas deben ser clasificados funcionalmente y cartografiados. Tal clasificación demanda "utilizar como espacio de referencia la cuenca hidrográfica, o sistema geográfico de drenaje superficial y subterráneo, ya que constiuyen las entidades territoriales mínimas de interacción del ciclo hidrológico con la biosfera."

Dado que la *estructura* de un sistema describe su *estado interno*, conviene identificar dos tipos de estructura: a) una vertical, que incluye las relaciones entre los componentes de un espacio, y, b) otra horizontal, que incluye las relaciones entre componentes de distintos espacios o lugares.

En el marco del ordenamiento territorial urbano, se adopta el postulado ecosistémico de plantear dos redes de flujos de energía, recursos y residuos:

- una red hidrológica, que propicia la cohesión ecológica en tanto gestión de la cantidad y flujos de agua; y,
- una red de infraestructura, que potencia la movilidad de bienes y personas con la menor utilización posible de energía, recursos y desperdicios.

En tal lógica, este trabajo postula una visión preventiva, esto es, que **la delimitación de las unidades territoriales de planeación (las zonas) debe coincidir con las de las microcuencas hidrográficas, de tal manera que se gestione de mejor manera el recurso agua, cuidando, adicionalmente, que la red de infraestructura no atente contra tal gestión**.

Dos ventajas adicionales se postulan al hacer coincidir los límites de las "zonas" con los de las microcuencas hidrográficas:

a) La complementación de la dinámica del entorno con la dinámica del entorno ecológico, con el propósito de definir la vocación de la zona del caso[5].
b) Que se incluya la dimensión del riesgo, derivada del uso irracional del suelo, particularmente de los drenajes

Gestión ambiental y microcuencas hidrográficas.

La gestión ambiental tiene como objeto la regulación de las interacciones entre la naturaleza (que oferta) y las acciones económicas sociales (que demandan), encaminadas al desarrollo y mejora de la calidad de vida (necesidades sociales), tomando en consideración las emisiones y residuos a la naturaleza.

La especificidad de esta investigación vuelve necesario focalizar tal noción de gestión ambiental en las microcuencas hidrográficas. Tal aparente reducción del ámbito espacial, parte de la premisa de que cualquier infraestructura e interacción que realiza el hombre se aplica en una cuenca hidrográfica, siendo que no hay punto sobre la tierra que no corresponda a una cuenca.

El área de estudio de este trabajo corresponde al de las microcuencas 13 y 14 de la denominada Zona de Planificación F, definida como tal por la Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil.

En este sentido, las microcuencas y microcuencas hidrográficas constituyen un punto de enlace entre las dimensiones urbanas y regionales. En otras palabras, aunque el objeto de análisis es lo urbano, su contexto es micro regional.

[5] La dinámica, de acuerdo al marco conceptual adoptado, se describe como "dinámica de flujos" (balance de masas)

GESTIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL URBANA: ECOLOGÍA, HIDROLOGIA Y GESTIÓN DE RIESGOS.

Una cuenca hidrográfica corresponde a un sistema donde se cierra el balance del agua y de la energía, donde cualquier acción sobre sus partes genera una reacción mensurable sobre otra parte de tal sistema. Consecuentemente, las dimensiones de la gestión ambiental territorial urbana, que se describieron anteriormente, se complementan con:

a) Una dimensión ecológica, que fundamentados en Odum, adopta las nociones de *sucesión, máxima variedad y compartimentación de ecosistemas en entornos (protector, productivo, intermedio y urbano-industrial).*

b) Una dimensión hidrológica, que reclama una definición unitaria de los cauces, la gestión de los suelos colindantes a los cauces, y el ordenamiento de las escorrentías (conservación de cauces, preveer áreas de infiltración complementarias, conducción de agua excedentaria a otros puntos de recepción o infiltración).

c) Una dimensión de gestión de riesgos asociados a la explotación antitécnica de canteras y al peligro de flujos catastróficos de escombros, derivados de modificación o eliminación de cauces, de coberturas vegetales, de drenajes naturales, de la capacidad de infiltración de los suelos, de la acumulación de materiales residuales.

Tras estas aproximaciones, es entendible el enfoque del ordenamiento urbano sostenible, que se caracteriza como:

- *búsqueda de la permanencia, a largo plazo, de los procesos ecológicos y de los ecosistemas,*
- *de tal forma que la ciudad pueda abastecerse y localmente transformar, consumir o exportar, bienes de la naturaleza,*
- *disponiendo, convenientemente, los residuos que no pueden ser reciclados por ecosistemas locales.*

Dimensión Ecológica

Hombre y Naturaleza

La motivación de la presente investigación deriva del trabajo que el autor preparó para obtención de la Especializaciónen Estudio de Impactos Ambientales. En la indicada investigación se postuló la necesidad de vincular la normatividad urbanística con la ambiental

En la base de tal postulado está la explicitación del **funcionamiento de un ecosistema**. Tal funcionamiento depende de cuatro aspectos fundamentales:

a) Energía, producción y flujos;
b) El ciclo de minerales;
c) La sucesión; y,
d) Los procesos internos de regulación.

Bajo tal postulado, la vinculación integrante-sistema, entre la normativa ambiental y la urbanística, se sustenta en el principio de que toda modificación a un ecosistema y su entorno se rige por procesos de regulación homeostática. Lo indicado significa que todas las modificaciones son integradas y compensatorias, y generalmente, en tanto autoregulación, son selectivas.

Sin embargo, también se presentan situaciones de naturaleza catastrófica que dan lugar a procesos de **sucesión ecológica**. En tal situación, en el biotopo del caso, se produce la sustitución de unas especies por otras. Estos son lo que suelen suceder en razón de acciones del hombre sobre un medio determinado.

Lo que en este trabajo se postula es que tales acciones se realicen, no solo con conciencia de tales procesos, sino enmarcados en los correspondientes procesos de autorregulación. Consecuentemente, la parte propositivia del presente trabajo se focaliza en una estrategias que procura ser consecuente con los cuatro factores ante elistados, primordialmente con los de sucesión ecológica y entornos compartimentados.

Sucesión ecológica.

Dos citas de Eugene P. Odum permiten una aproximación metodológica a este componente del estudio.

> "Los principios de la sucesión ecológica pueden ser de aplicación en la relación entre el ser humano y la naturaleza. El marco de la teoría sucesional debe revisarse como base que permita resolver la actual crisis ambiental.....Gran parte de la confusión, vaguedad y ausencia de trabajos experimentales en esta área tienen su causa en la tendencia por parte de los ecólogos a considerar la sucesión como una idea simple y unidimensional, cuando en realidad se trata de un conjunto de procesos que interactúan entre sí y en el cual algunos llegan a contrarrestar las acciones de otros."

> "Se considera un ecosistema, o sistema ecológico, a una unidad de organización biológica constituida por todos los

organismo existentes en un área dada (es decir, una comunidad) que interactúan con el entorno físico de modo que el flujo de energía producido conduce a determinadas cadenas tróficas y ciclos de materiales característicos del sistema."[6]

La definición de sucesión ecológica propuesta por Eugene Odum puede definirse en función de tres parámetros:

1. Se trata de un proceso ordenado de crecimiento de una comunidad, procesos suficientemente direccionados como para poder considerarlos predecibles.
2. Es el resultado de la modificación del entorno físico por parte de la comunidad. Esto significa que la comunidad controla relativamente el proceso de sucesión, aunque el entorno físico determine los patrones, el ritmo de los cambios y a menudo establezca los límites del crecimiento.
3. La sucesión culmina en un ecosistema estable o autorregulado, en el cual se mantiene un máximo de biomasa (contenido de mucha información) y de relaciones de simbiosis entre los organismos por unidad de flujo energético disponible[7].

El concepto rector de Odum es que la **estrategia de sucesión** como proceso de corto plazo es básicamente la misma **estrategia de desarrollo evolutivo** a largo plazo que se dá en la biosfera.

Durante la sucesión se produce un cambio fundamental en el destino de los flujos de energía. En la sucesión una cantidad de energía cada vez mayor se dedica al mantenimiento del sistema del caso.

Al aplicarse este concepto y estrategia de la sucesión ecológica a los fenómenos humanos, la diferencia y por ende el problema sustantivo es que ***la estrategia de máxima protección****, entendida como el mantenimiento del mayor número posible de estructuras vivas complejas, a menudo entra en conflicto con el objetivo humano de* ***máxima producción.***

Estas diferencias de estrategias, según Odum, hay que resolver. Una estrategia global -que auspicia Odum- consiste en lograr la mayor diversidad posible de estructuras orgánicas de gran tamaño, dentro de los límites establecidos por el aporte de energía disponible y por las condiciones físicas previamente establecidas (suelo, agua, clima, etc).

---

[6] Odum, Eugene, "La estrategia de desarrollo de los ecosistemas. El entendimiento de la sucesión ecológica proporciona las bases para resolver el conflicto de los seres humanos con la naturaleza.", Athens, Georgia, USA, 1969op cit.
[7] ibid.

*A este requerimiento de **diversidad** se le enfrenta la paradoja de tener que determinar, objetivamente, a partir de qué punto tenemos **demasiado de algo bueno**, incluyéndose como "buenos": estructuras de hormigón, embalses gigantes, defoliantes e insecticidas, etc.*

En consecuencia, se necesita: a) un modo de acometer el territorio en su totalidad, comprendiendo las consecuencias e impactos de los cambios que produzcamos; b) institucionalizar mecanismos adecuados de control, gubernamentales y de la sociedad civil.

Odum propone un modelo de entornos compartimentados, pero interrelacionados entre sí:

- ***Entorno protector**, constituido por sistemas ecológicamente maduros.*
- ***Entorno productivo**, conformado por sistemas en crecimiento.*
- ***Entorno intermedio**, correspondiente a sistemas multiuso.*
- ***Entorno urbano-industrial**, referidos a sistemas artificiales.*

A nivel macro, el correspondiente al ordenamiento y territorial, es facil colegir los beneficios de un ordenamiento de los cuatro entornos interrelacionados. Mas, tratándose de un ordenamiento urbanístico, que en tanto sistema a ordenar se asocia a un entorno o integrante ambiental, *los procedimientos para compartimentar e interrelacionar estos cuatro entornos en una zonificación no forman parte de los rituales técnicos del urbanismo.*

Esta investigación reafirma la hipótesis de que, aquellas microcuencas hidrográficas que sobreviven al crecimiento urbano (eventualmente, microcuencas), deben constituir una zona. Mas, en la medida que la cuenca no se mantiene como fue en su estado natural, debido a radicales intervenciones humanas, ***es posible conservar una buena cantidad de sus atributos, si dentro de sus límites procuramos compartimentar (como subzonas) los cuatro entornos que propone Odum.***

Ahora bien, a efecto de regular el ordenamiento es procedente establecer una normativa respecto de los usos del suelo admisibles, de la edificabilidad posible, de los requisitos para obras de infraestructura y producción, para la correcta gestión de las áreas no urbanizables y declaradas protegidas, o de valor paisajístico o recreacional. Mas tal normativa no debe ser puramente urbanística. En la línea trazada, tal normativa debe garantizar la sustentabilidad de estos ecosistemas urbanos.

Bajo esta última premisa *se propone contrastar los resultados de la investigación de la **capacidad de carga de los hábitats** (ecosistemas cuencas hidrográficas) con los resultados derivados de la aplicación del modelo Presión- Estado- Respuesta (PER).*

Como es conocido el modelo PER ha sido profusamente aplicado. Sin embargo, se lo acusa de "que no aporta metas de sostenibilidad y no dan información sobre las funciones ecológicas y las estructuras de los ecosistemas, y dicen poco o nada sobre la saturación de la capacidad de carga de ecosistemas o de la erosión de la resiliencia ecosistémica frente a procesos específicos"[8].

Consecuentemente, este estudio pretende superar las indicadas limitaciones del modelo PER.

Uso del territorio y uso del suelo.

Tal como afirma Oscar Lücke[9], se suele entender que los términos "uso de la tierra" y "uso del suelo" son sinónimos. Establecer los alcances de tales términos es sustantivo para la práctica del ordenamiento urbanístico desde una óptica socio ambiental. En este apartado se pretende dejar claro el alcance restrictivo del término "uso del suelo", tan propio del urbanismo.

Uso de la tierra. El concepto de tierra es más amplio que el de suelo. Su conceptualización incorpora:

- al ambiente físico (clima, relieve, suelos, hidrología, vegetación, etc.),
- cómo estos factores influyen en el potencial del empleo de la tierra
- las actividades humanas, pasadas y presente, con sus resultados favorables y adversos.

Al relacionar el concepto tierra, al ambiente físico total con el conjunto de actividades humanas, aquel deviene en un concepto sistémico: *el uso de la tierra.*

Uso del suelo. Este concepto corresponde a una interacción más restrictiva entre el uso (ejecutado o asignado) y el suelo como sustrato natural o soporte físico de la actividad. Esta noción no desconoce los efectos que dicho uso impone a los factores del medio físico, pero los pone en un segundo plano.

Este concepto, a su vez, suele ser confundido con el de *cobertura*, propia de la condición natural o cultivada del suelo. Un uso del suelo puede estar caracterizado por su cobertura, pero no todo uso se reduce a coberturas.

Con lo expuesto, *se deja sentada la premisa que este estudio concibe al ordenamiento y a la zonificación desde el espectro más sistémico del concepto uso de la tierra.*

---

[8] CEPAL – SERIE Manuales, No. 16, "Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas."

[9] Lücke Sánchez, Oscar, "Base Conceptual y Metodología para los Escenarios de Ordenamiento Territorial", www.mideplan.go.cr/sinades.

Usos de la tierra y unidades de paisaje.

Una de las nociones operativas del ordenamiento es el de *áreas homogéneas.* Su operatividad radica en prevér normativas y acciones comunes a situaciones similares, lo que facilita las tareas de control y monitoreo de la planificación.

En términos urbanísticos, la definición de áreas homogeneas sí suele tomar en consideración las determinaciones del medio natural (relieve, calidad del suelo, cursos de agua, fallas geológicas, etc). Sin embargo, los factores antrópicos aparecen como dominantes en la definición de las áreas homogénes, tales: los usos del suelo, la dotación de infraestructura, la tipología de edificación, la accesibilidad vial y de transporte, la estratificación socioeconómica de la población, etc.

En el marco de un replanteamiento del ordenamiento desde una perspectiva ambiental, es menester redifinir la concepción de áreas homogéneas. Una de las nociones que podría utilizarse es la propuesta por las ciencias geográficas: ***las unidades de paisaje****.*

Se entiende como *paisaje* la síntesis de los sistemas ecológicos y culturales que lo constituyen. El paisaje se puede entender como una unidad espacio temporal reconocible por su homogeneidad. Tal homogeneidad, perceptible y funcional, debe obedecer a:

- tipología, o similitudes internas,
- corología, diferencias externas,
- integración holística, con bases sistémicas.

Según expresan López y Cervantes:

> "Estas unidades (de paisaje) no son estáticas como las que resultan del común de las clasificaciones de unidades territoriales de diversas clasificaciones elaboradas para los planes de ocupación y utilización del territorio, más bien son dinámicas en el sentido de que se pueden manejar hacia atrás o hacia adelante en el tiempo (prospección) y omnidireccionalmente en el espacio."[10]

En este estudio se postula asociar los entornos propuestos por Odum con las indicadas unidades de paisaje y lograr así la declarada "síntesis de sistemas ecológicos y culturales".

[10] López Barajas, René y Cervantes Borja, Jorge "Unidades del paisaje para el desarrollo sustentable y manejo de los recursos naturales", www.inegi.org.mx/inegi

Dimensión Hidrológica

Cuencas hidrográficas: suelo - agua.

Los aspectos *hidrológicos*, por la naturaleza del tema declarado, se evidencian como sustantivos. Una definición común de hidrología expresa que ésta constituye "parte de las ciencias naturales que trata de las aguas"[11]. Consecuente con tal definición, tal ciencia abarca el estudio de los drenajes naturales.

Se denomina "cuenca hidrográfica" la porción de superficie terrestre cuyas aguas vierten hacia un determinado curso de agua[12]. Una definición radical y económica en términos es la que define cuenca como el "área de la superficie terrestre drenada por un único sistema fluvial"[13].

Siendo una cuenca el área de la superficie terrestre donde el agua de precipitación, independientemente del tipo de circulación que realice, fluye o drena por un único sistema fluvial, sus límites están definidos por las divisorias de aguas, o líneas de cotas superiores, que la separan de otras cuencas vecinas.

Mas, dado que el concepto de cuenca superficial no es el mismo que el de cuenca subterránea, los límites o divisorias no coinciden. Los límites de las cuencas subterráneas no se definen por razones topográficas, sino por razones geológicas.

La respuesta de una cuenca a las precipitaciones depende, entre otros, por factores de topografía y permeabilidad del suelo. Los suelos altamente permeables minimizan las escorrentías superficiales y subsuperficiales. Por el contrario, suelos poco permeables incrementan el potencial de erosión de la cuenca.

Toda cuenca hidrográfica constituye un sistema pues en aquella se cierra el balance del agua y de la energía, siendo que cualquier acción sobre sus partes genera una reacción mensurable sobre otras partes de dicho sistema.

Esta visión sistémica cuestiona el enfoque mecanicista prevaleciente en las ciencias, que niega relaciones de interdependencia entre componentes, reduciéndolas a relaciones de conjunción, sumación o disyunción[14]. El enfoque sistémico postula que el "todo" (el sistema) es

---

[11] Diccionario enciclopédico Larousse

[12] Martínez Duarte, Juan, "Enfoque sistémico en la investigación de cuencas hidrográficas", Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales, Misiones, Argentina.

[13] Definición de la Enciclopedia Encarta.

[14] Según el enfoque mecanicista, relaciones de otra naturaleza serían de caráacter metafísico y por ende inadmisibles para la ciencia.

más que la suma de sus partes, y que tal todo es entendible en tanto "relaciones de interdependencia o interacción entre sus partes".

Siendo los fenómenos hidrológicos parte del ciclo del agua, éste constituye soporte sustancial de la vida del planeta. Entendiendo, a su vez, a la *ecología* como el estudio de las relaciones entre los seres vivos y su ambiente, luce evidente que el ordenamiento de cuencas hidrográficas debe incorporar cometidos ecológicos.[15]

Cuencas: componentes y funciones.

Como ya se adelantó, las *cuencas hidrográficas son unidades morfográficas superficiales*, cuyos límites están establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones o "parteaguas".

Las *cuencas hidrológicas*, son unidades morfológicas integrales, que incluyen el concepto de cuenca hidrográfica y la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero, ambos considerados como un todo.

A efecto de entender *la morfología y la dinámica* de una cuenca se privilegiará en el análisis tres variables independientes:

a) el régimen de caudales;
b) el régimen de sedimentos;
c) la pendiente del valle por donde decurren los cauces. [16]

El *régimen de caudales* es una de las características más alteradas por la actividades del hombre, en nuestro caso por actividades extractivas (explotación maderera y canteras) y desarrollos urbanísticos. El régimen de caudales establece la distribución de los caudales a lo largo del año. Estos van a estar determinados por:

- Las precipitaciones, estacionales y extraordinarias (El Niño), que permitirá estimar las probabilidades de aluviones o flujos catastróficos;
- Los caudales pequeños, constantes o intermitentes, que constituyen soporte de vida en el cauce y sus riberas.

El *régimen de sedimentos* hace referencia al hecho de que por los ríos no solo circulan caudales líquidos, sino que también se mueven y distribuyen partículas sólidas. El tamaño de los sedimentos en los lechos permite

[15] El manejo de los drenajes se podría reducir a aspectos puramentes físicos o de ingeniería del manejo de las aguas. También podría limitarse al aspecto descriptivo de los depósitos y corrientes de agua, cometido de la hidrografía, pero entonces el propósito ya no es de intervención o manejo, sino del puro conocer.

[16] González del Tánago del Río, Marta; García de Jalón Lastra, Diego, "Restauración de Ríos y Riberas", Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 2001.

establecer la “tensión crítica”, que representa la energía o velocidad del agua que permite ponerlos en movimiento.

La *pendiente del valle* a lo largo del cual decurre el cauce permite establecer la forma en que este pierde cota a lo largo del recorrido. “La pendiente es quizás una de las variables princiales en el proceso de ajuste o adaptación del río ante cambios del régimen de caudales”.[17] En general, las pendientes altas se asocian a zonas de mayor erosión y profundidad del cauce, en tanto que la sedimentación se produce en las zonas de escasa pendiente y mayor superficie.

El análisis del *funcionamiento hídrico* de una cuenca permite establecer tres zonas:

a) *de cabecera*, que garantiza la captación inicial de las aguas;
b) *de captación transporte*, que facilita el suministro de agua a los tramos medios de la cuenca; y,
c) *de emisión*.

Constituyen *componentes y funciones* de las cuencas:

a) *Función hidrológica*: captación de las aguas de precipitación; almacenamiento del agua; descarga del agua como escurrimiento.

b) *Función ecológica*: proveer sitios y rutas que facilitan interacciones entre las características físicas y químicas del agua; proveer hábitat para la flora y la fauna del ecosistema.

c) *Función ambiental*: constituir sumideros de CO2; albergue de bancos de germoplasma; regulación de recarga hídrica y de ciclos biogeoquímicos; conservación de la biodiversidad; mantenimiento de la integridad y diversidad de los suelos.

d) *Función socioeconómica*: suministro de recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que brindan sustento a la población; provisión de espacios para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

e) *Servicios ambientales*:
   - Del flujo hidrológico (usos directos en agricultura, agua potable, industrias, etc; dilución de contaminantes; generación de electricidad; regulación de flujos y control de inundaciones, transporte de sedimentos, recarga de acuíferos, dispersión se semilas y larvas de la biota).

[17] Ibid, pag. 47

- De los ciclos bioquímicos (almacenamiento y liberación de sedimentos; almacenaje y reciclaje de materia orgánica; detoxificación y absorción de contaminantes).
- De la producción biológica (creación y mantenimiento del hábitat; mantenimiento de la vida silvestre; fertilización y formación de suelos).
- De la descomposición (procesamiento de la materia orgánica; procesamiento de desechos humanos)[18].

El ciclo del agua.

Como algunos autores indican, el análisis del ciclo del agua se puede iniciar por cualquiera de las etapas o niveles del proceso. Para efectos descriptivos iniciaremos el ciclo por la humedad atmosférica.

La humedad de la atmósfera inicia el proceso condensándose como lluvia o nieve y, en virtud de la fuerza gravitacional, da paso a la etapa **precipitación.**

Parte de esta agua no llega al suelo en virtud de otras dos etapas: la acción de la radiación solar provoca la **evaporación** de parte de tal agua; otra, es retenida por las hojas de los árboles, las edificaciones, vías y otros elementos artificiales, produciéndose su **intercepción.** El agua interceptada es devuelta a la atmósfera por la acción de la *evaporación.*

En los procesos de *evaporación* intervienen como factores desencadenantes o condicionantes los siguientes: la radiación solar, la humedad atmosférica, la temperatura del aire, el viento, el tamaño de la masa de agua y la salinidad.

El agua que llega al suelo se incorpora a otras tres etapas del ciclo: la **infiltración,** el **almacenamiento superficial** y la **escorrentía superficial.**

La *infiltración* corresponde a la penetración del agua por los poros y fisuras del suelo. Parte del agua infiltrada penetra profundamente y otra es utilizada por la vegetación, a través de sus raices, dando paso a la etapa **evapotranspiración.**

En función de los procesos de infiltración el suelo se estructura por zonas. En la parte superior se encuentra la “zona de aireación o zona no saturada”. Esta a su vez se divide en“zona edáfica”, que corresponde a la influenciada por las raíces superficiales de la vegetación, donde se manifiestan los procesos de *evapotranspiración*; la denominada “zona

[18] Tomado de “Cuidar el agua, es cuidar nuestro futuro”

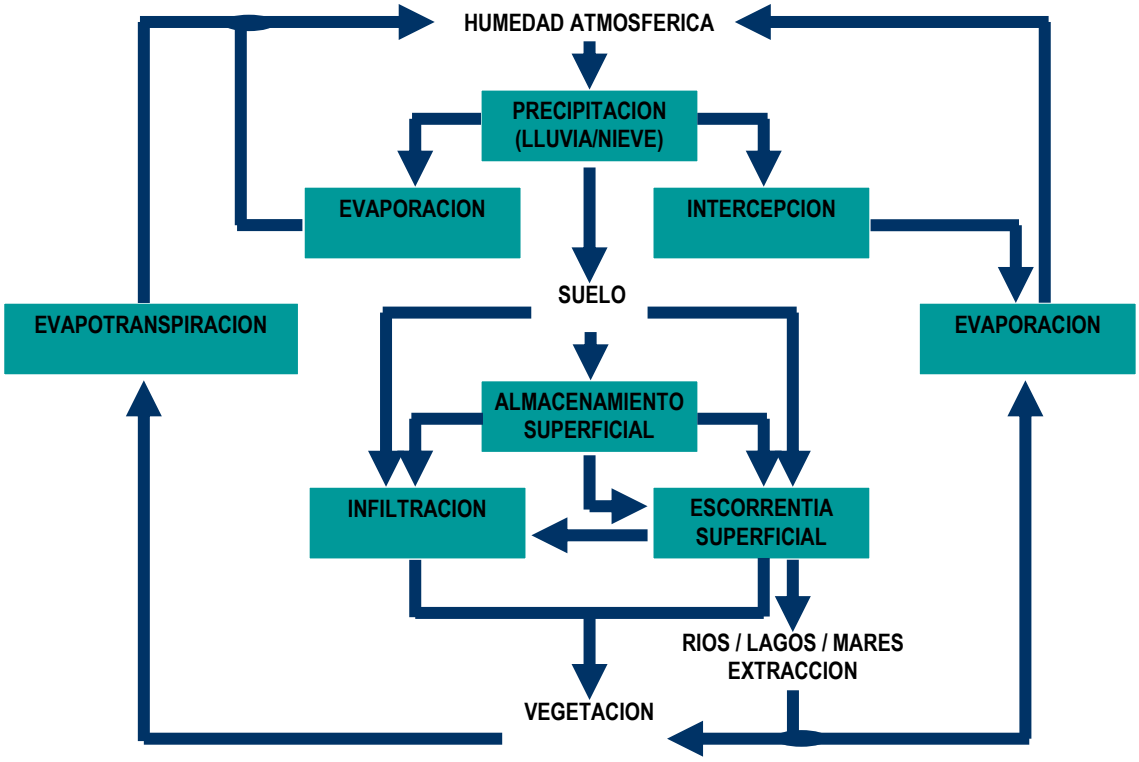
intermedia” donde actúan las raíces profundas; y, la “franja capilar”, cuyo espesor depende de la granulometría del suelo.

Entre la zona de aireación y la zona saturada se encuentra la “superficie freática”. Bajo esta se desarrolla la “zona saturada” que da lugar a lo que se conoce como “acuíferos” o depósitos de agua suceptibles de extraer.

El *almacenamiento superficial* se produce por acumulación de agua retenida por irregularidades del terreno. La *escorrentía superficial* da lugar a los flujos de agua sobre la superficie del suelo, que desembocan en ríos, lagos y mares. Estas son las otras grandes fuentes de extracción de agua.

El almacenamiento y las escorrentía superficiales interactúan entre sí y con el agua de infiltración, contribuyendo tanto a los procesos de evapotranspiración, como a los de evaporación, cerrándose así el ciclo.

Gráfico No. 1. Ciclo del Agua



Gestión del Riesgo

Riesgo, vulnerabilidad e impacto.

Una significativa cantidad de desastres identificados como naturales no son realmente naturales. Los eventos naturales devienen en desastres en virtud de asentamientos mal ubicados o construidos, o por explotaciones que ponen en peligro tales asentamientos, o por acciones que deterioran mecanismos naturales para canalizar o disipar la energía de fenómenos derivados de tales eventos naturales.[19]

La categoría riesgo, bajo las premisas expuestas en el párrafo anterior, trata de medir la frecuencia y la magnitud con que se produce un evento desastroso.

La vulnerabilidad de un territorio se entiende como los eventuales daños producidos en función del evento. Tales daños serán tangibles en tanto sean medibles en términos económicos.

El impacto, es la combinación en el espacio del riesgo y la vulnerabilidad y corresponde al daño medio que potencialmente puede producir un evento.

Definidos los conceptos de riesgo, vulnerabilidad e impacto, procede realizar una descripción de los aspectos relacionados con el concepto **ciclo de la escorrentía,** a efecto de establecer bajo qué condiciones se producen condiciones de riesgo por mal manejo de las microcuencas de estudio.

Escorrentía superficial y escorrentía en sentido amplio.

La **escorrentia superficial** corresponde aquel remanente de las precipitaciones (lluvias, niebla, etc) que no se infiltra o es afectado por la evapotranspiración. Esta agua circula por la superficie del suelo y se suele denominar “arroyamiento en superficie”.

La **escorrentía en sentido amplio** corresponde a la producida totalmente en un cauce, siendo sus componentes:

- la escorrentía superficial (arroyamiento en superficie);
- la precipitación sobre el cauce;

[19] Gabriela Vigo, “La prevensión de los desastres naturales en el contexto de la planificación” Primer Seminario Centroamericano sobre el Manejo de Cuencas Hidrográficas en la Prevención de los Desastres Naturales, San Pedro Sula, Honduras, 1997.

- el flujo hipodérmico o subsuperficial, correspondiente al agua que circula pendiente abajo, en el suelo y a baja profundidad, por lo que no se considera agua infiltrada;
- las aportaciones del flujo subterráneo.

Es significativo que el agua de lluvias en gran parte deviene en escorrentía subsuperficial, la que circula horizontalmente y que eventualmente vuelve a la superficie; en tal condición, sumada a la escorrentía superficial, se concentra en los ríos.

En general el flujo subsuperficial es el factor dominante, excepto en suelos de alta infiltración.

Vistos los distintos componentes de la escorrentía en sentido amplio la importancia de cada uno de tales componentes depende de la intensidad o duración de la precipitación, pero tembién de la conductividad hidraúlica del suelo, la textura y condiciones del suelo, la topografía, la vegetación y la red de drenajes.

Bosques de montaña.

Los bosques, las cuencas y la disponibilidad de agua dulce están intimamente relacionados. Según una declaración de la FAO, “las cuencas hidrográficas de los bosques de montaña son los receptáculos màs importantes de agua dulce en el mundo**,** pero son también las zonas más propensas a desprendimientos de tierra, torrentes e inudaciones.”

Las fuertes pendientes de las montañas, asociadas a fuertes lluvias y pérdida de la cobertura boscosa provocan escorrentías superficiales violentas que provocan los eventos descritos. Algunas de las acciones que se pueden implementar para optimizar la economía de los recursos hídricos y prevenir o mitigar eventos catastróficos son:

- Conservar en buenas condiciones la cobertura forestal, particularmente en las cuencas hidrográficas montañosas sujetas a precipitaciones abundantes.
- Implementar programas que combinen: zonificación para la protección forestal; ordenamiento de zonas anegadas; obras para proteger bienes y personas de los desprendimientos de tierra, inundaciones, y flujos (riadas) de lodos y rocas.
- Adopción de sistemas agroforestales que hagan sostenible, económicamente, el desarrollo de bosques de montaña.
- Creación de incentivos para quienes se dediquen a actividades que limiten las pérdidas de los cursos de agua.

Cultivos y erosión.

El cultivo en suelos de fuerte pendientes es una de las principales causas de la erosión. Esta se produce cuando se cultivan árboles o arbustos sin preveer una cubierta vegetal que proteja la superficie del suelo de los efectos de las escorrentías superficiales.

La combinación de lluvias, fuertes pendientes y falta de cubierta vegeral provocan en la superficie de los suelos los siguientes procesos:

- erosión laminar, caracterizada por el transporte de los elementos más finos en capas uniformes;
- erosión por surcos o regueros, provocada por una concentración de los flujos;
- erosión en cárcavas y barrancos, si el proceso continúa.
-

Las tierras sin cobertura vegetal y sin laboreo experimentan mayor erosión que los cultivados con métodos tradicionales, debido a la acción de los surcos del arado que incrementa la infiltración. En todo caso, la combinación de arbustos y cubierta vegetal tiene un coeficiente de erosión de 0.4 respecto del laboreo tradicional, en tanto que la tierra sin labor y sin cubierta vegetal tiene un coeficiente de 4.7[20].

Cuadro No. 1. GRADO DE EROSIONABILIDAD (Gr)
BASADO EN EL INDICE DE PROTECCION DE CUBIERTA VEGETAL (Ip)

Cubierta vegetal	Pendiente	Ip	Gr= 1-Ip
Bosque denso	Cualquiera	1.0	0
Bosque aclarado o zona arbustiva	- 8% 8-30% + 30%	1.0 0.8 0.7	0 0.2 0.3
Pastizal conservado	- 8% 8-30% + 30%	1.0 0.9 0.6	0 0.1 0.4
Cultivo con prácticas de conservación (finca de regadío y huertas)	- 8% 8-30% + 30%	1.0 1.0 0.5	0 0 0.5
Cultivo sin prácticas de conservación (fincas a secano y terrenos desnudos)	- 8% 8-30% + 30%	0.9 0.5 0.0	0.1 0.5 1.0

Fuente: http://www.biogeociencias.com/15

[20] Martínez-Raya, I., Francia, J.R., Ruiz S., Cárceles B., “Influencia en el medio ambiente del manejo de suelos de olivar en pendiente”, Granada.

Movimientos masales y deslizamientos.

Corresponden a movimientos de rocas y material no consolidado provocado por el agua, el hielo y el viento como agentes de erosión, los que se manifiestan según la región sea de montaña, árida o templada. *En el área de estudio el factor a considerar es el agua*.

Los movimientos de masas ocurren cuando el esfuerzo cortante supera la resistencia al corte del suelo[21]. El fenómeno se presenta bajo las siguientes condiciones:

a) aumento del esfuerzo cortante, el cual puede ser provocado, entre otros, por:
   - sismos,
   - variaciones morfológicas desfavorables

b) disminución de la resistencia al corte del suelo, el que a su vez puede deberse, entre otros, a:
   - saturación del suelo,
   - resecamiento del suelo,
   - meteorización.

En el presente estudio el factor a considerar es el de variaciones morfológicas del suelo provocadas por la explotación irracional de canteras, que modifican la geometría de las laderas provocando procesos de inestabilidad y desplazamientos de rocas y material no consolidado.

En el caso de la explotación de canteras, a más de la remoción de la cobertura vegetal y del suelo superficial, se provoca una modificación de los taludes naturales por los cortes de roca, generalmente en forma antitécnica, sin asegurar la estabilidad de las nuevas laderas.

Tal inestabilidad por acción humana, o causa contribuyente, se asocia con otros factores que concurren para una situación de desastre. Estos factores causales son:

a) Causas intrínsecas, que suelen ser naturales, relacionándose con aguas subterráneas, con los materiales, la tectónica, la topografía, etc. Respecto de los materiales, cabe considerar los siguientes factores:
   - micro y macro estructuras;
   - composición y fábrica textural;
   - meteorización y degradación química;
   - estado de alteración de los materiales o degradación mecánica;

[21] La mayor parte de los suelos solo pueden soportar pequeños esfuerzos de tracción, siendo alta, por el contrario, su resistencia a la falla por compresión; en consecuencia, solamente se toma en cuenta la resistencia al corte.

- actitud estructural, que se refiere a la disposición u orientación, favorable o desfavorable, de los materiales;
- cambio del estado inicial de los esfuerzos.

b) Causas detonantes, que se encadenan causalmente de la siguiente manera:
   - de primer orden: sismos, huracanes, erupciones volcánicas y lluvias;
   - de segundo orden: deslizamientos, maremotos, inundaciones, sequías;
   - de tercer orden: aludes, avalanchas, flujos.

Consecuentemente, centrándonos en la "causa contribuyente", explotación minera (canteras), la racionalidad (o irracionalidad) de la actividad dependerá si en la explotación se han tomado en consideración las "causas intrínsecas y las causas detonantes", específicamente la cadena detonante ***lluvias- inundaciones/sequías-flujos.***

CAPITULO III

METODOLOGIA

HIPOTESIS

La metodología utilizada en el presente trabajo se asocia con la siguiente hipótesis:

> La zonificación urbanística, en atención a los límites de las microcuencas hidrográficas y la formulación de una normativa de utilización del territorio acociada al ciclo hidrológico, asegura entornos que aseguran diversidad ecológica, niveles adecuados de cobertura vegetal y de índices de escorrentía, de tal forma que se minimizan los riesgos derivados de eventuales flujos catastróficos de escombros productos de la explotación antitécnica de canteras.

VARIABLES E INDICADORES

A efecto de comprobar la hipótesis enunciada se formuló el suguiente cuadro de variables e indicadores:

Variables

E. Ecológicas.
H. Hidrológicas.
R. De gestión de riesgos.

Indicadores

E1. Cobertura / diversidad.
E2. De funcionamiento de un ecosistema: sucesión.
E3. De compartimentación interna de ecosistemas: entornos/ unidades de paisaje.

H1. Régimen de caudales.
H2. Coeficiente de escorrentía.
H3. Calidad del agua de la fuente receptora.

R1. Coeficiente de relieve.
R2. Densidad de drenaje
R3. Compacidad (índice de Gravelius)
R4. Conservación de vegetación riparia

OBJETIVOS

La hipótesis e indicadores adoptados se relacionaron con el marco referencial expuesto en el Capítulo II, Planteamiento del Problema y Marco Conceptual, lo que dió lugar al siguiente conjunto de Objetivos del Estudio:

Objetivo general.

Formular un modelo de zonificación por microcuencas hidrográficas, que priorice los aspectos físico ambientales, y actúe como instrumento del ordenamiento urbano sostenible.

Objetivos específicos:

a) Vincular el modelo de zonificación por microcuencas hidrográficas a las nociones de uso del territorio y de compartimentación de ecosistemas, para constituirlo en instrumento del ordenamiento ambiental territorial.
b) Incorporar al modelo las categorías de riesgo y de vulnerabilidad de tal forma que se constituya, adicionalmente, en instrumento de gestión del riesgo.

ALCANCES METODOLOGICOS.

Para realizar un ordenamiento territorial ambientalmente sostenible es necesario el análisis de los ecosistemas naturales e intervenidos sutentándose en las nociones de estructura, funcionamiento y crecimiento. En tal sentido, este estudio toma en consideración tres aspectos generales:

a) El *funcionamiento* de un sistema hidrográfico;
b) El *estado* y *crecimiento* de un ecosistema; y,
c) La formulación de un *modelo* normativo y de gestión.

Para complementar el análisis se han incorporado sendos “estudios de caso”, cuyos textos han sido resaltados en forma de recuadros.

1. Funcionamiento de un sistema hidrográfico.

Para los propósitos del presente estudio, *un modelo de zonificación por microcuencas hidrográficas,* el funcionamiento de un ecosistema se esquematiza y simplifica de la siguiente manera:

- El insumo de energía, el ciclo del agua y el ciclo de minerales;
- El flujo hidrográfico, y las cuencas como unidad de suelo y agua;
- Los usos multiples del agua y la generación de residuos.

De tal esquematización se destacan los siguientes límites que se plantean para el presente estudio:

- No se analizarán las fuentes y magnitudes de los flujos de energía asociados a los procesos hidrológicos.
- El ciclo de minerales se reducirá a los procesos de sedimentación como residuos de los procesos hidrográficos.
- No se analizarán los usos múltiples del agua en relación al área de estudio.

1.1. El flujo hidrográfico y las cuencas como unidad suelo agua.

Las *cuencas hidrológicas*, son unidades morfológicas integrales. Tal integralidad incluye como un todo: a) el concepto de cuenca hidrográfica; y, b) la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero.

Cuenca hidrográfica.

Una cuenca hidrográfica corresponde al área de la superficie terrestre donde el agua de precipitación, independientemente del tipo de circulación que realice, fluye o drena por un único sistema fluvial.

Cuenca subterránea.

No siendo el concepto de cuenca superficial el mismo que el de cuenca subterránea, los límites o divisorias no coinciden. Los límites de las cuencas subterráneas no se definen por razones topográficas, sino por razones geológicas. Este es el campo y objeto de la hidrogeología.

El presente estudio solo se enfocará en el concepto de cuenca subterránea superficial.

Realizadas esta precisión, *la metodología aplicada utiliza los siguientes procedimientos, indicadores y coeficientes:*

a) *Identificación de las microcuencas del área de estudio.*

Los límites de las cuencas hidrográficas están definidos por las divisorias de aguas, o líneas de cotas superiores, que la separan de otras cuencas vecinas. Para el efecto se han utilizado imágenes del área de estudio y se las ha procesado utilizando el GIS Arcview.

b) Establecimiento del régimen de caudales para las microcuencas 13 y 14.

El *régimen de caudales* es una de las características más alteradas por la actividades del hombre, en nuestro caso por actividades extractivas (explotación maderera y canteras) y desarrollos urbanísticos.

Para establecer el régimen de caudales, por su sencillez se ha utilizado el denominado "Método racional", cuya fórmula es:

$$Q = 0.278\ CiA$$

Donde:
Q= Caudal máximo de crecida.
A= Área aportante (Ha.)
C= Coeficiente de escorrentía
I= Intensidad de lluvia (cuya duración debe equivaler al "tiempo de concentración del área).

Debido a las limitaciones del "método racional", aplicables a cuencas de tamaño pequeño, se han establecido áreas homogéneas por tipo de cobertura, con el auxilio del GIS Arcview, con el propósito de establecer un "coeficiente ponderado de escorrentía" para la microcuenca, en función de la incidencia porcentual de cada área homogénea. Para determinar los valores de coeficiente, se han utilizado los siguientes valores adaptables a la información que prepara CLIRSEN:

Cuadro No. 2. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA POR TIPO DE COBERTURA

Cobertura	Coeficiente de escorrentía
Bosque seco	0.15
Suelo urbanizado	0.50
Asociación forestal	0.20
Manglar	0.05

Fuente: CLIRSEN

Sin embargo, a efecto de una análisis más fino se incluye el siguiente cuadro denominado "*Valores de Coeficiente de Escorrentia segun Tipos*

de Areas de Drenaje". Este cuadro se utilizará, referencialmente, para el análisis de los *"Entornos Compartimentados".*

Cuadro No. 3. VALORES DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA SEGUN TIPOS DE AREAS DE DRENAJE

TIPO DE AREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
Comerciales	
Negocios	0.70 - 0.95
Zonas de vecindario	0.50 - 0.70
Residenciales	
• Zonas unifamiliares	030 – 0.50
• Zonas multifamiliares separadas	0.40 – 0.60
• Zonas multifamiliares contiguas	0.60 – 0.75
Residencial Sub-Urbana	0.25 – 0.40
Zonas residenciales de departamentos	0.50 – 0.70
Zonas Industriales	
Poco densas	0.50 – 0.80
Densas	0.60 – 0.90
Cesped. Suelo arenoso	
Llano, 2%	0.05 – 0.10
Mediano, 2-7%	0.10 – 0.15
Escarpado, 7%	0.15 – 0.20
Cesped. Suelo Gravoso	
Llano, 2%	0.13 – 0.17
Mediano, 2-7%	0.18 – 0.22
Escarpado, 7%	0.25 – 0.35
Zonas no Urbanizadas	0.10 – 0.30

1.2. Las cuencas hidrográficas y la generación de residuos.

Este apartado se relaciona con lo que se suele denominar "régimen de sedimentos".

La respuesta de una cuenca a las precipitaciones depende, a más de la topografía, de la permeabilidad del suelo. Los suelos altamente permeables minimizan las escorrentías superficiales y subsuperficiales. Por el contrario, suelos poco permeables incrementan el potencial de erosión de la cuenca.

A su vez, la morfología y dinámica fluvial estudian las formas de los cauces y su relación con los procesos de erosión y sedimentación. Tal estudio considera los siguientes factores:

- como fuerza actuante a los *caudales* en movimiento,
- el coeficiente de relieva del cauce;
- la forma y pendiente del valle;
- la densidad de drenaje
- la vegetación riparia.

El régimen de caudales fue expuesto en el apartado anterior. En lo que sigue, se explican los restantes factores.

a) Forma y pendiente del valle por donde decurren los cauces.

La forma o compacidad se establece con el Indice de Gravelius. Este índice relaciona el perímetro de la cuenca en estudio con el perímetro de una cuenca circular con área equivalente. Se expresa con la siguiente fórmula:

$$Ic = 0.28 \frac{P}{A^{1/2}}$$

Donde:
P = perímetro de la cuenca
A = superficie de la misma

La *pendiente del valle* a lo largo del cual decurre el cauce permite establecer la forma en que este pierde cota a lo largo del recorrido. Resulta de dividir la diferencia de elevación del cauce (Ecp) y la longitud del cauce principal (Lcp) multiplicada por cien

"La pendiente es quizás una de las variables principales en el proceso de ajuste o adaptación del río ante cambios del régimen de caudales".[22] En general, las pendientes altas se asocian a zonas de mayor erosión y profundidad del cauce, en tanto que la sedimentación se produce en las zonas de escasa pendiente y mayor superficie.

b) Coeficiente de relieve.

Corresponde al coeficiente resultante de dividir la diferencia de elevación de la cuenca (Ec) para la longitud axial (La).

Donde:

Ec = la diferencia entre el punto más elevado de la divisoria y la altitud a la salida de la cuenca.
La = la longitud en linea recta del eje mayor de la cuenca.

[22] González del Tánago del Río, Marta; García de Jalón Lastra, Diego, "Restauración de Ríos y Riberas", Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 1998

En términos generales, “a mayor coeficiente de relieve, mayor producción de sedimentos.”[23]

c) Densidad de drenaje

“Una *densidad de drenaje* alta significa una mayor tendencia a producir sedimentos y escorrentía con mayor riesgo de crecidas. Esta situación se relaciona con *roca y suelos erodables, suelos impermeables, pendientes fuertes y vegetación escasa.*”[24] Se expresa de la siguiente manera:

$$D = \frac{L}{S}$$

L - longitud del río en Km
S - superficie de la cuenca en Km².

Estudio de caso

Inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas[25] e Inundaciones en Rincón de la Victoria[26]

Estado Vargas y Valle de Caracas.

El problema.

Los ríos de montaña al llegar al pié de monte sufren un cambio brusco en su pendiente y gradiente hidráulico, por lo cual, en época de crecientes tienden a depositar sus arrastres sólidos para formar lo que se conoce como el abanico aluvial del río.

[23] Escobar Cárdenas, Ramiro “Microcuencas hidrográficas: límites, descripción de los sistemas de drenaje, estudio morfológico e interpretación hidrológica”, Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05.
[24] Escobar Cárdenas, Ramiro “Microcuencas hidrográficas: límites, descripción de los sistemas de drenaje, estudio morfológico e interpretación hidrológica”, Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05
[25] Resumen del documento “Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas en el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras”, por José Luis López, Universidad Central de Venezuela, Revista de la Facultad de Ingeniería.
[26] Resumen del documento “El papel territorial de la red de drenaje. Experiencias obtenidas tras las inundaciones en Rincón de la Victoria”, por Juan Requejo Liberal y José Manuel Sánchez Buec, Asistencias Técnicas CLAVE sl.

El evento catastrófico ocurrido en Venezuela, en el Estado Vargas, en 1999, representa un caso dramático de una tragedia causada por la ocupación indebida de abanicos aluviales. Los deslaves que se produjeron en 1951 inundaron de sedimentos casi las mismas zonas que los de 1999. Sin embargo, estas áreas fueron ocupadas y urbanizadas sin tomar ninguna medida de prevención.

Se permitió la construcción anárquica de viviendas en las cercanías de los cauces, en los cañones o gargantas de los torrentes, y en las laderas de cerros inestables, y por la otra, no se tomaron las medidas más elementales de prevención.

Aludes torrenciales.

Se entiende por “alud torrencial” aquellos flujos con altas concentraciones de sedimentación (hiperconcentraciones) que se generan en las cuencas montañosas, cuyo origen está asociado a la ocurrencia de deslizamientos durante lluvias prolongadas y de alta intensidad. Los tamaños de los sedimentos arrastrados varían desde micrones (arcillas) hasta varios metros de diámetro (peñones).

En general se acepta que si más de la mitad de la fracción sólida está compuesta por granos mayores que las arenas, se usa el término de flujos de detritos, en lugar de flujo de barros. Los flujos de detritos tiene una consistencia similar a la del concreto húmedo y pueden desplazarse a velocidades cercanas a los 20 m/s, por lo que tienen un gran poder de destrucción.

Los flujos de barros o flujos de detritos pueden ocurrir como una secuencia de frentes de ondas que se desplazan en un flujo pulsátil, no permanente. Se distinguen tres partes en la onda: el frente, el cuerpo y la cola. El frente de onda consiste fundamentalmente de grandes clastos y es seguido por el cuerpo, donde la gran viscosidad de la mezcla pueden dar origen a un flujo laminar. En la cola de la onda, la concentración de fines y el flujo es turbulento.

Medidas de mitigación.

Las medidas se clasifican en estructurales y no estructurales.

Las medidas estructurales se basan en la construcción de obras hidráulicas para el control de los flujos y los sedimentos aportados por los torrentes. Estas obras de control consisten en:

a) Obras de control de erosión en cárcavas, laderas y pendientes inestables; éstas tienen como objetivo disminuir el aporte de sedimentos en los tramos superiores de la cuenca, mediante pequeñas obras y trabajos de retención y protección de suelos, control de laderas y pendientes, reforestación, enfajinado y obras de drenaje para estabilización de taludes.

b) Obras de estabilización de cauces; que se refieren a una serie de pequeñas presas escalonadas que se construyen en los tributarios para estabilizar las pendientes de los cauces y laderas, reduciendo la energía del flujo para transportar sedimentos.

c) Obras de control y retención de sedimentos; que consisten en presas para capturar y almacenar los arrastres sólidos, las cuales se construyen usualmente en la garganta del torrente o en sus afluentes principales.

d) Obras de conducción de flujos (canalizaciones); que se utilizan para guiar y conducir los flujos desde las presas o lagunas de almacenamiento hasta un sitio seguro de descarga; consisten en canalizaciones, diques y bermas, estructuras de caída y obras de disipación

Hasta el presente se han construido unas 24 presas para el control de sedimentos en el Estado Vargas…., las cuales brindan un cierto grado de protección a las poblaciones ubicadas aguas debajo de dichas obras.

La posibilidad de que se generen aludes torrenciales depende de la cantidad e intensidad de la lluvia, del grado de saturación de los suelos, de la presencia de pendientes pronunciadas en la cuenca, así como de las características de los suelos para proveer el material sedimentario para la formación de los aludes. Por esta razón, los dos factores más importantes para el establecimiento de un sistema de alerta temprana son el monitoreo continuo de la lluvia y la humedad del suelo.

Las medidas no estructurales se basan en los siguientes aspectos:

a) Instrumentación de sistemas de monitoreo de variables hidrometeorológicas en la cuenca, los cuales requieren la instalación de estaciones automáticas y telemétricas para la captación de los datos de precipitación en tiempo real, los cuales se transmiten a una estación central que reporta a las instituciones encargadas de dar las señales de alerta a la población.

b) Construcción de sistemas de alerta temprana para aviso a la población, los que requieren la definición de los umbrales de lluvia o valores críticos que pueden generar aludes torrenciales.

c) Elaboración de planes de contingencia y evacuación de la población.

d) Elaboración de mapas de amenaza y riesgo.

Rincón de la Victoria.

El problema.

El municipio de Rincón de la Victoria, al igual que el resto del litoral mediterráneo, es un territorio sometido a riesgos derivados de la fenomenología torrencial. Relieves próximos al litoral y con fuertes desniveles, déficit crónico de cubiertas vegetales que ejerzan las funciones protectoras de suelos y subsuelo, agricultura tradicional de ladera con rasgos propios de la agricultura de montaña, fuerte insolación y orientación de las laderas hacia el mediodía, y elevada probabilidad de acontecimiento de aguaceros tormentosos de elevada intensidad horaria, etc, definen el marco adecuado para la formación y propagación de las avenidas fluviales de caracter torrencial.

Esta red de drenaje avena hacia una estrecha y alargada llanura litoral de 0,4 km de anchura que ha sido el soporte de las principales actividades humanas. La disminución de la pendiente del perfil hidrológico de los arroyos en la entrada y tránsito por el llano costero conlleva una aminoración de la velocidad de las corrientes, al mismo tiempo que una tendencia a la sedimentación en el propio cauce, activando el desbordamiento y la inundación de las márgenes fluviales. En consecuencia, desde los orígenes de la ciudad las inundaciones han sido un *fenómeno natural frecuente y los riesgos han estado asociados a este territorio.*

El proceso de ocupación de este territorio ha ido desarrollando y consolidando un modelo que ha supuesto la potenciación paulatina del riesgo natural. Las actuaciones sobre cauces y cuencas han consistido en medidas de carácter estructural, en general encauzamientos que facilitan el tránsito urbano de las avenidas, sin tener presente el carácter de cuencas torrenciales que hubieran requerido otros mecanismos destinados a laminar el caudal de avenida, o frenar la erosión y mitigar los acarreos.

Los suelos urbanizados y las infraestructuras han pasado de 16 ha, en el año 1957, hasta las 950 en la actualidad, equivalentes a un tercio de la superficie municipal. Estas modificaciones han tenido una rápida y reciente implantación en el territorio y, por tanto, todavía suponen incertidumbres en su comportamiento hidrológico.

Entre los días 27 y 28 de marzo de 2004 se produjeron en Rincón de la Victoria unas lluvias de carácter extraordinario. En la estación pluviométrica Rincón de la Victoria se registró una precipitación de 229,1 mm en 24 horas, cifra que se corresponde con la precipitación de 200 años de período estadístico de retorno y establece un nuevo máximo en la serie histórica de la estación, superando ampliamente a los 192 mm medidos el día 28 de septiembre de 2001.

Fueron unas avenidas con abundantes caudales sólidos, originadas pos la interacción entre la fenomenología torrencial y los procesos de erosión y transporte de materiales de las laderas desprovistas de protección vegetal. Los suelos de base rural y agraria se encontraban en estado primaveral o de máxima eficiencia en sus funciones protectoras y, por tanto, los caudales sólidos provinieron fundamentalmente de la erosión de suelos que, procedentes de alteración o acumulación, carecían de la suficiente consolidación y estabilización.

Simultáneamente, las lluvias precipitadas sobre taludes, terrenos pavimentados y urbanizados promovieron escorrentías súbitas y críticas e incrementaron los caudales de las avenidas y con ello la capacidad de transportar los detritos de erosión hacia los cauces y así configurar unos flujos hiperconcentrados en partículas sólidas, muy agresivos con las riberas y márgenes y, en definitiva, con gran potencialidad catastrófica.

Estos flujos provocaron el aterramiento progresivo de los lechos de los cauces, y en paralelo, la elevación suplementaria de la lámina de agua y con ello una renovada capacidad de las corrientes para hacer migrar los cauces, erosionar márgenes, inestabilizar laderas o vertederos de escombros colindantes, desmantelar escolleras de protección de márgenes y, en general, afectar objetivos que por su altura y distancia al cauce parecían inalcanzables.

La Autovía del Mediterráneo desempeñó la función de laminación de caudales y retención de sedimentos. El aterramiento de los embovedados que complementariamente hacen las funciones de colectores de pluviales, provocó el colapso de las redes de pluviales.

Factores incidentes en las inundaciones.

- Existe un desajuste entre los ritmos del crecimiento urbano y de las actuaciones sobre la red de drenaje. La mayor parte del desarrollo urbanístico de Rincón de la Victoria se ha basado sobre unos sistemas de drenaje que apenas han adaptado su capacidad y funcionalidad a las nuevas condiciones.

- La implantación de determinadas infraestructuras territoriales y urbanas constituyen un factor limitante a la funcionalidad y capacidad de la red de drenaje. Estas infraestructuras alineadas al litoral, interceptan la red de drenaje natural y su implatación, progresiva y poco coordinada, no ha permitido evaluar convenientemente sus efectos, singulares y acumulados, sobre las avenidas fluviales.

- La existencia de depósitos de inertes y escombreras situadas en la "antesala urbana" de la ciudad constituye un factor de riesgo añadido. Ante una eventual inestabilización o erosión de un depósito no hay tiempo ni espacio para la mitigación y los detritus sólidos se incorporan a las aguas desbordadas agravando el alcance y efectos de las riadas sobre la ciudad.

- Las transformaciones en el medio rural y su incidencia en el régimen hidrológico. Destacaba en las cuencas altas y medias de los arroyos que drenan a La Cala y Rincón una gran extensión de suelos en plena fase de ejecución de obras, en definitiva suelos poco atemperados, muy susceptibles a la degradación por erosión.

Recomendaciones.

- El dominio público hidráulico y sus áreas de servidumbre, así como las zonas inundables, deben quedar perfectamente recogidos y grafiados en los planos de ordenación, donde deberían aparecer clasificados como suelo no urbanizable. Asimismo debe incorporar las determinaciones específicas sobre estas zonas, regulando los usos y actividades permitidos.

- Cauces, riberas, márgenes y sus funciones como espacios que canalizan avenidas extraordinarias deben estar amparados por una definición de usos que garantice la persistencia de sus condiciones de capacidad de evacuación, tanto por sus características estructurales como por su nivel de consrvación y mantenimiento.

- El planeamiento debe establecer determinaciones sobre: los estudios físico-naturales previos que avalen su sostenibilidad territorial de la actuación, el faseado temporal de las obras, la localización y dotación superficial de los diferentes usos (en particular los espacios verdes), la densidad edificatoria, y las medidas protectoras y correctoras necesarias para compensar el desequilibrio producido sobre la red fluvial y defenderse de él.

- Los proyectos de urbanización deben contar con medidas de prevención de riesgo ante un episodio intenso de lluvias que asegure la evacuación ordenada de los caudales generados y la retención de los materiales erosionados en los montes y rellenos.

d) La vegetación riparia.

La vegetación de ribera constituye un factor importante en la dinámica de los cauces y de los procesos de erosión. Según expresión de González y Garcia,

> "..en la mayoría de los casos, el efecto y conexión con el cauce continúa más allá del extremos superior del cauce, existiendo una banda riparia conectada con la dinámica fluvial, de anchura variable según la geomorfología del valle, pero siempre ilustrada con una vegetación de ribera característica, que depende de la humedad freática y frecuencia de avenida del cauce (de período de retorno superior a 1,5-2 años). En estos casos la definición de la ribera responde no solo a la seción transversal del cauce, sino a la del valle y a su conexión hidrológica y biológica con el acuífero aluvial."[27]

Vista esta expresión, este estudio identificará:

- La inexistencia, o no, de vegetación de ribera, su estado y si está constituida por especies nativas.

- Si está cumpliendo el rol de estabilización de márgenes y orillas, habida cuenta que en disponibilidad de vegetación riparia se presenta una relación anchura/ profundidad más pequeña que cuando no se cuenta con tal vegetación.

- Retención de los sedimentos que circulan por las escorrentías de la cuenca antes de llegar al cauce.

- Sombreado y control de la temperatura de las aguas del cauce, de gran importancia para las especies que lo habitan.

- El valor paisajestico de la vegetación de riberas.

[27] González del Tánago del Río, Marta; García de Jalón Lastra, Diego, op. cit.

Estudio de caso
Biodiversidad del Arroyo Alamar,
Tijuana, Baja California.[28]

El arroyo Alamar es parte del sistema hidrológico de la llamada Cuenca del Río Tijuana. Por su grado de alteración, los diferentes arroyos que conforman la cuenca pueden clasificarse en:

- Perturbados en zonas urbanas
- Perturbados en zonas suburbanas
- No perturbados en zonas naturales.

En los dos primeros casos se debe considerar las obras de canalización y urbanización realizadas para disminuir las inundaciones, pero que destruyeron los hábitats riparios, segmentando la ecología y la vegetación.

Debe tomarse en cuenta que las zonas riparias han formado una estrecha interface entre los sistemas acuáticos y terrestres en las regiones montañosas al noroeste del Pacífico, con un gran potencial para el uso múltiple de recursos. En el sitio los ambientes riparios están protegidos de vientes fuertes, de veranos secos extremosos y sujetos a inundaciones, que causan destrucción de alguna vegetación, pero crean sitio para el establecimiento de vegetación nueva.

Las zonas riparias son consideradas corredores, que se dividen en:

- Primarios, con biodiversidad, hábitats, vegetación y especies en peligro; facilitan rutas de dispersión para procesos de recolonización.
- Secundarios, idóneos para el manejo de los recursos del agua, como control de inundaciones y sedimentación, área de reserva y limpieza del agua, y para la pesca.

Desde una perspectiva ecológica el Arroyo Alamar-Tecate se divide en tres zonas:

- Zona I, dentro de la zona urbana de Ciudad Tijuana, altamente alterada y contaminada; el ambiente ripario y su ecología fuertemente impactados por basura, escombros y estancamientos de agua contaminada.
- Zona II, que presenta contaminación en las aguas que vienen del Tecate; su vegetación y ambiente ripario no muestran impactos.
- Zona III, de aparente baja contaminación; excelente conservación del ambiente ripario.

[28] Resumido de “Biodiversidad del Arroyo Alamar, Tijuana, Baja California”, por José Delgadillo, Universidad Autónoma de Baja California.

La vegetación nativa del Arroyo Alamar, en la zona I, ha desaparecido casi por completo; estuvo formada por especies como “sauces” (*Salix* spp), “álamos” (*Populus fremontii*) y “alisos” (*Platanus racemosa*). La vegetación potencial de este arroyo sería una asociación “sauce-álamo”, si las condiciones naturales originales se reestablecen.

Actualmente la vegetación del Arroyo Alomar está constituido por tres estratos:
Arbóceo, dominado por un tipo de “sauce” *(salix goodingii)*, en segundo lugar por *Salix lasiolepis*.
Arbustivo, dominado por dos arbustos nativos, el “huatamote” (*Baccharis glutinosa* y *Baccharis sarothroides*), principalmente fuera del canal en bancos de arena.
Herbáceo, variable en cuantro plantas nativas e introducidas.
Acuáticas y semiacuáticas, dentro del flujo de agua y donde se han formado pequeñas lagunas.

2. Estado y crecimiento de un ecosistema hidrográfico.

Los procesos de crecimiento de los ecosistemas naturales (específicamente los botánicos) y urbanos se esquematizan de la siguiente manera:

- Los estados de conservación, fragilidad y vulnerabilidad derivados de las acciones antrópicas sobre el medio;
- Los procesos de sucesión, que involucran patrones, ritmos y límites al crecimiento;
- Los entornos compartimentados como resultantes de los procesos y consecuencias antes anotadas.

Como ya se adelantó, los procesos de sucesión pueden derivar de mecanismos de autoregulación de los ecosistemas. Pero, también pueden ser el resultado de eventos catastróficos que desencadenan tales procesos.

En el presente estudio los procesos de sucesión se restringirán a aquellos que han derivado de vulnerabilidades (ambientales) del territorio en estudio, que a su vez son efecto de acciones antrópicas.

El propósito final del entendimiento de tales procesos de sucesión es determinar entornos compartimentados que sustenten una adecuada diversidad. Para tal efecto, una primera tarea es la determinación de unidades de paisaje o unidades ambientales.

2.1. Unidades de paisaje

Un esquema metodológico integral del Ordenamiento Ambiental Territorial contempla tres fases: Análisis del Territorio, Planificación (Propuesta de Ordenamiento) y Gestión de la Planificación (Instrumentación y Corresponsabilidad). El análisis territorial, en lo que tiene que ver con el análisis de la *ocupación del territorio* debe incluir la determinación de *entornos/ unidades de paisaje* (unidades ambientales).

Klinj y Udo de Haes han propuesto un sistema de clasificación jerárquica de ecosistemas a diferentes escalas espaciales. Tal sistema se ilustra, en forma sintética, en el siguiente cuadro:[29]

Cuadro No. 4. Clasificación jerárquica de ecosistemas según escalas espaciales

Niveles de clasificación	Escala cartográfica indicativa	Unidad cartográfica basica	Características de la clasificación
Ecozona	> 1: 50.000.000	> 62.500 Km2	Climáticas
Ecoprovincia	1: 50.000.000 – 10.000.000	62.500- 2.500 Km2	Geológicas y Geomorfológicas
Ecorregión	1: 10.000.000 – 2.000.000	2.500- 100 Km2	Litológicas y Geomorfológicas
Ecodistrito	1: 2.000.000 – 500.00	10.000 – 625 ha	Hidrología superf y subterránea
Ecosección	1: 500.000 – 100.000	625 – 25 ha	Relieve, suelos
Ecoserie	1: 100.000 – 25.000	25 – 1,5 ha	Condiciones que afectan directamente al crecimiento de la vegetación (suelo, régimen hidrológic)
Ecotopo	1: 25.000 – 5.000	1,5 – 0,25 ha	Unidad espacial más pequeña que puede ser cartografiada como polígonos y posee una estructura de la vegetación homogénea
Ecoelemento	< 1: 5.000	< 0,25 ha	Elementos puntuales no cartografiables como polígonos a escalas superiores

Ref: Klinj y Udo de Haes

[29] Tomado de “Clasificación jerárquica y cartografía de ecosistemas”

Berroterán[30], a su vez, propone un modelo de clasificación de ecosistemas en cinco niveles:

- Gran Megaecosistema, caracterizado como región natural. Se distingue por su megarelieve, su geológica y localización geográfica.

- Megaecosistema, correspondiente a una subregión natural. Se caracteriza por su macrorelieve, el material parental, la altura relativa sobre el nivel del mar, el comportamiento hidrológico, la distribución de fauna.

- Macroecosistema que presenta un mesoclima característico. Se distingue por el número de meses húmedos, paisaje geomorfológico, mesorelieve, fisonomía de la vegetación, característica de los suelos, distribución de fauna.

- Mesoecosistema, correspondiente a asociación de formas de terrenos repetitivas, caracterizados por mesoclima, clase de vegetación, uso actual, característica de los suelos, susceptibilidad a erosión e inundación.

- Unidad de ecosistema, correspondiente a formas de terreno con homogeneidad relativa en relieve, suelo, vegetación, fauna y uso de la tierra.

Por el tamaño de la Zona de Planificación F, la clasificación aplicable es la de *Ecodistrito.* Las microcuencas de estudio pueden corresponder al nivel de *Ecosección*. En consecuecia*, las características generales que se han tomado en consideración son la hidrología, los relieves y los suelos.*

Por otra parte, las *unidades de paisaje* corresponden a la determinación de *áreas homogéneas.* Como ya se adelantó, tal homogeneidad, que debe ser perceptible perceptible y funcional, se puede sustentr en:

- tipología, o similitudes internas,
- corología, según diferencias externas,
- integración holística, con bases sistémicas.

Por la naturaleza del estudio interesa definirlas como *integración holística (sistémica).* Los atributos a considerar para su determinación son los que corresponden a *Ecoserie* o eventualmente, *Ecotopo,* específicamente cobertura y uso del suelo*.*

[30] Berroterán, José L., “Enfoque Metodológico de Ordenamiento Ecológico”, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Zoología Tropical, Caracas.

2.2. Estado de conservación.

"El estado de conservación de un sistema puede evaluarse usando indicadores del ecosistema, como: pérdida de biodiversidad y hábitat, bloques o trozos de hábitats, porcentaje de áreas no intervenidas, rata de conservación de la vegetación nativa, degradación de caracteristicas del sistema por erosión, contaminación, etc."[31]

a) Estado de la cobertura.

En este estudio, en razón del rol de la vegetación en el ciclo del agua y como soporte faunístico, se focalizará el análisis, en el estado de conservación de la cobertura. Tal estado de conservación se clasificará de acuerdo a las siguientes categorías:

Muy ralo – 5%
Ralo, 5-30%
Semicubierto 31-54%
Semicerrado, 55-80%
Cerrado + 80%

b) Fragmentación del bosque.

De la superficie de cobertura, la más significativa es la boscosa. A efecto de establecer el estado de la cobertura boscosa es menester apelar a la noción de *fragmentación del bosque.*

La *fragmentación* puede ser definida "como la transformación de un bosque continuo en muchas unidades más pequeñas y aisladas entre sí, cuya extensión areal resultante es mucho menor que la del bosque original."[32]

Con el propósito de establecer el estado de la cobertura boscosa del area de estudio se utilizará la siguiente *zonificación según niveles de deterioro:*

- Zonas de deterioro ecológico, las que han perdido más del 50% de la cobertura vegetal y no presentan un polígono de continuidad mayor a 2 500 ha.
- Zonas de fragmentación, las que aún poseen más del 50% de la cobertura forestal, pero no presentan un polígono de continuidad mayor a 2 500 ha.
- Zonas de deforestación, las que poseen más del 50% de cobertura forestal y presentan polígonos de continuidad mayor a 2 500 ha.

---

[31] Berroterán, José L, ibid.
[32] Bustamante R, Grez A, "Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos", Universidad de Chile, Ambiente y Desarrollo, Junio de 1995.

- Zonas de conservación, las que poseen más del 75% de cobertura forestal y no presentan problemas de fragmentación.

Adicionalmente, el **efecto borde** constituye otro factor a considerar en los procesos de fragmentación. Para estimar tal efecto se establece una *caracterización* de la fragmentación, la que se analiza en atención a los siguientes indicadores:

- número de fragmentos;
- tamaño de los fragmentos;
- forma de los fragmentos;
- aislamiento de los fragmentos;
- tipo de *matriz* que rodea los fragmentos.

En términos generales, un número grande de fragmentos (particularmente si son de pequeño tamaño), la irregularidad de la forma o una forma alargada y la excesiva separación entre ellos, son atributos negativos de la fragmentación.

Lo indicado es particulamente relevante cuando las especies que constituyen la matriz o entorno del fragmento son agresivas y tienden a colonizar al fragmento, o cuando son suceptibles a incendios, tal cual es el caso de los pastizales.

Si el fragmento es pequeño, o alargado, o por su forma tiene un gran perímetro, es más suceptible de ser afectado por incendios o colonización, que aquellos fragmentos de buen tamaño y de forma regular. Estudios realizados han comprobado que el efecto borde es muy marcado en los primeros 50 m del perímetro, extendiéndose hasta 200 m adicionales[33]

A su vez, la separación excesiva de los fragmentos podría afectar procesos de polinización, búsqueda de alimentos, procreación, etc. Ahora bien, el caracter negativo de la separación va a depender de las especies; en función de su tamaño y de su forma de locomoción, la separación va a ser grande o pequeña.

El tamaño del fragmento va ser suficiente, o insuficiente, dependiendo de la especie. Algunas requerirán hectáreas para sobrevivir, a otras les bastará cientos de metros.

[33] Von Horstman, Eric/Carabajo Carabajo Sonia, "Estrategia para el establecimiento de un corredor biológico para la conservación del bosque protector Cerro Blanco con énfasis en el guacamayo verde mayor *Ara ambigua guayaquilensis",* Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador 2005.

Los *efectos/ consecuencias* de la fragmentación se pueden sistematizar de la siguiente manera:

- Reducción de la población de las especies residentes, en razón del incremento de la mortalidad o por aumento de las emigraciones.
- Facilita la invasión de nuevas especies a los fragmentos, en razón de la matriz de las especies que rodean el fragmento y a los cambios microclimáticos que experimenta el fragmento.
- Incremento de la depredación, en razón de la mayor accesibilidad de los depredadores provenientes de la matriz.
- Disminución de los procesos de descomposición, en razón de la disminución de las especies descomponedoras y de la humedad, lo que a su vez trae como consecuencia la disminución de los nutrientes y de la actividad microbiana, respectivamente.
- Disminución de las interacciones biológicas que posibilitan la polinización y la dispersión de semillas, debido a la disminución de los insectos polinizadores y de las aves que dispersan las semillas con sus excrementos.

La calificación indicada se aplicará en el diagnóstico de las microcuencas 13 y 14, tanto para el bosque seco tropical de las cumbres y laderas de la Cordillera Chongón, como en el manglar que bordea los ramales del Estero Salado.

Estudio de caso

La fragmentación de los bosques nativos de Chile.
Caso, Bosque Marqués de Comillas.

Descripción del problema.

En Chile el catastro nacional registra 13’443.316 ha de bosque nativo. Mas, la intervención humana en tal bosque ha fragmentado el hábitat de distintas especies, lo cual ha provocado la extinción de múltiples especies.

La evidencia más notoria de tal intervención es la deforestación. Sin embargo, la división en “parches” de los bosques es otro indicador del estado del ecosistema bosque, pues permite establecer los límites de deterioro de un área arbolada y su posibilidad de mantener relaciones, como hábitat, con las áreas más compactas.

Fragmentaciones adicionales disminuye el tamaño medio de los parches y los aísla entre sí, y respecto del remanente compacto. Otro efecto es el incremento del efecto borde, esto es, la vulnerabilidad mayor del borde respecto de su área interior.

En 1974 se conservaba en Chile un polígono de 160.000 ha. de selvas medianas y bajas que, en vecindad con la Reserva de Biosfera Montes Azules, aseguraba hábitat a especies como el águila arpía.

En 1986, la construcción de una carretera y la apertura a actividades agropecuarias inicia el proceso de fragmentación del indicado polígono, lo que lo ha vuelto escasamente viable como hábitat para especies de este tipo. Para tal época, aún se mantiene un bloque continuo de 100.000 ha.; sin embargo, su colindancia con Montes Azules solo tiene continuidad hacia la parte sur de Zamora Pico de Oro, porciones de Quiringuicharo y Chajul.

Para 1993, hay nueve fragmentos de más de 2.500 ha., siendo el mayor de 60.000 ha. Los polígonos menores de 2.500 ha. son 157, pero su supervivencia está amenazada por el crecimiento de las áreas agrícolas.

El área amenazada, denominada Marqués de Comillas, en razón de la fragmentación y el cambio de los usos del suelo, se caracteriza mediante cuatro grupos de zonas:

Zonas de deterioro ecológico, que han perdido más del 50% de la cobertura vegetal y no cuentan con polígonos continuos de más de 2.500 ha.; se presentan problemas de erosión en las áreas convertidas en agrícolas.

Zonas de fragmentación, que poseen más del 50% de cobertura vegetal, pero no cuentan con polígonos continuos de más de 2.500 ha. Estos casos experimentan fuertes presiones para convertirlas en agrícolas.

Zonas de deforestación, que poseen más del 50% de cobertura boscosa y cuentan con polígonos de más de 2.500 ha. Los procesos de deterioro son causados más por la deforestación que por la fragmentación.

Zonas de conservación, que poseen más del 75% de cobertura forestal, no experimentando procesos de fragmentación.

Factores causales.

La fragmentación del hábitat puede deberse a:

- La introducción de especies.
- La explotación excesiva de especies arbóreas y animales.
- La contaminación del suelo, el agua y la atmósfera
- La modificación del clima mundial.
- Las agroindustrias y la forestación.

En el caso del bosque Marqués de Comillas la fragmentación se ha debido a la introducción de especies vía expansión de la frontera agrícola.

Medidas correctivas.

Bustamante y Grez[34] proponen las siguientes medidas tendentes a restaurar los bosques chilenos:

- Minimizar los efectos borde, plantando especies nativas de rápido crecimiento alrededor de los fragmentos, con el propósito de disminuir la influencia de la matriz sobre los fragmentos.
- Aumentar la conectividad de los fragmentos, a través de reforestación con especies nativas.
- Proteger los corredores de vegetación nativa sobrevivientes, con el propósito de facilitar el traslado de organismos entre los fragmentos.
- Proteger los árboles remanentes en la matriz, para generar focos de concentración de semillas.

2.3. Crecimiento

Para analizar los procesos de crecimiento del ecosistema de las microcuencas 13 y 14 se utilizarán dos categorias: sucesión y entornos compartimentados.

a) Sucesión.

Metodológicamente en este estudio se postulan los siguientes límites a la noción ecológica de sucesión:

a) Se la entenderá como la *modificación del entorno físico* por parte de la comunidad humana.
b) Si las distintas modificaciones humanas del entorno en el área de estudio han culminado en un *ecosistema estable.*

Modificación del entorno físico. Las modificaciones del entorno se expresarán como un mapa de usos del suelo del área de estudio, para lo cual se utilizará información elaborada por CLIRSEN en 1997 para la Municipalidad de Guayaquil, la que se ha actualizado con información reciente.

Estabilidad del ecosistema. La estabilidad de los ecosistemas, caracterizados como unidades de paisaje, por su parte, se calificará de acuerdo a los siguientes parámetros:

[34] Bustamante, Ramiro; Grez, Audrey, op. cit.

- *Estado de conservación de sus atributos propios*.

Para el caso de ecosistemas naturales, se utilizará el análisis de coberturas del apartado predecedente.

Para el caso de ecosistemas artificiales, se calificará su *urbanidad* de acuerdo a la disponibilidad de servicios básicos de infraestructura: agua potable, energía eléctrica, alcantarillado sanitario y pluvial

- *La vulnerabilidad frente a crecidas estacionales y extraordinarias.*

Para este aspecto, tres conceptos deben explicitarse:

- *Amenaza*: probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de origen natural sorpresivo, de evolución rápida y relativa severidad.
- *Vulnerabilidad*: susceptibilidad intrínseca de los componentes antrópicos del territorio a ser dañados, total o parcialmente, en virtud de una amenaza.
- *Exposición*: distribución espacial de la población, actividades, bienes, infraestructura, etc. eventualmente impactados por la amenaza.

En el caso de análisis la amenaza a considerar son las precipitaciones, particularmente las extraordinarias (El Niño). Para tal efecto, el area de estudio se mapeará, identificando *zonas de inundación* y *zonas de riesgo*. El procedimiento a utilizar es el siguiente:

Estimación del caudal máximo esperado.
Identificación de las zonas inundables.

Mapeo de zonas de inundación:
- frecuente (periodo de retorno menor a 50 años)
- ocasional (período de retorno entre 50 y 100 años)
- excepcional (período de retorno mayor a 100 años)

Valoración: matriz de exposición
Mapa de zonas de riesgo:
- Alto: graves daños a núcleos de población;
- Significativo: impactos en viviendas aisladas, servicios básicos y actividades agrarias;

- Bajo: daños menores a servicios básicos y actividades agrarias.[35]

- *La fragilidad de los ecosistemas.*

Medida como la capacidad de una unidad de paisaje para resistir las presiones de las unidades colindantes.

b) Entornos compartimentados.

Eugene P. Odum postula el enfoque de *entornos compartimentados* como una estrategia que permita la interconexión de áreas urbanas e industriales con ecosistemas naturales (jóvenes y maduros). Según Odum, *el conocimiento de los flujos de energía y el movimiento de materia y organismos entre los compartimentos, permitiría estimar los límites razonables (tamaño y capacidad de carga) de cada compartimento*.

Siguiendo el postulado de Odum, se pretende sintetizar los análisis precedentes, *identificando* en el área de estudio los siguientes tipos de entornos compartimentados:

- ***Entorno protector****, constituido por sistemas ecológicamente maduros.*
- ***Entorno productivo****, conformado por sistemas en crecimiento.*
- ***Entorno intermedio****, correspondiente a sistemas multiuso (intermedio entre protector y productivo).*
- ***Entorno urbano-industrial****, referidos a sistemas artificiales.*

Este resultado síntesis constituye la base de la parte propositiva del estudio, cuyo esquema de formulación se explica en el apartado sobre el Modelo Normativo.

El presente estudio no realizará las estimaciones que permitan establecer la capacidad de carga de cada compartimento, aunque las incluirá como parte de la propuesta de un modelo normativo y de gestión del ordenamiento urbano sostenible.

[35] Horcajada, Tamara; Simancas, Moisés; Dorta, Pedro, "La Constatación y Validación de los Mapas de Riesgo de Avenidas en Pequeñas Cuencas Hidrográficas Mediante Sistemas de Información Geográfica. Propuesta metodológica y Aplicación a la Ordenación del Territorio" Universidad de La Laguna, Departamento de Geografía, España.

2.4. Estado de la fuente receptora.

Para precisar metodológicamente este componente es menester retomar unos conceptos del capítulo II, los que se transcriben a continuación:

> *"Un modelo adecuado de gestión del territorio requiere una identificación de sus ecosistemas y su dimensionamiento en un espacio geográfico concreto.*
>
> Los ecosistemas deben ser clasificados funcionalmente y cartografiados. Tal clasificación demanda "utilizar como espacio de referencia la cuenca hidrográfica, o sistema geográfico de drenaje superficial y subterráneo, ya que constituyen las entidades territoriales mínimas de interacción del ciclo hidrológico con la biosfera.
>
> Dado que la *estructura* de un sistema describe su *estado interno*, conviene identificar dos tipos de estructura: a) una vertical, que incluye las relaciones entre los componentes de un espacio, y, b) otra horizontal, que incluye las relaciones entre componentes de distintos espacios o lugares."

Como espacio geográfico concreto, las microcuencas en estudio culminan su desarrollo en una fuente receptora, el Estero Salado. De igual manera que se analiza el estado de las microcuencas, según las variables descritas se propone incluir el análisis realizado para la determinación del estado o calidad del agua del Estero Salado.

Estudio de caso

Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado Guayaquil, Ecuador[36]

Tras el análisis de la Información Básica, que incluía referentes sobre la calidad de agua del Estero, operación y descargas del alcantarillado sanitario y pluvial, descargas industriales, servicio de recolección de desechos sólidos y características de la zona de influencia de los diferentes tramos del Estero, se logró determinar que las principales fuentes de contaminación, casi en el 100%, son:

[36] Tomado del Resumen Ejecutivo preparado para el "Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado", elaborado por la asociación Lahmeyer- Cimentaciones.

- Las aguas servidas domésticas descargadas en el Estero Salado y

- Las aguas servidas industriales que entran en el Estero Salado.

Según las estimaciones del Consultor la proporción de la contaminación por aguas servidas que entran en el Estero Salado es: 60% de origen doméstico y 40% de origen industrial.

También existen otras fuentes de contaminación, pero con menor incidencia relativa, que generan más bien problemas de carácter visual sobre este cuerpo de agua:

- Los desechos sólidos vertidos en el Estero Salado por la población.

- Las aguas de las superficies que entran por las lluvias.

Las aguas negras entran en el Estero Salado por vía directa: en los tramos donde los habitantes de las riberas no disponen de un servicio de Alcantarillado Sanitario; y por vía indirecta: por fugas en la red o por las deficientes o inexistentes redes de colección de aguas servidas, descargadas en el Estero, y por conexiones ilícitas de aguas servidas a los canales pluviales.

El grado de contaminación de los tramos en los que ha sido dividido el Estero, para efectos de este estudio (A-I), varía de acuerdo al tipo de descarga y desechos que recibe, lo cual está relacionado con el tipo de actividad que se desarrolla en sus riberas o cerca de ellas, y a las características geométricas, el volumen de agua o el comportamiento de flujo y reflujo.

Así por ejemplo, los tramos altos del Estero (A,B), los cuales involucran a los sectores Norte y Noroeste de la ciudad, forman un cuerpo que permanece sin intercambio de agua por largos períodos de tiempo, receptando efluentes industriales y domésticos. Ahí los niveles de contaminación son elevados y se registran los mayores problemas, en cuanto a la calidad del agua. El total de la carga contaminante que entra por las aguas servidas domésticas e industriales crea ahí, un déficit de más de 10 toneladas de oxígeno por día.

Se analizó los doce conceptos planteados como anteproyectos en los Términos de Referencia, en la fase de prefactibilidad, en la cual se descartó la alternativa Trasvase de Aguas, por razones técnicas y económicas argumentadas.

Al ser las descargas de aguas servidas las principales fuentes de contaminación del Estero Salado, se considera que solo hay una solución a corto, mediano y largo plazo, verdadera, de resultados permanentes y posibles de realizar a costos aceptables, esta es:

- La intercepción eficiente de las aguas servidas, para descargarlas al Río Guayas (tiene una capacidad de dilución infinitamente superior al Estero), en una primera etapa, y el tratamiento de las aguas servidas producidas en la ciudad, como solución final y definitiva. Esto implica también la rehabilitación y ampliación del sistema de alcantarillado y el uso de letrinas y pozos sépticos en ciertos sectores.

Otras alternativas han sido consideradas únicamente como Medidas transitorias y complementarias, pues por sí mismas no son una solución al problema de la contaminación del Estero. Éstas, más bien, constituyen medidas de apoyo para la alternativa Intercepción de las aguas servidas, que evita que las fuentes de contaminación más importantes, lleguen al Estero. Son las siguientes:

- Sistema de aeración artificial en ciertos tramos del Estero.

- Operativos de limpieza.

- Retención de aguas en el tramo B.

- Estabilización de los taludes.

A estas medidas deben sumarse los Programas acompañantes, que permitirán, junto a la intercepción de las aguas servidas, alcanzar una recuperación casi absoluta del Estero y con efectos permanentes. Son medidas por las cuales se puede determinar el uso de las aguas en los diferentes tramos, el ordenamiento de las riberas y la reintegración de la población con el Estero y viceversa. La ciudadanía guayaquileña podrá encontrar en el Salado, nuevamente, un sitio de recreación y logrará una identidad con este referente geográfico tan característico de la ciudad. Estos programas son:

- Programa de monitoreo de la calidad de agua.
- Educación Ambiental.
- Reasentamiento poblacional.
- Integración paisajista-arquitectónica-recreativa.

Con la aplicación adecuada de la Mejor Alternativa se recomienda la descontaminación del Estero Salado se lograría en un 95%, al cabo de 5 años. Del primer al segundo año el efecto de descontaminación será del 50%, al tercer año la contaminación se la habrá reducido al 30% y al cuarto año al 20%.

3. Modelo normativo y de gestion ambiental territorial.

Fundamentados en el funcionamiento y crecimiento de los ecosistemas se propone un modelo, o estructura, normativa y de gestión del ordenamiento urbano sostenible en atención a los siguientes componentes:

- Planificación del uso del territorio, en sujeción a la *calificación urbanística* del suelo;
- Normativa de *utilización ambientalmente sustentable* de áreas libres, verdes y recreacionales;
- Normativa para la *asignación urbanística y sustentable de los usos del suelo* en sus diversas calificaciones;
- Normas reguladoras de procesos ambientalmente sustentables de *edificación y construcción.*
- Criterios normativos aplicables al *manejo de laderas inestables, flujos de escombros y aguas excedentarias* por precipitaciones.

3.1. Modelo normativo.

El modelo normativo se constituirá precisando, inicialmente, los *productos u outputs,* para luego desarrollar los *insumos y procesos* que permitan lograr aquellos.

Productos u outputs

A efecto de operativizar la propuesta de este estudio, se acogerán las categorías normativas contenidas en las Ordenanzas del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, y, Sustitutiva de Edificaciones y Construcciones, esto es:

- El Régimen Urbanístico del Suelo, que se refiere a:
    - la calificación del suelo, en urbanizado, urbanizable y no urbanizable;
    - la utilización urbanística del suelo, referida a usos del suelo y la intensidad de ocupación del suelo.

- Las Normas Particulares del Régimen Urbanístico del Suelo, aplicables a la Zonificación que se estableciere.

En la línea normativa indicada, la contribución específica de este estudio a tal marco regulatorio será:

a) **La determinación de un modelo de delimitación y caracterización de las distintas Zonas en que urbanísticamente se podría dividir un territorio dado.**

b) **Condicionantes de usos y edificación que protejan las cuencas hidrográficas y el recurso agua, en atención al estado de conservación o perturbación de una cuenca.**

Insumos y procesos.

El modelo normativo especificará de qué manera se incorporan dos insumos:

a) Las determinaciones del ordenamiento territorial del sitio.
b) La evaluación del riesgo ecológico derivado de los requerimientos de espacio para usos urbanísticos.

A su vez, el modelo debe incorporar los procesos propios de los “rituales” en el planeamiento urbanistico, a saber

a) Criterios de localización
b) Calificación de la aptitud del territorio
c) Requerimientos de espacio
d) Generación de alternativas

3.2. Gestión ambiental territorial.

El modelo incorporará, como contribución a la correcta gestión ambientasl territorial, un procedimiento aplicado por la EPA, por medio del cual se realiza una constatación de un problema específico con un conjunto seleccionado de Mejores Prácticas de Manejo.

CAPITULO IV
MARCO LEGAL

Este capítulo no pretende realizar un análisis de la normativa que rige el ordenamiento territorial en el país. Solo tiene la pretensión de transcribir las normas legales que han actuado como marco de referencia del estudio.

Cuando se ha considerado importante, se ha transcrito un juicio analítico emitido por un especialista, a efectos de advertir los límites de la propuesta normativa de este estudio y la justificación de estudios que se recomienda realizar.

CONSTITUCION POLITICA DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Título II Derechos
Capítulo Séptimo. Derechos de la Naturaleza

> Art. 71. La naturaleza o Pachamama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.
>
> (.....)

Título V. Organización Territorial del Estado.

> Art. 241. La planificación garantizará el ordenamiento territorial y será obligatoria en todos los gobiernos autónomos descentralizados.

Título VII Régimen del Buen Vivir
Capítulo Segundo Biodiversidad y Recursos Naturales

En este caso no se transcriben las normas en razón de su extensión, solamente se enlistan los títulos de las Secciones, con el propósito de dimensionar la amplitud de la norma:

> Sección Primera. Naturaleza y Ambiente
> Sección Segunda. Biodiversidad
> Sección Tercera. Patrimonio Natural y Ecosistemas
> Sección Cuarta. Recursos Naturales
> Sección Quinta. Suelo

Sección Sexta. Agua.
Sección Séptima. Biosfera, Ecología Urbana y Energías Alternativas.

LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL (LPCCA). [37]

La consutora Lahmeyer – Cimentaciones respecto de esta Ley realiza el siguiente análisis:

> "36. La aplicación de esta Ley está principalmente a cargo del Ministerio de Salud. Anteriormente estaba a cargo del IEOS el cual fue suprimido mediante Decreto No. 1820 del 14 de junio de 1994.[38] Sin embargo, el decreto por medio del cual se suprimió el IEOS establece que todas las competencias que las leyes de origen y sus reformas sucesivas concedían a este instituto, inclusive aquellas que añaden competencias, se transfieren al MIDUVI. Por tanto, aunque se deberá entender que la competencia del MIDUVI se circunscribe solo a las áreas urbanas, existe la duda de cómo se ve afectada la competencia del Ministerio de Salud.
>
> 37. El Ministerio de Salud, según la competencia asignada por el Código de la Salud, tiene directa relación con la prevención y control de la contaminación del agua de consumo humano, de las aguas residuales, del aire, del ruido, de las radiaciones y de la contaminación producida pro los desechos sólidos en el suelo.
>
> 38. Según la LPCCA las instituciones nacionales directamente involucradas en el control de la contaminación ambiental, son las siguientes: en lo relativo a la **contaminación del agua,** el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), el Ministerio de Salud (antes el IEOS)[39] y la Dirección general de la Marina Mercante y del Litoral (DIGMER); en lo relativo a **la contaminación del aire**, el Ministerio de Salud y la Dirección Nacional de Tránsito; y, en lo relativo a la **contaminación del suelo**, el Ministerio de Salud, el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el Ministerio de Energía y Minas, el Ministerio de

[37] Decreto Supremo No. 374 del 21 de mayo de 1976, Registro Oficial No. 57 del 31 de los mismos mes y año.
[38] La Ley de Modernización del Estado, Privatizaciones y Prestación de Servicios Públicos por parte de la iniciativa privada, le confiere al Presidente de la República la facultad de fusionar, reorganizar o suprmir las entidades públicas que crea conveniente para el mejor funcionamiento de la administración pública. R.O. 349 del 31 de diciembre de 1993, artículo 17.
[39] El IEOS fue suprimido mediante Decreto No. 1820, R.O. No. 461 del 14 de junio de 1994. Este también fue el caso de la Junta Nacional de la Vivienda.

Industrias, Comercio Integración y Pesca y la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.

41. Son supletorias de la LPCCA, el Código de Salud, la Ley de Aguas, el Código de Policía Marítima y las demás leyes en materia de aire, agua, suelo, flora y fauna.
42. Existe concordancia entre la Ley de Prevención y control de la Contaminación ambiental y la de Régimen Municipal –lit. a) y j) del art. 164- relacionada con la gestión municipal en materia de higiene y asistencia. Las actividades municipales deben coordinarse con las autoridades de salud y dar cumplimiento de las normas legales sobre saneamiento ambiental, especialmente las relacionadas con ruidos, olores desagradables, humos, gases tóxicos, etc. y demás factores que puedan afectar la salud y bienestar de la población."[40]

REGLAMENTOS A LA LEY SOBRE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

"Han sido expedidos en diferentes años y no constituyen un mismo cuerpo legal. Son instrumentos que en la práctica no han tenido suficiente sustento o apoyo institucional, político y técnico. Son los siguientes:

- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en lo relativo al Recurso Agua.[41]
- Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental por Ruidos. [42]
- Reglamento sobre la Contaminación de Desechos Sólidos.[43]
- Reglamento sobre Normas de la Calidad del Aire y sus Métodos de Medición.[44]»[45]

[40] Lahmeyer – Cimentaciones, "Proyecto Integral para la Recuperación del Estero Salado".
[41] R.O. 204 del 5 de junio de 1989.
[42] R. O. 560 del 12 de noviembre de 1990.
[43] R.O. 991 del 3 de agosto de 1992.
[44] R.O. 726 del 15 de julio de 1991.
[45] Lahmeyer – Cimentaciones, op. cit.

LEY ORGANICA DE REGIMEN MUNICIPAL

El Art. 198 de la Ley Orgánica de Régimen Municipal, en materia ambiental, establece:

(.....)
"Los municipios y distritos metropolitanos efectuarán su planificación siguiendo los principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales."

Esta disposición no trata solamente del control municipal sobre las actividades, públicas y privadas, que impactan al ambiente, sino que es mandatoria respecto de acciones preventivas y reguladoras, que anticipan el desarrollo en atención a procesos municipales de planificación.
Lo indicado ya consta en las antiguas disposiciones relativas a los Planes Reguladores de Desarrollo Físico Cantonal y de Desarrollo Urbano. La diferencia radica en el ampliado carácter de tal planificación: sujetarse a *principios de conservación, desarrollo y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.*

ORDENANZA DEL PLAN REGULADOR DE DESARROLLO URBANO DE GUAYAQUIL

"La Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil (en lo sucesivo OPRDU), establece algunas disposiciones relacionadas con la protección de los recursos hídricos, así como de regulación de acciones urbanísticas y de explotación que podrían deteriorarlos.

La indicada Ordenanza establece cuatro tipo de regulaciones, ordenadas jerárquicamente: a) régimen urbano ambiental; b) régimen urbanístico del suelo; c) normas particulares del régimen urbanístico del suelo; y, d) instrumentos de ordenamiento. En lo que sigue, se analizan dichas regulaciones.

El art 30 de dicha Ordenanza clasifica el territorio según sistemas ambientales: urbanos, extractivos y paisajísticos, y, naturales. El art. 32 enfatiza que el recurso agua se lo considera un componente no urbanizable, cuyas normas de calidad serán las que promulgue específicamente la municipalidad, aplicándose a fata de éstas las del Ministerio de Salud o las de la EPA (art. 35).

El art. 36 establece, entre otras, la necesidad de disponer "franjas de protección para ríos y esteros, en aplicación de reglamentos, acuerdos y ordenanzas." El art. 38 establece normas generales relativas a la calidad del ambiente biológico,

flora y fauna, señalando que “la Dirección de Medio Ambiente utilizará modelos de evaluación de los hábitats en cuestión, que permitirán dimensionar la eventual afectación de las comunidades bióticas por la alteración del agua, el suelo y el aire, y así establecer normas para reducir el correspondiente impacto.” El art. 40 establece qué tipos de actuaciones urbanísticas requieren de Estudios de Impacto Ambiental.

Respecto de normas generales del régimen urbanístico del suelo, el art. 45 de la OPRDU define cuáles son los tipos de suelos no urbanizables, según estos estén destinados a acuicultura, agricultura o a actividades forestales o mineras; o por ser de valor paisajístico y, o recreacional; o por ser insalubres, peligrosas o inseguras; o, por haber sido declarados zona de reserva ecológica, refugio de vida silvestre, reserva biológica o de producción de fauna, àrea de caza o pesca, o bosque y vegetación protectores,

En cuanto a normas particulares del régimen de uso del suelo no urbanizables, los arts 83 al 87 de la OPRDU, establecen los usos admisibles, los usos condicionados, la declaración de Suelo No Urbanizable Protegido, determinaciones sobre los Planes de Manejo y sobre las condiciones de utilización y edificación. El art 86 especifica que,

“excepcionalmente en el área urbana y en suelo no urbanizable, previa autorización del Concejo Cantonal, tal como se prescribe en la Ordenanza de Canteras, se admitirá la explotación y procesamiento industrial de calizas, para lo cual se exigirá un estudio sobre el impacto de la actividad en el medio y el correspondiente Plan de Manejo.”

Finalmente, el art 20 de la OPRDU, identifica como Instrumento de Ordenamiento utilizables en los casos objeto del presente estudio a los denominados Planes Especiales, que “constituyen instrumentos municipales de desarrollo específico de carácter sectorial, aplicables a un área de actuación determinada, (que)... podrá corresponder a:
(.....)

20.3 La conservación de suelos no urbanizables, la protección de aquel que cuenta con testimonios arqueológicos o históricos, la regulación de áreas por instalaciones de riesgo y vulnerabilidad.....”[46]

[46] Argüello S, Guillermo, “El Deterioro de las Cuencas de Drenaje no. 13 y 14 de la Cordillera Chongón Colonche y los Peligros de Inundacion de Puerto Azul:
Diagnóstico y Medidas de Mitigacion”, Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Postgrado, 1997.

ORDENANZAS DE PARCELACIONES Y URBANIZACIONES, Y DE EDIFICACIONES Y CONSTRUCCIONES.

Dos ordenanzas instrumentadoras de la OPRDU son las de parcelaciones y de edificaciones. Estas incluyen normas que apoyan las disposiciones generales. En los siguientes párrafos se analizan algunas de sus disposiciones.

La Ordenanza de Parcelaciones y Urbanizaciones vigente, por ser escueta (12 artículos) y antigua (mayo de 1969), no establece determinaciones relativas a aspectos ambientales. Por tal razón, se analiza el Proyecto de Ordenanza Sustitutiva de Parcelaciones y Urbanizaciones (OPU), en estudio por la Comisión Permanente de Planeamiento y Urbanismo de la Municipalidad de Guayaquil. La OPU hace referencia aspectos ambientales, pero en forma marginal e imprecisa, tal como se analiza a continuación.

Inicialmente el indicado proyecto de ordenanza, en el capítulo Régimen Urbanístico Ambiental, hace las siguientes declaraciones prometedoras:

“Art 10. Protección del Medio Ambiente.- A efectos de conservación de la naturaleza, toda propuesta de cualquiera de los tipos de desarrolllos urbanísticos normados en la presente Ordenanza deberá preservar el entorno, por lo que la concesión de cualquier autorización o permiso se supeditará en general a las Ordenanzas actualmente vigentes y a las que (se) dicten al futuro sobre la materia, así como en forma particualr a las siguientes consideraciones:

10.1.- La Municipalidad no autorizará aquellas actuaciones en las que la actividad a desarrollarse pueda generar situaciones dañosas permanentes para el medio ambiente, tales como ls contaminación atmosférica, las perturbaciones por ruidos y vibraciones y el deterioro del paisaje, en grado tal que justifique la negativa correspondiente, para el efecto la Dirección de Medio Ambiente emitirá el informe respectivo de conformidad con la correspondiente Ordenanza.

10.2.- Se deberá mantener la conformación de los suelos en las partes que actúan como drenajes naturales.

Excepcionalmente, previo informe favorable de la Dirección de Medio Ambiente, cuando la complejidad de la obra lo amerite, la construcción de obras civiles en dichos suelos podrá ser autorizada por la Municipalidad previa consulta a la empresa prestadora de servicios de agua potable y

alcantarillado pluvial, y a la entidad prestadora de servicios de regadío, según sea el caso.

Independientemente de lo anterior, las obras a realizar deberán cumplir cuando menos con las siguientes previsiones:

a) Los terrenos materia de actuación urbanística, de ser atravesados por esteros, ríos o arroyos que capten o conduzcan escorrentías, mantendrán franjas de protección en sus riberas conforme a los informes de las instituciones que regulen la materia,
b) Las franjas de protección o de servidumbre finalmente establecida, podrá ser destinada a espacios verdes o ajardinados, siempre y cuando se mantenga la restricción de no edificar....."

Las iniciales declaraciones prometedoras se desvanecen cuando se remite la especificidad de la regulación a lo que determinen otras entidades. La atribución de planificación y regulación normativa se la hace depender de criterios puntuales de ingeniería, que generalmente no se conducen según las visiones holísticas a que se ha hecho referencia en este estudio.

Más aún, progresando en el análisis del indicado proyecto de Ordenanza, la promesa se reduce a una mínima expresión.

Las Normas de Diseño que el indicado proyecto de ordenanza establece para las "obras de habilitación urbanística" en "regularizaciones urbanísticas" (ocupaciones informales a regularizar) indica lo siguiente:

> "b) Obras de Saneamiento.
> Provisión de espacios para obras especiales para el drenaje pluvial, cuando se determine que el aporte hidráulico de la cuenca lo requiere."

Tales Normas de Diseño, cuando se refieren a desarrollos urbanísticos (urbanizaciones) y al aspecto "infraestructura", señala:

> "b) Infraestructura.
>
> En lo referente a infraestructura sanitaria (agua potable, aguas lluvias y servidas), así como en electricidad, telefonía, sistema contra incendios, etc., serán las que determinen las prestatarias de los servicios."

Como se puede observar, tratándose de regularizaciones de ocupaciones informales se hace mención a la noción de "cuenca hidrográfica" y se hace referencia a la magnitud o aporte de tal cuenca, esto es, a las condiciones objetivas de un componente del medio natural. Tratándose de proyectos de urbanización, por el contrario, se omite la referencia a las "cuencas" y se traslada la responsabilidad normativa a las empresas prestatarias de los servicios.

En general, las Normas de Diseño no vinculan normativamente tales especificaciones a las declaraciones ambientales iniciales, volviéndolas estériles.

En el caso de la Ordenanza de Edificaciones y Construcciones vigente, aunque no establece una normativa general que la vincule conceptualmente a una visión ambientalista, contiene disposiciones más firmes que las del proyecto de la OPU. Así, podemos citar los siguientes artículos:

"Art. 42. Trabajos en terrenos inclinados.- En casos de terrenos con pendientes iguales o superiores al diez por ciento (10%), se respetará el perfil natural del terreno y los drenajes naturales.

42.1. Si Las condiciones del terreno no lo permiten, se construirán las obras de drenaje y estabilización que reemplacen a las naturales.

42.2. Los taludes deberán ser protejidos de su meteorización y contar con un eficiente sistema de drenaje. Los taludes verticales deberán ser resistentes al empuje resultante....."
"73. 7. Para edificaciones en terrenos con pendientes iguales o mayores al diez por ciento (10%), se presentarán cartas de responsabilidad técnica relacionadas con:

a) movimientos de tierra; y,
b) estructuras de contención y protección del terreno."

"Art. 87.- Toda institución del sector público, mixto y privado para la realización de aperturas de vías y, u obras de infraestructura deberá solicitar previamente la correspondiente autorización Municipal. Para el efecto, deberá presentar ante la Dirección de Obras Públicas Municipales una solicitud por escrito, adjuntando la

documentación que describa el proyecto de ejecución de la obra del caso....."[47]

REGULACIÓN MUNICIPAL DE LA ACTIVIDAD MINERA.

"Tres ordenanzas regulan la explotación de canteras en el cantón:

a) La Ordenanza que regula la Obligación de Realizar Estudios Ambientales a las Obras Civiles y a los Establecimientos Industriales, Comerciales de Otros Servicios, Ubicados dentro del Cantón Guayaquil (*para abreviar, de Estudios Ambientales*);

b) la Ordenanza que Regula la Explotación de Canteras en el Cantón Guayaquil *(para abreviar, de Canteras*); y,

c) la Ordenanza que Establece los Requisitos y Procedimientos para el Otorgamiento de las Licencias Ambientales a las Entidades del Sector Público y Privado que Efectúen Obras y, o Desarrollen Proyectos de Inversión Públicos o Privados dentro del Cantón Guayaquil (*para abreviar, de Licencias Ambientales*).

La ordenanza de "Canteras" recoge en los artículos 3.2 y 3.3 disposiciones de la OPRDU, en el sentido de que la explotación de canteras no se debe realizar en el suelo no urbanizable correspondiente a aquellos que se ubique sobre la cota cien metros sobre el nivel del mar (+ 100 m), ni sobre áreas de bosques y vegetación protectores, ni de preservación por vulnerabilidad.

Esta ordenanza, a su vez, en los arts 4.7, 6.4 y 7.3 exige como requisito para autorizar la explotación de canteras la "certificación de aprobación del estudio de impacto ambiental otorgado por la Dirección de Medio Ambiente de la municipalidad".

La ordenanza de "Estudios Ambientales", en los arts 2 al 7, establece: la atribución municipal; define estudios ambientales, auditorías ambientales y diagnósticos ambientales; establece quiénes y bajo qué plazos y frecuencias están obligados a presentarlos, para lo cual establece se deben aplicar "directrices" para la elaboración de

[47] Ibid.

dichos estudios. Respecto de canteras, las directrices remiten al Reglamento Ambiental para Actividades Mineras (RO No. 151 del 12 de septiembre de 1997).

La ordenanza de "Licencias Ambientales", en el art. 4, letra a, indica que aquellas son exigibles a las industrias de alto y mediano impacto, tal como éstas están definidas por el art. 120 de la OPRDU. La exigencia la hace extensiva, en el literal b, a todos los proyectos que se realicen "dentro de ecosistemas marinos o estuarinos, así como en áreas protegidas o que fueren consideradas ambientalmente sensibles según informe de la Dirección de Medio Ambiente".

Según las definiciones del párrafo anterior, y tal como consta en la "lista taxativa", anexa a la ordenanza de "Licencias Ambientales", ésta es exigible a la "Industria extractiva. Extracción de Minerales" y en general a toda actividad que incida sobre cuencas hidrográficas. Sin embargo, es una debilidad de la ordenanza la indefinición de normas específicas."[48]

NORMATIVA MUNICIPAL Y GESTIÓN DE ÁREAS VERDES...

"La OPRDU define como "Suelo No Urbanizable, aquel que no puede ser destinado a usos predominantemente residenciales, industriales, comerciales y, o de servicios, corresponden (entre otros) a: (.....) no urbanizable por corresponder a suelos de valor paisajístico y, o recreacional".[49]

El art. 83 de la misma ordenanza indica que en suelo calificado como Suelo No Urbanizable Recreacional y Turístico, "son usos permitidos complejos deportivos, hotelería, parques urbanos y metropolitanos, zoológicos, marinas y servicios al turismo."

La Municipalidad de Guayaquil no ha emitido normativa específica que regule la conservación, el mantenimiento y el uso de los suelos declarados no urbanizables y calificados como "recreacionales y turísticos".[50]

[48] ibid.
[49] Art 45 de la OPRDU.
[50] Argüello S, Guillermo, op. cit.

CAPITULO V

RESULTADOS DEL ANALISIS TERRITORIAL

CONDICIONES EXISTENTES

En los apartados siguientes se describen las condiciones generales del área de estudio, de las microcuencas 13 y 14, y de las fuentes receptoras de las aguas que aportan las indicadas microcuencas[51]. *El análisis de tales condiciones permite establecer un análisis cualitativo de la capacidad de carga del territorio en estudio.*

1. CONDICIONES GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La Zona de Planificación F, donde se ubican las microcuencas en estudio, ha sido delimitada y caracterizada por el Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil como un área ambientalmente vulnerable. Lo indicado, por tratarse de una estrecha franja de tierra entre la Cordillera Chongón y el Estero Salado, que incorpora algunos hábitats altitudinales.

En la Cordillera Chongón, correspondiente al bosque seco tropical, en época seca los arroyamientos superficiales son de poco caudal, alimentados por el aporte de agua de neblinas y garúas. Mas, en época de lluvias, las *precipitaciones sobre el propio cauce* son el aporte más importante de agua.

La deforestación de la Cordillera, debido a la explotación de árboles maderables, al desarrollo de actividades agropastoriles, a la explotación de canteras y a los desarrollos urbanísticos, han afectado en distintos grados a las microcuencas hidrográficas de la Zona de Planificación F.

El Bosque Protector Cerro Blanco constituye un testimonio bastante cercano de las condiciones originales del bosque seco tropical del área. Particularmente notoria son las condiciones de “producción” de agua de la garúa y neblinas, que se evidencian en las microcuencas que se desarrollan en el indicado Bosque Protector.

[51] La clasificación de unidades hidrográficas por su tamaño es la siguiente: a) Cuenca, entre 60.000 y 300.000 Ha. b) Microcuenca, entre 10.000 y 60.000 Ha. c) Microcuenca, menos de 10.000 Ha.

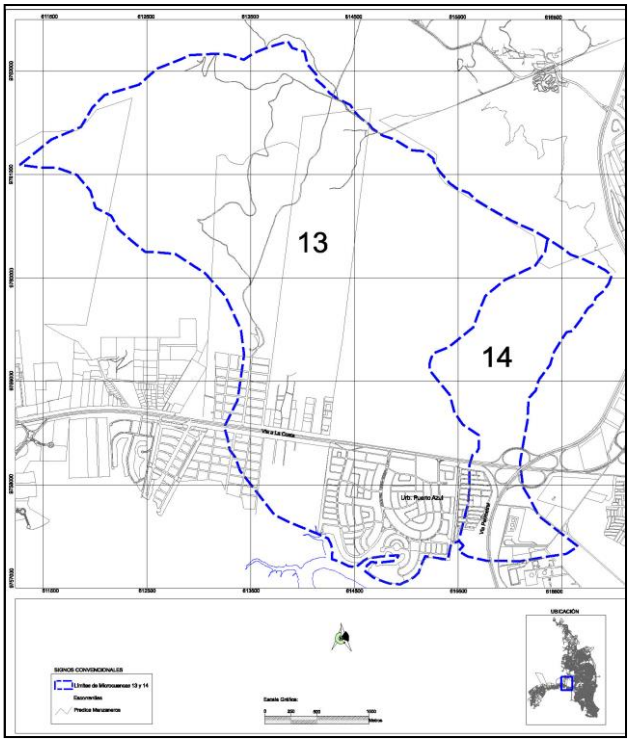
2. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y DEL FUNCIONAMIENTO DE LAS MICROCUENCAS 13 Y 14.

2.1. El flujo hidrológico.

a) Identificación.

El plano adjunto ilustra el desarrollo de las dos subcuencas del caso. La numeración de las cuencas se inicia desde el extremo occidental de las Zonas de Planificación Daular y Chongón, y avanza en sentido oeste-este hasta llegar a las microcuencas 13 y 14.

Gráfico No. 2. Microcuencas hidrográficas 13 y 14



b) Descripción.

El área de la microcuenca 13 ha sido calculada en 1.240 Has, en tanto que la microcuenca 14 tiene un área de 240 Ha.

Microcuenca 13

Hidrología.

El sistema de drenaje es dendrítico, característico de un suelo residual arcilloso. El drenaje principal tiene una longitud aproximada de 6 kms.

Nace cerca de la cima de Cerro Azul y desarrolla su recorrido en tres tramos característicos:

- un primer tramo, de alrededor de 2.200 metros de recorrido, sobre un área de fuertes pendientes;
- un segundo tramo, de aproximadamente 1.500 metros, sobre un área de pendientes moderadas;
- un tramo final, de 2.300 metros de recorrido, sobre terrenos bajos de escasa pendiente.

El drenaje principal recibe el aporte de tres quebradas por su margen izquierda u occidental. Por su margen derecho u oriental el drenaje recibe el aporte de dos quebradas. Todos ellos son de caudal intermitente.
La continuidad del drenaje principal está afectada por canteras ubicadas entre los 40 y 80 metros de altitud, y por la Urbanización Puerto Azul en la parte baja.

Aunque la concentración de escorrentías es moderada, la relativamente gran pendiente media del cauce (6.33%) y del relieve (0.096) acrecentan el peligro de acarreo de altos volúmenes de sedimentos (más de 200 Ton/ha/año) y crecidas.[52]

Relieves.

La mayor parte de la cuenca tiene pendientes que superan el 30%, por lo que hacen de estos suelos calificables como no urbanizables. Se ubican en la parte norte y central de la cuenca.

En este sector, "las pendientes varían entre el 15 y más del 70%, pero dominan aquellas mayores al 50%; en estos sectores se presenta erosión hídrica concentrada en surcos, cárcavas y deslizamientos y derrumbes en los sitios de mayor pendiente."[53]

Suelos.

Sobre una superficie de 1.240 has, los suelos principales de la cuenca son:

- Mdx Lithic Argiustolls. Sector pequeño al noroeste de la cuenca; moderadamente desarrollados, pocos profundos y con piedras;

[52] Ramiro Escobar Cárdenas, "Microcuencas hidrográficas: límites, descripción de los sistemas de drenaje, estudio morfológico e interpretación hidrológica", Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05, 2.000
[53] Ramiro Escobar Cárdenas, "Caracterización de las microcuencas e identificación de los impactos ambientales actuales y potenciales." "Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05, 2.000

oscuros, franco arcillosos, bien drenados, fértiles: Se ubican en pendientes de entre 12 y 40%.
- Exc Lithic Dystroteps. Se ubican en el norte y el centro de la cuenca, ocupando la mayor parte de ésta. Son suelos recientes, rojizos, franco arcillosos, superficiales, desaturados y de baja fertilidad. Se ubican sobre pendientes de 40% y mayores.
- Suelo urbanizado. Al centro sur y al sur de la cuenca.
- Salinas y manglares. Ocupan un área muy pequeña al sur de la cuenca.

Microcuenca 14.

Hidrología.

El drenaje es simple. Tiene una longitud aproximada de 2.8 km.. El drenaje principal tiene un afluente en la parte alta, a unos 600 metros de su nacimiento.
El drenaje principal tiene unos 2.5 metros de ancho por 0.8 metros de profundidad.

Relieves.

Dominan las pendientes que superan el 50%, aunque el relieva oscila con pendientes del 15 al 70%. De igual manera que en la microcuenca 13, se presenta erosión hídrica concentrada en surcos, cárcavas y deslizamientos, y derrumbes en los sitios con pendientes mayores.

Suelos.

En un área de 240 has., los suelos de esta microcuenca son:

- Exc Lithic Dystropepts. Al centro y norte de la microcuenca; rojizos, franco arcillosos, superficiales, desaturados y de baja fertilidad. Pendientes de 40% y más.
- Suelo urbanizado. De mediana extensión, se ubica al centro-sur de la microcuenca.
- Manglares.Sector pequeño, al extremo sur de la microcuenca.

c) Régimen de caudales de las microcuencas 13 y 14.

Para la estimación del régimen de caudales, los datos correspondientes a los coeficientes de escorrentía en los distintos tramos de las microcuencas forman parte de la fórmula del denominado *método racional*. Por lo indicado, se incia este apartado con la información relativa a los indicados coeficientes de escorrentía.

Coeficiente de escorrentía.

Los datos y análisis morfométrico, que se describen en el apartado *Generación de Residuos*, y su análisis hidrológico, se complementa con información relativa a la cobertura y los usos del suelo. Un indicador que describe adecuadamente la incidencia de estos otros factores es el *coeficiente de escorrentía.*

Para tal efecto, es menester considerar dos procesos significativos para la determinación del rol de las microcuencas en el *"ciclo del agua"*: a) la infiltración; b) la escorrentía superficial.

La infiltración de agua en el suelo está directamente relacionada con el *"coeficiente de escorrentía"* del suelo, el cual a su vez depende de los usos y coberturas del suelo.

El gráfico "Cobertura y uso del suelo" ilustra que los polígonos de las microcuencas 13 y 14 incorporan las siguientes categorías, porcentaje de coberturas y coeficiente aplicable según se describen en el Capítulo III.

En los cuadros siguientes se comparan las situaciones de cobertura y por ende los coeficientes de escorrentía de las microcuencas del caso, en dos momentos relativamente cercanos: 1.997 y 2007.

Cuadro No. 5. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 13. 1997

Cobertura	% del área	Coeficiente
Bosque seco	35	0.15
Suelo urbanizado	25	0.50
Asociación forestal	30	0.20
Manglar	10	0.05

Coeficiente ponderado de escorrentía: 0.2425

Cuadro No. 6. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 13. 2007

Cobertura	% del área	Coeficiente
Bosque seco	33.85	0.15
Suelo urbanizado	28.08	0.50
Asociación forestal	37.59	0.20
Manglar	0.43	0.05

Coeficiente ponderado de escorrentía: 0.267

Cuadro No. 7. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 14. 1997

Cobertura	% del área	Coeficiente
Bosque seco	55.83	0.15
Suelo urbanizado	37.16	0.50
Asociación forestal	1.8	0.20
Manglar	5.21	0.05

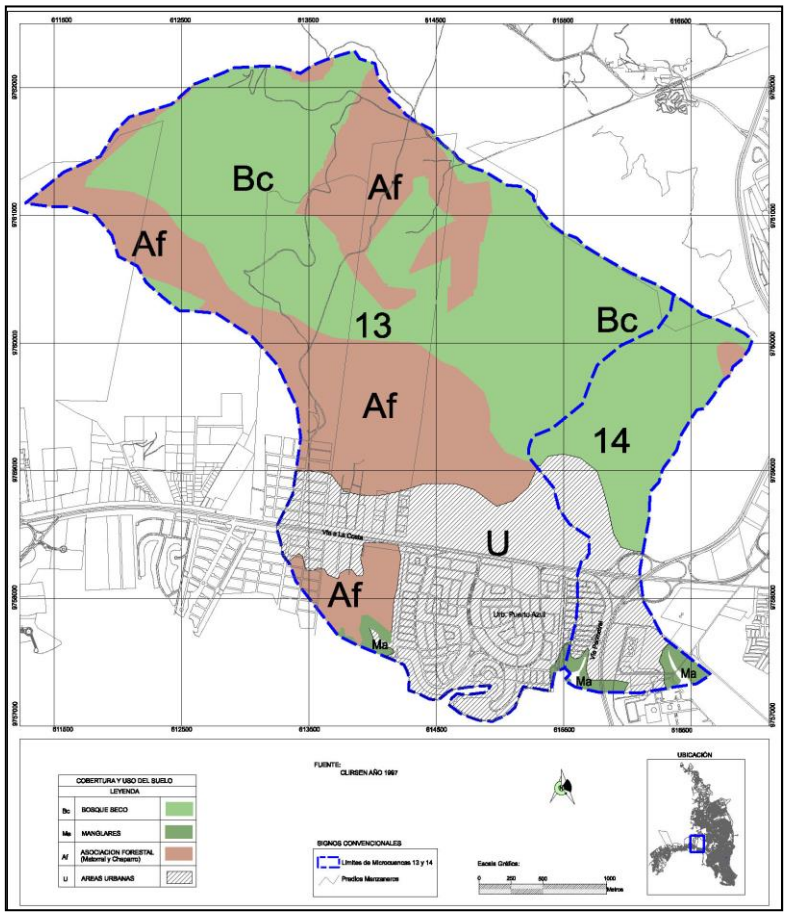
Coeficiente ponderado de escorrentía: 0.276

Cuadro No. 8. Cobertura y coeficientes de escorrentía de la microcuenca 14. 2007

Cobertura	% del área	Coeficiente
Bosque seco	37.79	0.15
Suelo urbanizado	34.59	0.50
Asociación forestal	23.17	0.20
Manglar	4.45	0.05

Coeficiente ponderado de escorrentía: 0.278

Gráfico No. 3. Microcuencas 13 y 14 Coberturas y usos del suelo



Método racional.

Relacionando los indicados parámetros se realizó un cálculo de caudales de las microcuencas del caso. Se utilizó el denominado "Método racional", cuya fórmula es:

$$Q = 0.278\ CiA$$

Donde:

Q= Caudal máximo de crecida.
A= Área aportante (Ha)
C= Coeficiente de escorrentía
I= Intensidad de lluvia (cuya duración debe equivaler al "tiempo de concentración del área").

Los valores utilizados en la fórmula son: a) las áreas de las microcuenca 13 y 14; b) los coeficientes ponderados de escorrentía para los dos períodos considerados (1.997 y 2007); y, las intensidades de lluvia calculadas por el INAHMI para distintos períodos de retorno. Los valores resultantes se presentan en los siguientes cuadros.

Cuadro No. 9. Q de microcuenca 13

Intensidad (mm/h)	Período de retorno	Q (m3/seg) 1997	Q (m3/seg) 2007
66.5	10	55.59	61.14
77.9	25	65.12	71.62
86.4	50	72.23	79.43
94.7	100	79.16	87.07

Cuadro No. 10. Q de microcuenca 14

Intensidad (mm/h)	Período de retorno	Q (m3/seg) 1997	Q (m3/seg) 2007
66.5	10	12.23	12.34
77.9	25	14.33	14.46
86.4	50	15.90	16.04
94.7	100	17.42	17.58

Generación de residuos.

La dinámica de las cuencas incorpora como componente la *generación de residuos*, componente que se asocia con los procesos de *sedimentación.* Bajo ciertas condiciones, tal dinámica puede manifestarse abruptamente como *flujos de escombros*, lo que pueden devenir en catastróficos.

En lo que sigue, se analizan algunos indicadores que explican el potencial de generación de residuos de las microcuencas 13 y 13.

a) Forma y pendiente de los valles de las microcuencas 13 y 14.

Índice de compacidad (Ic) o Coeficiente de Gravelius.

Se lo utiliza para representar la relación contorno-superficie de la cuenca. Según este índice, el coeficiente deberá ser mayor que la unidad. En cuencas muy enlongadas puede alcanzar coeficientes mayores a 2. Relacionando la compacidad de la cuenca con los probables niveles de crecidas, las tendencias se manifiestan de la siguiente manera.

Cuadro No. 11. Indice de compacidad y probabilidad de crecida

Forma de la cuenca	**Índice Ic**	**Probabil. crecida**
Redondas	1.00 - 1.25	Alta
Ovaladas	1.25 - 1.50	Media
Elongadas oblondas	1.50 - 1.75	Baja
Muy alargadas	+ 1.75	Muy baja

La microcuenca 13 tiene un Ic de 1.44, en tanto que la microcuenca 14 el Ic es de 1.28. Las microcuencas del caso tienen forma ovalada, teniendo por esta característica una probabilidad de crecida media.

Pendiente media del cauce.

Resulta de dividir la diferencia de elevación del cauce, Ecp, y la longitud del cauce principal, multiplicada por 100, para expresarla en porcentaje.

> "Valores altos de pendiente media indican menos oportunidad de infiltración y menor tiempo de concentración. La pendiente media con valores altos tiene las implicaciones siguientes: menor oportunidad de infiltración, mayor cantidad y velocidad de flujo superficial, mayor fuerza de arrastre y menor recarga de agua subterránea que si se compara con una pendiente baja."[54]

La pendiente media del cauce de la microcuenca 13 es de 6.33% y el de la microcuenca 14 es de 6.43%. Las dos pendientes media son relativamente altas.

[54] ibid.

***b) Densidad de drenaje*.**

Representa la relación entre la longitud total de los cursos de agua y la superficie total de la cuenca.

> "Una unidad de drenaje alta significa una mayor tendencia a producir sedimentos y escorrentía con mayor riesgo de crecidas. Esta situación se relaciona con rocas y suelos erodables, suelos impermeables, pendientes fuertes y vegetación escasa; lo que también explica niveles de estiaje bajos, típicos en estas cuencas. A nivel referencial las densidades altas se encuentran por encima 10 Km/ Km2, hasta valores de 300. Una densidad de drenaje pequeña (alrededor de 1 Km/Km2), por el contrario, significa baja producción de sedimentos y escorrentía, menor riesgo de crecidas y caudales de estiaje relativamente más altos. La baja densidad de drenaje se asocia con rocas resistentes y suelos muy permeables."[55]

La microcuenca 13 tiene una densidad de drenaje pequeña, correspondiente a 1.48, y la microcuenca 14 de 1.58.

c) Coeficiente de relieve

Corresponde al cuociente entre la *diferencia de elevación de la cuenca (Ec)* y su *longitud axial (La).*

En la microcuenca 13, la Ec es de 0.49 Km y la La es de 5.08 Km. Tal relación arroja un coeficiente de relieve de 0.096.

En la microcuenca 14, la Ec es de 0.36 Km y la La es de 2.95 Km. El coeficiente de relieve es de 0.12.

"A mayor coeficiente de relieve, mayor producción de sedimentos". Los coeficientes de relieve de las dos microncuencas son altos.

d) Interpretación hidrológica de las microcuencas 13 y 14.

Relacionando todos estos indicadores el consultor Ramiro Escobar expone la siguiente interpretación hidrológica de las microcuencas del caso:

[55] Escobar, Ramiro, op. cit.

Microcuenca 13.

> "Esta microcuenca de forma oblonga y de muy baja densidad presentaría, en función de estas variables, una moderada velocidad de concentración de la escorrentía y medianos niveles de sedimentos producidos; sin embargo, la relativamente grande pendiente media del cauce y el alto valor del coeficiente de relieve agravan la situación hidrológica de la microcuenca, haciendo esperar la presencia de crecidas y altos volúmenes de sedimentos (más de 200 Ton/ha/año)."[56]

Microcuenca 14.

> "Los datos obtenidos de la medición o cálculo de las variables morfométricas de la microcuenca muestran que ésta tiene una forma oblonga, la pendiente media del cauce es moderadamente alta (6.43%) y el coeficiente de relieve es de un valor alto, todos estos valores permiten concluir que en la microcuenca se pueden esperar medianamente rápidas concentraciones de la escorrentía, moderados riesgos de crecidas y muy altos volúmenes de sedimentos (casi 500 Ton/ha/año); procesos que podrían ser disminuidos por la escasa densidad de drenaje presente"[57]

e) Vegetación riparia.

Como se anticipó, la vegetación riparia constituye un factor importante en la dinámica de los cauces y de los procesos de erosión. En lo que sigue se analiza su estado y relación con las funciones de dicha vegetación.

Estabilización de márgenes y orillas.

La vegetación riparia de la microcuenca 13 se mantiene en la parte alta del recorrido. Esta se pierde en las áreas intervenidas por canteras y desarrollos urbanísticos.

Los desarrollos urbanísticos han desviado el curso original, siendo sustituido por un canal abierto paralelo a la vía Guayaquil Salinas. En otros tramos se ha construido cerca de los taludes. En los dos casos se ha destruido la vegetación riparia.

Todo lo indicado conspira contra el rol de estabilización de márgenes de la vegetación riparia.

---

[56] ibid.
[57] ibid.

Control de sedimentación.

Los cursos superiores de los drenajes cuentan con cobertura vegetal. Sin embargo, en forma paradójica, se observa deforestación en las colindancias de tales cursos de agua, lo que podría agravar los procesos de erosión y sedimentación.

La explotación de canteras ha destruido la vegetación, acelerando los procesos erosivos y disminuyendo la capacidad de los suelos para almacenar agua.

La parte oriental de la microcuenca 13 presenta una destrucción de la vegetación riparia en su recorrido a través de las explotaciones de canteras y en la Urbanización Puerto Azul, que ha canalizado su desarrollo.

La microcuenca no presenta afectaciones en su curso medio, tal cual sucede con la parte occidental de la microcuenca, pero desprovista de vegetación riparia y por la pobre cobertura vegetal del área no cumple la función de control de los procesos de sedimentación.

Influencia sobre el ecosistema fluvial.

La relativa pendiente fuerte de los cauces, particularmente en los tramos superiores, no brindan condiciones para la existencia de especies animales en aquellos. Sin embargo, tal opción se viabiliza en las áreas de cambio de pendientes, donde generalmente se forman hondonadas con remansos de agua.

La acción de las canteras y la destrucción riparia no propician la situación descrita en el párrafo precedente. [58]

Paisajismo.

Las microcuencas, en el estado que se encuentran, no evidencian aportes al paisaje. Solo actúan como drenaje de las precipitaciones, función que inclusive han sido disminuidas por las acciones antrópicas irracionales antes descritas.

f) Las explotaciones mineras[59].

Visitas de campo al sitio, documentada con la serie fotográficas incorporadas en el *Anexo Fotográfico*, revelan las condiciones de

[58] En Cerro Blanco se presentan tales hondonas, pequeñas poor cierto, pero que se constituyen en habitats de especies pequeñas.
[59] Tomado de Argüello, Guillermo, op. cit.

deterioro de la cuenca No. 13. En lo que sigue se analiza lo que se registra en las indicadas fotos (ver Anexo, Registro Fotográfico de la Microcuenca 13).[60]

Las fotos 1 y 2 registran la llegada de una escorrentía menor en el extremo centro oriental de la cuenca de estudio, la que es interceptada por el canal paralelo a la parte norte de la vía Guayaquil Salinas. La foto 1 ilustra el "abanico" de llegada de la escorrentía, la que luego avanza al canal de drenaje de la vía. La foto 2 ilustra la alcantarilla bajo la vía, la cual recepta la escorrentía de la cuenca vecina.

Las fotos 3, 4 y 5 están tomadas en la vía de acceso a la cantera San Luis, a 600 metros de la vía Guayaquil Salinas. Las fotos 4 y 5 registran un pequeño campamento, donde se visualiza material procesado y acumulado para su despacho.

La foto 6, tomada 100 metros más al interior que las anteriores, visualiza la emisión de material particulado resultante del procesamiento del material extraido. Las fotos 7 y 8 revelan los cortes realizados tras 30 años de explotación.

Tras 100 metros adicionales de ingreso por la vía de acceso, se tienen las siguientes imágenes de los cauces orientales:

- foto 9, cuenca ascendente hacia el noroeste;
- foto 10, cuenca ascendente hacia el noreste;
- foto 11, cuenca descendente hacia el sur, producto de la confluencia de las anteriores;
- foto 12, la misma cuenca descendente, con evidencias del material particulado;
- foto 13, la misma cuenca descendente, tramo cercano a la via Guayaquil Salinas.

Las fotos 14, 15 y 16 están tomadas en un punto intermedio entre los accesos a la cantera San Luis y al proyecto no desarrollado denominado Bosque Azul. Las fotos 14 y 16 registran vistas al oriente y al occidente del canal de drenaje, paralelo a la parte norte de la via Guayaquil Salinas; la foto 15 corresponde a una vista hacia el norte, en dirección de la cantera San Luis.

Ingresando por la vía de "Bosque Azul" se llega a una cantera abandonada, ilustrada con las fotos 17 y 18. Las fotos 19, 20 y 21 son una panorámica de las instalaciones de Canteras Verdú, La foto 22 es una panorámica del extremo perpendicular a la via Guayaquil Salinas del cauce occidental de las cuencas.

[60] El plano incorporado a la serie fotográfica incluye la ubicación del sitio de las tomas y la orientación de las mismas.

La foto 23 representa una vista, hacia el occidente, del cauce del drenaje, tomada desde la vía de acceso a Canteras Verdú. En la foto se puede observar material acumulado en las cercanías del talud del drenaje. La foto 24 es una vista al oriente del cauce, tomada desde el mismo punto que la anterior. Se puede observar depósitos de caliza proveniente de las actividades de limpieza de las instalaciones.

La foto 25 ilustra el recorrido del cauce hacia la vía Guayaquil Salinas. La foto 26 es del mismo cauce, en sentido contrario, mirando hacia las instalaciones de Canteras Verdú. La foto 27 es de la alcantarilla que posibilita el paso del cauce debajo de la vía Guayaquil Salinas.

Desde la via de acceso a La Lorena (km. 10.9) se tiene una vista al occidente del canal (foto 28) donde se observa que éste está obstruido. La foto 30 muestra que hacia el oriente el canal mantiene su continuidad. La foto 29 ilustra las condiciones del cerro vecino, donde se observa material rocoso suelto.

Entrando por la gasolinera Mobil se llega al tramo de via que obstruye el canal y que brinda acceso a las instalaciones de la empresa P&P. Hacia el occidente, la foto 31 muestra el desarrollo del cauce y la 32 la via que obstruye el canal.

Entrando por el complejo Santiago Mayor se tiene: las fotos 33 hacia el oriente y las 34 y 35 hacia el occidente, registran vistas del canal. Recorriendo hacia el este, sobre el borde de protección del canal, se tiene la foto 36 que ilustra nuevamente la obstrucción del canal descrita en el párrafo anterior, pero con una vista desde el otro lado. La foto 38 capta el recorrido hacia la parte alta de la cordillera.

El drenaje, en su tramo final, antes de ascender a la cordillera, no es evidente (fotos 41 y 42). La cantera registrada en las fotos 39 y 40 aparentemente ha destruido el cauce en su tramo ascendente.

Las fotos 43 y 44 ilustran el drenaje, en su ramo sur, luego de cruzar la vía Guayaquil Salinas, en las vecindades de la Urbanización Puerto Azul.

g) Condiciones de explotación de las canteras e impactos en los sistemas de drenaje.

Tomando como referentes las condiciones mínimas para una explotación racionalizada de canteras, en lo que sigue se identifican las actuales condiciones de explotación y los impactos de esta actividad en las microcuencas en estudio.

a) Alteración de drenajes naturales. El registro fotográfico y sus comentarios evidencian el grave daño provocado por esta actividad. Lo indicado es particularmente grave en el sistema de drenaje occidental de las cuencas.
b) Material almacenado. Aún en el caso de las empresas mejor organizadas (San Luis y Verdú) no se cumplen las medidas tendentes a precautelar los drenajes de obstrucciones por arrastre de tal material hacia los cauces.
c) Escombreras. Por la naturaleza de la actividad, producción de material de relleno (cascajo) y de agregados para preparar hormigón, no se generan volúmenes de escombros que constituyan situación de impacto. Sin embargo, aquellos se vuelven significativos por la falta de limpieza del sitio de explotación y por aquellas canteras cerradas, que nunca han contado con un Plan de Abandono.
d) Bancos o terrazas de explotación, en general la explotación es antitécnica en este aspecto.
e) Talleres, depósitos de combustibles y aceites. Solo en canteras Verdú se observó organización e implentación de tales instalaciones.
f) Adecuación del suelo; reforestación. No se registró evidencias de tales acciones.

h) El Niño

Los hechos experimentados durante el fenómeno El Niño de 1997 y en años subsiguientes alertan sobre la recurrencia de flujos de escombros en el área de estudio. Diario El Universo reportó en marzo del 2001 sobre escombros en la vía Guayaquil Salinas, a la altura de la Urbanización Puerto Azul. Para ilustrar lo indicado dicho diario informó lo siguiente:

MAYORES PRECIPITACIONES

25 de marzo de 1997 (fenómeno El Niño): Uno de los peores aguaceros que haya soportado Guayaquil causó un muerto, un herido, arrasó 43 viviendas y dejó millonarias pérdidas. Cayeron 194,9 milímetros de agua.

8 de marzo del 2000: Al menos 15 horas seguidas llovió en **Guayaquil.** La precipitación alcanzó los 154 milímetros.

25 de febrero del 2001: El nivel de agua que cayó sobre Guayaquil fue de 141 milímetros cúbicos e inudó varios Sectores de la ciudad. La más afectada fue la urbanización Las Orquídeas.

14 de marzo del 2001: La precipitación de 15 horas de lluvia
(16h30 a 07h00), llegó a 171,2 milímetros.

Gráfico No. 4. Flujos de escombros en la vía Guayaquil Salinas Marzo del 2001

3. ESTADO Y CRECIMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS DE LAS MICROCUENCAS 13 Y 14.

Como se indicó en los alcances metodológicos (Capítulo III) el análisis del estado de conservación de los ecosistemas de las microcuencas incluye tres partes: a) conservación, vulnerabilidad y fragilidad de los ecosistemas; b) sucesión y estabilidad de los ecosistemas; y, c) la identificación de los espacios compartimentados.

Mas, como paso inicial, se describen las unidades de paisaje registradas por análisis de imágenes y cartografía.

3.1. Unidades de paisaje.

Tal como se indicara en el Capítulo III, los tres aspectos a considerar para definir las unidades son: la hidrología, los relieves y los suelos.

La *hidrología* se expresa como límites de las microcuencas y los cauces principales, lo que se ilustra en el gráfico “Microcuencas 13 y 14, Hidrografía”

Los *relieves* se expresan en tres rangos: Llano, del 0 al 2% de pendiente; Mediano, de 2 al 7% de pendiente; y, Escarpado, de más del 7% de pendiente. Lo indicado se ilustra en el gráfico “Microcuencas 13 y 14, Pendientes”.

Finalmente, el aspecto *suelos,* que para efectos de este estudio se asocia con *coberturas,* se ha categorizado de la siguiente manera: Cerrado más del 80% arborizada; Semicerrado, 55-80%; Semicubierto 31-54%; Ralo, 5-30%; Muy Ralo – 5%; y, urbanizado. Lo indicado se ilustra en el gráfico “Microcuencas 13 y 14, Coberturas”.

Gráfico No. 5. Microcuencas 13 y 4. Hidrografía

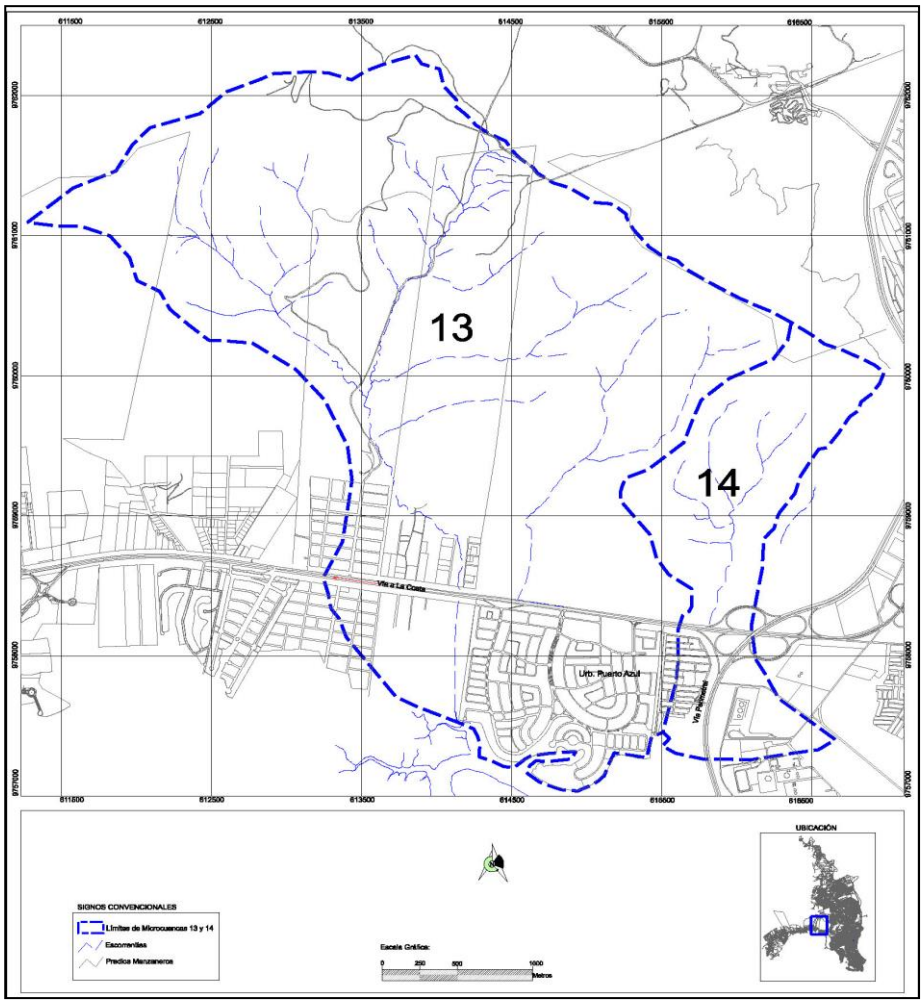


Gráfico No. 6. Microcuencas 13 y 14. Pendientes

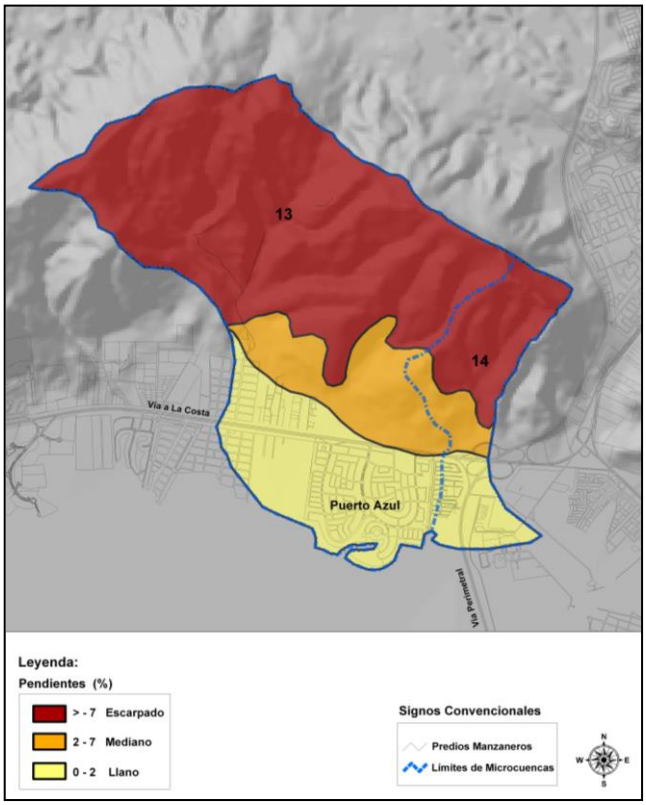
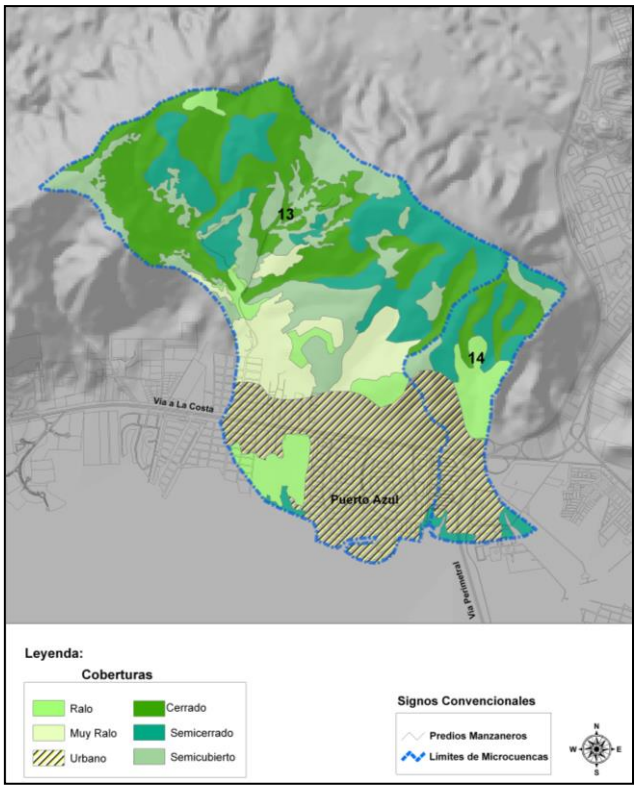


Gráfico No. 7. Microcuencas 13 y 14. Coberturas



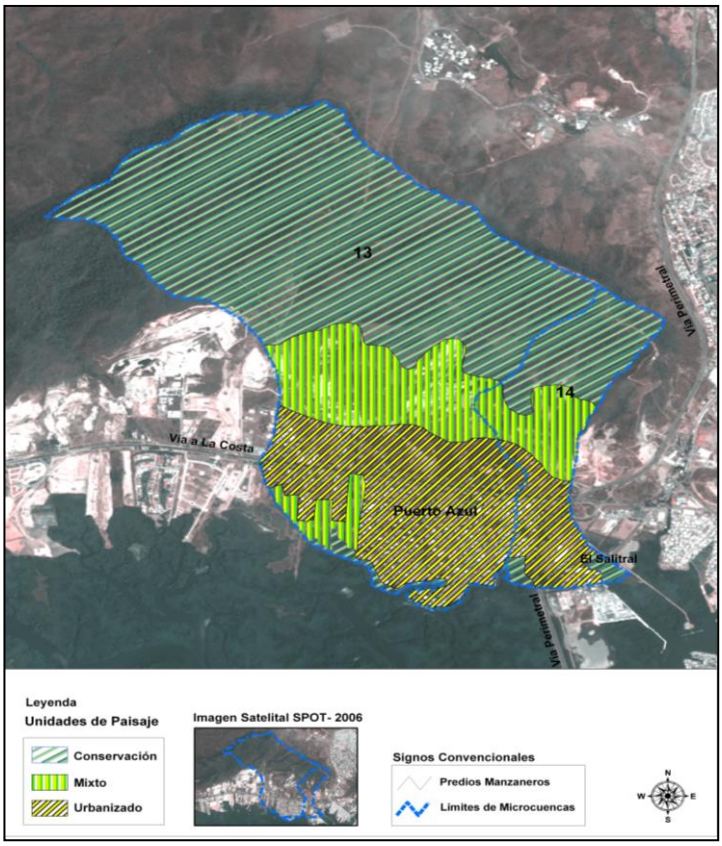
Las unidades de paisaje se definieron sobreponiendo los gráficos de cada aspecto. Para simplificar el procedimiento, respecto del aspecto Cobertura se ulizaron los siguientes criterios:

- Se agregaron las categorías Cerrado y Semicerrado, de tal forma que luego se puedan asimilar a la noción de *áreas a conservar o proteger*.
- Se agregaron las categorías Ralo y Muy Ralo, de tal forma que se puedan asimilar a la noción de *áreas de uso mixto*, que posibilitan una *transición o amortiguamiento* entre las áreas a proteger y las urbanizadas.
- Las áreas correspondientes a la categoría Semicubierto se agregaron a Cerrado/Semicerrado si constituía un "parche" dentro de tal matriz; si por el contrario, constituía un "parche" de Ralo/Muy Ralo, se agregaron a éstas.

Las unidades de paisaje resultantes son las que constan en el gráfico"Microcuencas 13 y 14, Unidades de Paisaje", cuyas categorías son:

a) Unidad de Paisaje de Conservación.
b) Unidad de Paisaje Mixta.
c) Unidad de Paisaje Urbanizada.

Gráfico No. 8. Microcuencas 13 y 14. Unidades de Paisaje



Como se analizará más adelante, en el apartado Entorno Compartimentados, la Unidad de Paisaje Mixta prospectivamente es muy versátil, puesto que puede asumir roles distintos, como expansión del área urbanizada, como Entorno Productivo o como Entorno Intermedio o multiuso, siempre y cuando se cumplan las condiciones para una adecuada interacción entre entornos compartimentados.

3.2. Estado de conservación.

El estado de conservación de las unidades de paisaje registradas se la establece por la conjunción de: a) un análisis de la cobertura vegetal; y, b) los procesos de fragmentación del bosque.

a) Cobertura.

El análisis del caso se realizó para la estimación del régimen de caudales en el apartado precedente; por lo indicado nos remitimos a lo expuesto n el apartado 1.2 de este capítulo.

b) La fragmentación de los bosques de las subcuencas 13 y 14.

La Cordillera Chongón Colonche, que orográficamente es una continuidad, constituye un bosque seco tropical. Sin embargo, tal continuidad orográfica no lo es en tanto declaración de áreas protegidas. Sin rigurosidad, podríamos identificar las siguientes áreas naturales protegidas vinculadas a esta cordillera:

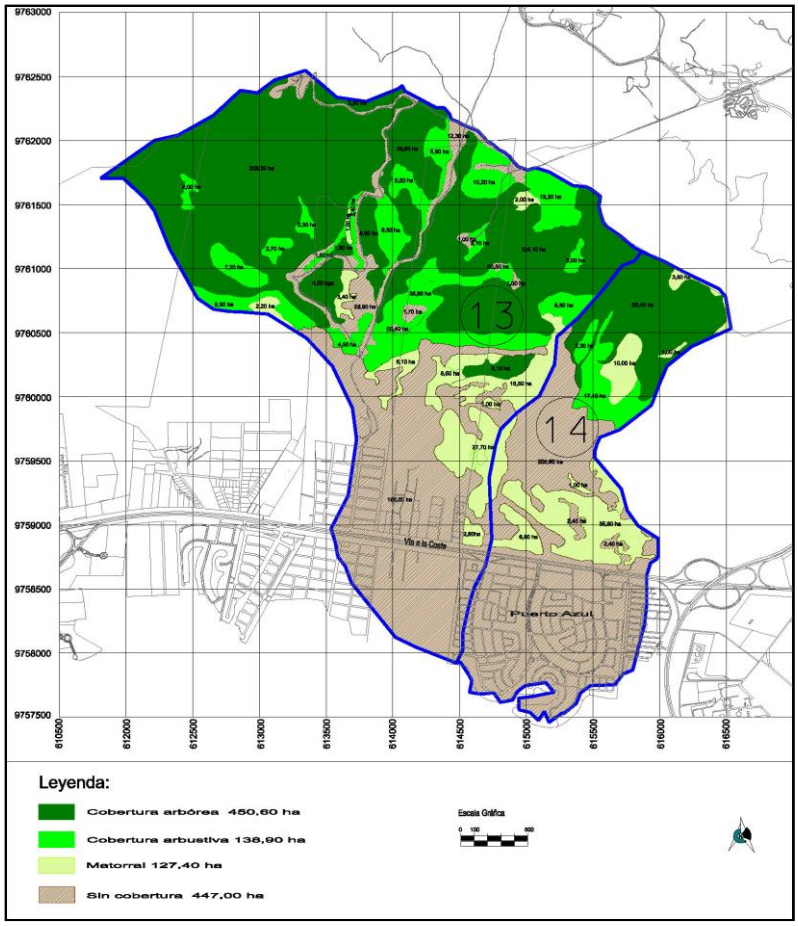
- Machalilla, con dos secciones de 12.290 y 34.393 ha.
- Loma Alta, con 6.000 ha.
- Chongón Colonche, con 44.000 ha.
- Cerro Blanco, con 15.700 ha.
-

De todas las áreas enlistadas solo Cerro Blanco se encuentra adecuadamente manejado, aunque soporta fuertes presiones relacionadas con los incendios forestales, y la tala y caza furtivos.

De acuerdo a la tipología de zonificación por niveles de derioro de los bosques, descrita en el Capítulo III, en atención a la disponibilidad de polígonos de más de 5.000 ha, optimistamente la Cordillera Chongón Colonche podría clasificarse como Zona de Deforestación.

Respecto de las microcuencas en estudio se realizó la estimación de la fragmentación por el denominado *efecto borde.* El gráfico adjunto, denominado “Fragmentación del Bosque en las Microcuencas 13 y 14”, ilustra la situación de fragmentación del bosque en el área de las dos cuencas en estudio.

Gráfico No. 9. Fragmentación del bosque en las microcuencas 13 y 14



Se ha diferenciado dos tipos de fragmentos, según estos tienen mayor o menor cobertura. Para el efecto se ha realizado una aproximación somera, contrastando las imágenes de las subcuencas del caso con la del Bosque Protector Cerro Blanco, en razón de la reconocida mejor conservación de éste.

Tal como consta en el gráfico, las subcuencas se han clasificado en cuatro grupos de acuerdo a la situación de cobertura vegetal:

- Con cobertura arbórea, 450.6 has
- Con cobertura arbustiva, 138.9 has
- Con cobertura de matorral, 127.4 has
- Sin cobertura, 447 has.

Al noroeste de la subcuenca 14 se encuentra el fragmento más grande de cobertura arbórea, con un área de 203 has. Sin embargo, este fragmento incluye 4 fragmentos con cobertura arbustiva y 1 de matorral.

El mismo fenómeno se manifiesta en los tres fragmentos al norte de las subcuencas 13 y 14. Mas, lo realmente preocupante es el impacto provocado por dos caminos hacia la cumbre de la cordillera, que son los que propician los correspondientes procesos de deforestación.

Entre el área con cobertura vegetal y los desarrollos urbanísticos se presenta un territorio sin cobertura fundamentalmente asociado a la explotación de material pétreo (canteras).

3.3. Crecimiento.

a) Sucesión y estabilidad de los ecosistemas de las microcuencas 13 y 14.

La sucesión y estabilidad de los ecosistemas del caso se analizarán atendiendo a las siguientes partes; a) el estado de la conservación de sus atributos, tanto de los ecosistemas naturales (análisis cualitativo de la cobertura), como de los ecosistemas artificiales (disponibilidad de servicios básicos); b) vulnerabilidad frente a crecidas (estacionales y extraordinarias); c) fragilidad de los ecosistemas.

Conservación de la cobertura.

En este caso se trata de realizar un análisis cualitativo de la situación de las coberturas de las microcuencas del caso.

Para el efecto partimos, como situación referencial, de un análisis general desarrollado en el estudio “Estado Actual de la Vegetación Natural de la Cordillera Chongón – Colonche”. Según tal estudio,

> “El sector Sur o Bloque A, comprende los cerros inmediatos a Guayaquil: Los Ceibos, Las Iguana, Azul, Cereceras y otros, los cuales debido a su situación han sido fuertemente intervenidos quedando pocos remanentes y vegetación secundaria.
> Por lo anteriormente anotado, el bosque como entidad ecológica y económica ha sido relegado a segundo término. La deforestación en los sectores Sur y Centro no solo ha eliminado su actual y futura fuente de materia prima sino que también ha alterado las condiciones del suelo forestal, sombra, microbiota, fuentes de material genético y hasta los animales dependientes de estas comunidades. Muchos de estos sectores destruidos o semidestruidos son extremadamente especializados por su paisaje natural. Somos testigos de la pérdida de muchas especies vegetales y variedades maderables de gran calidad debido a la tala selectiva en este

sector considerando hasta hace pocos años como el más rico representante de los bosques secos tropicales del Litoral.

Parte de la Cordillera de Chongón sufre erosión por extracción de material petreo y calcareo; en esta misma área la quema anual de la vegetación natural para el sembrío de cultivos de ciclo corto (maíz) ha propiciado la sequía.

A pesar del grado de intervención, se ha colectado 680 especies, pertenecientes a algunos grupos naturales de América Tropical, Costa del Pacífico, occidente Ecuatoriano y un 5% son endémicas de la cordillera."[61]

El siguiente cuadro sintetiza la situación de las especies arbóreas de un sector de Cerro Azul.

Cuadro No. 12. Parámetros fitosociológicos de las especies arboreas en un sector de Cerro Azul

Especies	Densidad	Frecuenc	Dominan	I.V.I
Tabeuia chrysantha	10.0	40 %	2.4	52.4
Terminalia valverdae	17.5	70	9.0	96.5
Bursera graveolens	2.5	10	0.3	12.8
Eryotheca ruizii	5.0	20	16.3	11.3
Machaerium attenuatum	5.0	20	0.03	25.0
Coccoloba ruiziana	2.5	10	11.3	26.8
Geoffroea striata	2.5	10	0.02	12.5
Guatteria sp.	2.5	10	0.3	12.8
Cavanillesia platanifolia	10.0	40	36.0	86.0
Ceiba pentandra	7.5	10	4.6	22.1
Pseudobombax millei	10	10	14.6	34.6
Acalypha diversifolia	5.0	20	0.04	25.0
Albizia adinocephala	2.5	10	0.3	12.8
Centrolobium ochroxylum	2.5	10	2.8	15.3
Piscidia carthaginensis	5.0	20	2.1	27.1
Pithecelobium excelsum	2.5	10	0.4	12.9
Caesalpinia corimbosa	2.5	10	0.4	12.9
Albizia leucocephala	2.5	10	0.4	12.9
Pouteria sp.	2.5	10	0.4	12.9
Bombacopsis trinitensis	2.5	10	0.4	12.9
Triplaris cummingiana	2.5	10	0.4	12.9
Cynometra sp.	2.5	10	0.4	12.9

Fuente: Valverde, Flor de María et. Al., op. Cit.

[61] Valverde B, Flor de María, et. al. "Estado actual de la vegetación natural de la Cordillera Chongón – Colonche", Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, 1991

Como podría ser evidente, el indicado panorama no es distinto para nuestras microcuencas. De hecho puede ser peor. De igual manera, como situación referencial, la descripción de la situación de los cerros San Eduardo – El Paraiso ilustra al respecto.

> "El estudio de Wong & Wong categoriza los árboles según cuatro categorías diamétricas:
>
> - Categoría A, 5-9 cm.
> - Categoría B, 10-29 cm.
> - Categoría C, 30-49 cm.
> - Categoría D, 50-69 cm.
>
> En el sector del Bosque denominado Paraíso, contabilizó de la siguiente manera los árboles, según las indicadas categorías y por subsectores:

Cuadro No. 13. Bosque El Paraiso. Arboles por categorias diaméticas y subsectores

CATEG.	25 Jul	Quebrad	Gruta	Cima 1	Cima 2
A	6	6	22	7	12
B	17	21	65	35	19
C	10	1	5	4	3
D	1	-	3	1	-
Total	34	28	95	47	34

Fuente: Wong&Wong, op.cit.

Los valores absolutos y relativos de árboles registrados según las categorías diamétricas son los siguientes:

Cuadro No. 14. Bosque El Paraíso. Valores absolutos y relativos de árboles por categorías diamétricas

CATEGORIA	FRECUENCIA	%
A	53	22.3
B	157	66.0
C	23	9.7
D	5	2.1
Total	238	100.0

Fuente: ibid

Del análisis del cuadro precedente se desprende que solo el 12% de los árboles registrados tienen un diámetro y gual o superior a 30 cm. Los señalados es indicador de la grave deforestación, particularmente de las especies maderables.

Las especies más frecuentes, según el estudio utilizado como referencia son:

Chochiospermum vitifolium, o bototillo.
Machaerium millei, o cabo de hacha.
Eriotheca ruizzi, o chirigua.
Capparis pachaca, o chirimolla de monte.
Simira ecuadoriensis, o colorado.

Wong & Wong concluye el análisis de la flora del Bosque El Paraíso, lo siguiente:

> "Bosque intervenido se ha considerado a bosquesillos en las pendientes externas de los cerros Armada y Paraíso, con menor cobertura boscosa, con una estratificación vertical de hasta 5 metros y estratificación horizontal de menos de 5 cm. de ciámetro, siendo la morfología de la mayor parte de los especímenes leñosos más arbustiva que arbórea debido al escaso desarrollo que tienen por la presión a la que se ven sometidos."[62]"

Areas urbanizadas: disponibilidad de servicios básicos.

Aunque la Zona de Planificación F ha experimentado un sostenido desarrollo urbanístico durante los últimos cinco años, en el área de las microcuencas 13 y 14 solo la Urbanización Puerto Azul cuenta con los servicios básicos completos[63].

Los restantes desarollos urbanos, (residenciales, comerciales e industriales) no cuentan con redes de alcantarillado sanitario y pluvial. Tales desarrollos con servicios incompletos se emplazan en el tramo intermedio de las cuencas, particularmente de la 13, al norte de la vía Guayaquil Salinas.

Lo indicado constituye un factor adicional de contaminación e impacto ambiental sobre el recurso agua, situación que se incluye en el siguiente apartado, Descripción de la Fuente Receptora, el Estero Salado.

Vulnerabilidad por crecidas.

Para el efecto se utilizará la metodología descrita en el Capítulo III. Los parámetros del caso aplican a cada una de las microcuencas.

---

[62] Wong & Wong Consultores Asociados, "Plan de Manejo Ambiental del Bosque Protector El Paraíso", 2007, pag 40.

[63] Sin embargo, aún Puerto Azul adolece de deficiencies en el sistema de aguas servidas, en razón del mal estado de las instalaciones de tratamiento.

Zonas inundables.

Para establecer los riesgos de inudación o crecidas en las microcuencas se calcula las secciones de salida que deben tener las microcuencas para canalizar los caudales máximos esperados y se los contrata con las secciones reales. Para tal propósito se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Q= s(V)$$

Donde:
Q= caudal
s= sección
V= velocidad (se estima 4 m/seg)

Cuadro No. 15. Microcuenca 13, secciones de salida

Período de retorno	Q (m3/seg) 2007	Velocidad (V) (m/seg)	Sección (s) (m2)
10	61.14	4.00	15.28
25	71.62	4.00	17.90
50	79.43	4.00	19.86
100	87.07	4.00	21.77

Cuadro No. 16. Microcuenca 14, secciones de salida

Período de retorno	Q (m3/seg) 2007	Velocidad (V) (m/seg)	Sección (s) (m2)
10	12.34	4.00	3.09
25	14.46	4.00	3.61
50	16.04	4.00	4.01
100	17.58	4.00	4.39

El cauce en la parte baja de la microcuenca 13 tiene 12 m de ancho por 1.5 m de profundidad, lo que arroja una sección de 18 m2. Este cauce es suficiente para caudales con períodos de retorno de 10 y 25 años. Son previsibles dificultades con períodos de retorno mayores, lo cual es consecuente con los reportes durante precipitaciones extraordinarias.

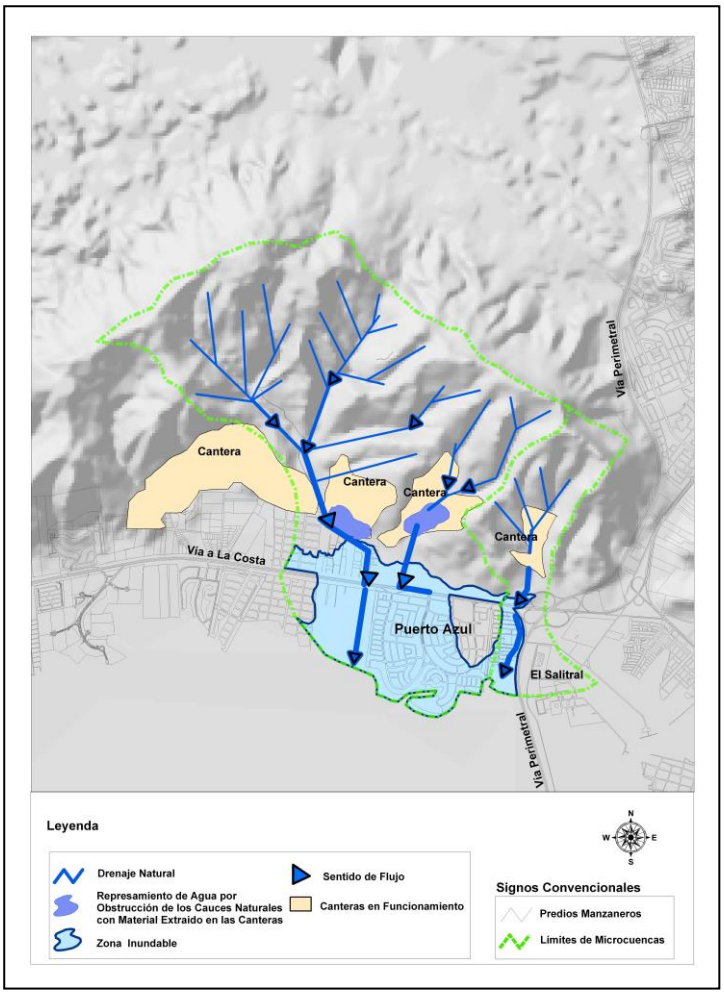
El cauce en la parte baja de la microcuenca 14 tiene 2.5 m de ancho por 0.8 m de profundidad, lo que dá una sección de 2.0 m2. En este caso la sección disponible es inferior a la requerida para los caudales estimados durante distintos períodos de retorno.

Mapeo, zonas de inundación

El mapa “Microcuencas 13 y 14, Zonas de Inundación” registra dos áreas inundables en razón de la combinación de dos factores: el cambio de pendiente de los cauces, y la acción de las canteras.

Tal inundabilidad puede ser calificada como frecuente, por constatarse tomando en consideración períodos de retorno menores a 50 años. Lo indicado debido a la acción del fenómeno El Niño.

Gráfico No. 10. Microcuencas 13 y 14. Zonas de Inundación



Valoración: matriz de exposición

Al momento, el área de inundación al oeste de la microcuenca 13 afectaría directamente a los desarrollos urbanísticos que se están implementando en el sitio. Este es el lugar donde se ha modificado el cauce natural y se ha construido una canalización abierta relativamente ancha, pero con escasa profundidad.

La otra área, al oriente de la primera, no afecta directamente a instalaciones humanas, pero si lo hace indirectamente con Puerto Azul, urbanización que se vió impactada por el último fenómeno El Niño.

Mapa de zonas de riesgo

El gráfico "Microcuencas 13 y 14, Zonas de Riesgo" registra tres zonas de riesgo, las que se califican por su *grado de vulnerabilidad* de la siguiente manera:

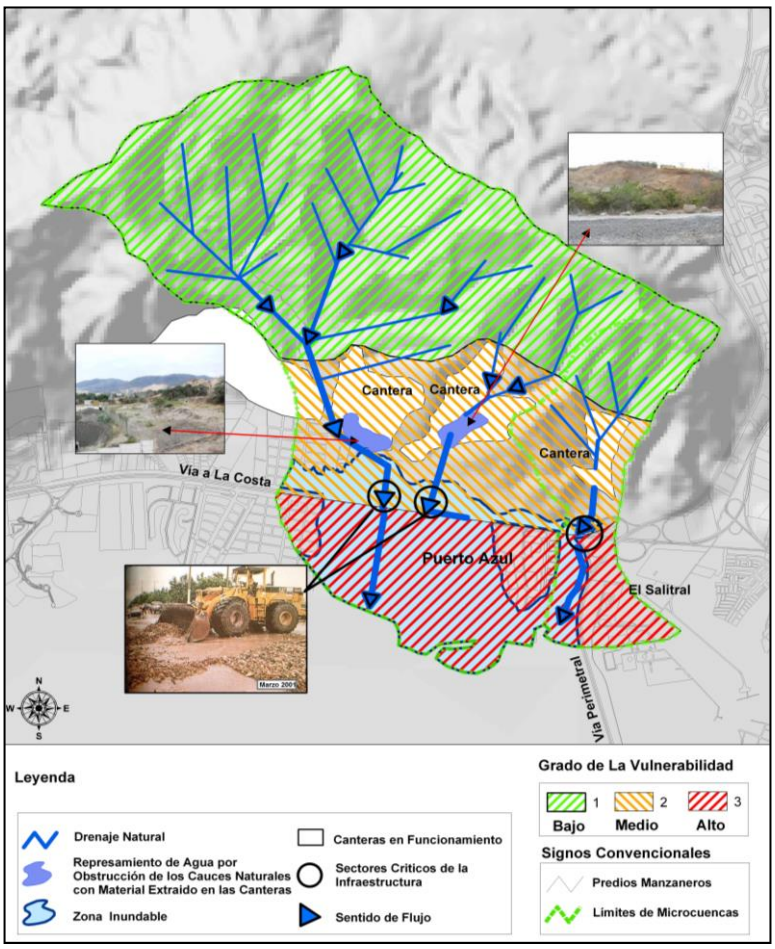
- Alto, con graves daños a los núcleos de población emplazados al sur de la vía Guayaquil Salinas. Involucra a las urbanizaciones Puerto Azul y Belo Horizonte, al asentamiento informal Puerta del Sol y a las instalaciones de depósitos de combustibles de El Salitral.

- Significativo, caracterizado por impactos en viviendas aisladas, servicios básicos y actividades agrarias. Involucra a los desarrollos habitacionales Torres del Salado y otros en proceso de construcción, así como a las canteras en explotación y algunas actividades de procesamiento.

- Bajo, caracterizado por daños menores a servicios básicos y actividades agrarias.[64] Corresponde a las partes altas de las microcuencas, sin desarrollos urbanísticos, pero por donde cruza la red del sistema interconectado de electrificación y el poliducto Tres Bocas Pascuales,

[64] Horcajada, Tamara; Simancas, Moisés; Dorta, Pedro, "La Constatación y Validación de los Mapas de Riesgo de Avenidas en Pequeñas Cuencas Hidrográficas Mediante Sistemas de Información Geográfica. Propuesta metodológica y Aplicación a la Ordenación del Territorio" Universidad de La Laguna, Departamento de Geografía, España.

Gráfico No. 11. Microcuencas 13 y 14. Zonas de Riesgo



La fragilidad de los ecosistemas.

La fragilidad de los ecosistemas está medida como la capacidad de una unidad de paisaje para resistir las presiones de las unidades colindantes. A efecto de "medir" tal fragilidad, una primera aproximación está dada por la fragmentación de la cobertura boscosa, la que se caracteriza de la siguiente manera.

A más de la marcada fragmentación de los suelos con cobertura arbórea y arbustiva, destaca la irregularidad de sus bordes, particularmente los de los fragmentos que se asocian a los caminos que acceden a la parte alta de las microcuencas y a la explotación de canteras. Lo indicado remarca la vulnerabilidad de los fragmentos, tanto por el efecto borde, como por la naturaleza antrópica de la matriz ubicada al sur de la franja arbórea de la cordillera.

Consecuentemente, entre el área boscosa de la Cordillera Chongón-Colonche y las acciones antrópica en las subcuencas en estudio **no** se da una relación de ecotonos adecuados. La matriz es agresiva respecto de del área boscosa y su calidad de hábitat de las especies nativas del sector.

En este trabajo se ha enfatizado la importancia vincular el tema bosque con el de cuencas hidrográficas. En esta perspectiva es importante destacar el rol vinculante de los bosques, de la cima y laderas de la Cordillera Chongón-Colonche, con los bosques de manglar del vecino estuario marino.

Para el efecto es importante involucrar en el análisis la noción de **ecotonos**. La siguiente cita es significativa al respecto:

> "En ocasiones es difícil establecer dónde empieza un tipo de bosque y dónde acaba y cambia a otro por lo que es frecuente que existan grandes zonas de transición entre ellos que no pertenecen a ninguno de los tipos mencionados. Las zonas de transición donde los bosques se encuentran con diferentes tipos de hábitats reciben el nombre de *ecotonos*. Estos suelen ser muy anchos, y contienen especies de ambos hábitats vecinos por lo que su diversidad, tanto animal como vegetal, es muy alta."[65]

Reiterando lo afirmado en los párrafos anteriores, en materia de la fragmentación del hábitat del ave símbolo, o ícono, de nuestra ciudad y región, el *Ara ambigua guayaquilensis,* es pertinente vincular el bosque seco tropical con los vecinos manglares. La siguiente cita nos advierte de tal complementaridad de biotas como hábitat del guacamayo verde mayor.

> "Los residentes más antiguos de la región alrededor del actual Bosque Protector Cerro Blanco, reportan bandadas del guacamayo verde mayor cruzando la carretera Guayaquil-Salinas hace 20-30 años viajando entre los estuarios salobres con bosques de manglar en las riberas cerca del poblado de Puerto Hondo y los bosques secos tropicales de Cerro Blanco."[66]

Otra aproximación a la estimación de la fragilidad de los ecosistemas está dada por los factores de inundación que inciden sobre las áreas modificadas antrópicamente (vivienda, servicios básicos, infraestructura

---

[65] www.udc.es/dep/bave/jfreire/CERA05_06 "Los heridos pulmones de la tierra"

[66] Von Horstman, Eric; Carabajo Q, Sonia, "Estrategia para el establecimiento de un corredor biológico para la conservación del bosque protector Cerro Blanco con énfasis en el guacamayo verde mayor *Ara ambigua guayaquilensis",* Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador 2005 op. cit.

vial, agricultura, etc). Lo indicado, tomando especial consideración el hecho de que gran cantidad de tales áreas no cuentan con los servicios básicos de infraestructura, por lo que los riesgos de contaminación asociadas a las inundaciones se acrecentan.

Una valoración del impacto de las aguas servidas sobre el entorno consta en el apartado siguiente, “Descripción de la fuente receptora”.

Mas, finalmente estos son factores agravantes de otros que no son tan evidenciables para los legos. Nos referimos a la *fragilidad del medio biótico derivada de la fragmentación producto de acciones antrópicas.*

La determinación de tal fragilidad rebasan las capacidades profesionales del autor, pero su estimación es fundamental para el modelo de gestión urbanística que se propone, por lo que al final de este documento se incluye como Recomendación, la realización de las investigaciones respectivas.

b) Entornos compartimentados.

Tras los anteriores análisis respecto del estado y crecimiento de los ecosistemas de las microcuencas 13 y 14, resta caracterizar los entornos compartimentados de estas microcuencas.

Entorno protector. Corresponde a dos sistemas ecológicamente maduros: el bosque de montaña y el manglar.

El bosque de montaña está altamente intervenido. Los polígonos analizados establecen que un poco más del 50% del área aún tiene cobertura. Su ostensible división en parches boscosos permite calificarlo como *zona de fragmentación*, en alto peligro de supervivencia debido a variadas acciones antrópicas (canteras, urbanización, extracción maderera).

La situación del manglar remanente es peor. Apenas el 1% y menos del 5% del área de las microcuencas corresponden a manglar. Dificilmente se pueden calificar estos remanentes de manglar, por sí solos, como entorno protector. La única opción es establecer la viabilidad de constituir una zona de transición, y el control de los ciclos de materiales y las cadenas tróficas derivadas de los otros entornos, que permitan una interacción adecuada con aquellos.

Entorno productivo. Corresponde a sistemas en crecimiento. Se asocian con actividades culturales agrícolas, pecuarias, etc. Las microcuencas en estudio no tiene presencia significativa de estas actividades, por lo que no se puede afirmar que este tipo de entorno compartimentado existe en el área de estudio.

Entorno intermedio. Corresponde a sistemas intermedios entre productivo y de protección; también se conocen como sistemas mixtos o multiuso. Tal puede ser el caso de actividades silvícolas y acuícolas concebidas bajo el criterio de no agredir al medio natural, balancenando roles de producción y protección. En el área en estudio se registra este tipo de entorno. Corresponde al área de pendientes moderadas, al norte de la vía Guayaquil Salinas, pero que tiende a desaparecer por la acción combinada de urbanizaciones y explotaciones de material pétreo.

Entorno urbano-industrial. Como es evidente, este es un entorno creciente, pero que lamentablemente no se concibe para interactuar simbióticamente con los otros. Particularmente agresivo es aquel caracterizado por la explotación antitécnica de canteras. Sin embargo, no escapan de tal calificativo de agresivo los desarrollos urbanísticos insensible a la emisión de aguas residuales nocivas al medio natural, o que no contemplan transiciones con los otros entornos.

Este tipo de entorno preferentemente se ha ubicado en las partes bajas de las cuencas y, crecientemente, en las partes intermedias. Tales ubicaciones, desde el punto de vista hidrográfico tienen dos implicaciones: afectan a los abanicos aluviales constituidos naturalmente, y, se localizan en las áreas de cambio brusco de gradientes del suelo, donde se requiere disipar la energía involucrada en los flujos de aguas.

Aún en el supuesto de que se resolvieran las dos circuntancias hidrográficas descritas, la ocupación de estas dos bandas de territorio representa la liquidación de dos hábitats altitudinales de las cuencas, lo cual conspira contra la noción ecológica sistémica de las cuencas.

Caracterización de los entornos compartimentados en las microcuencas 13 y 14.

La caracterización de los entornos compartimentados identificados en el área de estudio se ha realizado en consideración al grado de *perturbación* experimentada por cada uno de ellos. Lo indicado, con el propósito de establecer, en cada uno de ellos, los alcances de *restauración* aplicables.

Perturbación. Dos tipos de perturbaciones se han considerado: a) la reducción de la riqueza ecológica y la reducción de la diversidad biológica; y, b) la pérdida de la conectividad[67]. A su vez, en la premisa conceptual establecida para este trabajo, los grados de perturbación se determinan asociándolos al estado de la cobertura vegetal.

Restauración. Cuatro niveles de restauración se postulan: a) conservación, que implica la protección del estado natural del entorno; b)

[67] Josep Mas Pla, "Ecohidrología y Sistemas Fuviales Mediterráneos", Ecotropía, www. Ecotropía.com

rehabilitación limitada, que se refiere a actuaciones puntuales encaminadas a restablecer algunos de los atributos y funciones ecológicas del entorno; c) rehabilitación total, que implica el restablecimiento de las condiciones naturales o la capacidad de autorregulación de un entorno ostensiblemente degradado; d) recuperación ambiental, que no supone una recuperación de la condición ecológica del entorno, sino el control de sus condiciones meramente ambientales.[68]

Relacionando, como indicador, el estado de la cobertura arbórea con los indicados niveles de restauración se tienen las siguientes asociaciones:

ESTADO DEL BOSQUE	NIVELES DE RESTAURACION
Deterioro ecológico	Recuperación ambiental
Fragmentación	Rehabilitación total
Deforestación	Rehabilitación limitada
Conservación	Conservación

Realizadas estas puntualizaciones, *en atención al estado de los tres entornos compartimentados identificados en las microcuencas 13 y 14, en lo que sigue se precisa la caracterización de dichos entornos.*

ENTORNO	*CARACTERIZACION*
Protector (deforestado)	*Rehabilitación limitada*
Intermedio (fragmentado/ deterioro ecológico)	*Rehabilitación total/ recuperación ambiental*
Urbano industrial (deterioro ecológico)	*Recuperación ambiental*

Cabe en todo caso advertir que la velocidad de deterioro del entorno intermedio es tan alta que, eventualmente, las intervenciones que se podría aplicar se reducirían a las de recuperación ambiental.

3.4. Descripción de la fuente receptora.

La fuente receptora es el Estero Salado. Para la descripción y análisis de la calidad del agua de esta fuente receptora se ha acudido al estudio de la consultora Lahmeyer – Cimentaciones denominado “Plan Integral para la Recuperación del Estero Salado”.

[68] Hilera L, Ruth/ Diéz H, Juan M, “Directrices de Restauración Ecológica en Cuencas Hidrográficas Andinas: ‘Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica La Floresta – La Novita”, Bogotá, Colombia.

La indicada consultora dividió el objeto de estudio en varias Zonas. La que corresponde al presente trabajo es la "*Zona III: Áreas de baja densidad poblacional".*
En lo que sigue, se transcriben varios párrafos que satisfacen la descripción requerida.

> "Comprende los sectores asentados junto a la vía a la costa y a los ramales de Puerto Hondo, Plano Seco, Mongón y ramales varios que penetran en el sector Oeste de Guayaquil. Los asentamientos más importantes son: Puerto Azul que es de tipo formal y el de Puerto Hondo y pequeños grupos habitacionales de tipo informal.
> (.....)
>
> Los puntos más ricos en bosques de manglar son:
>
> - Sector Tres Bocas.
> - Estero Plano Seco Puerto Azul.
> - Bosques y esteros Puerto Hondo y Mongón.
>
> (.....)
>
> Esta parte del Estero se puede considerar como un cuerpo homogéneo –con diferencias marginales-, en el cual casi no hay intercambio de aguas. Eso significa que toda la carga de contaminación que entra se degrada en ese mismo lugar y no es transportada al mar.
>
> Según la clasificación internacional de calidad de agua para cuerpos de agua naturales, del sistema Saprobio, el Estero Salado se encuentra entre las clases IV y V. Esto significa fuerte y hasta excesiva contaminación. La base de la clasificación son los análisis fisicoquímicos y biológicos del agua estudiada.
>
> (.....)
>
> Aproximadamente, se puede estimar que la proporción de la carga contaminante por las aguas servidas que entran en el Estero Salado es de: 60% de origen doméstico y 40% de origen industrial. El total de carga que entra en el Estero Salado, tramos altos, crea un déficit de más de 10 toneladas de oxígeno por día (10.500 kg O2/día).[69]

[69] Lahmeyer- Cimentaciones, "Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado", Conclusiones.

(.....)

Al ser las descargas de aguas servidas las principales fuentes de contaminación del Estero Salado, se considera que solo hay una solución a corto, mediano y largo plazo, verdadera, de resultados permanentes y posibles de realizar a costos aceptables, esta es:

> La intercepción eficiente de las aguas servidas, para descargarlas al Río Guayas (tiene una capacidad de dilución infinitamente superior al Estero), en una primera etapa, y el tratamiento de las aguas servidas producidas en la ciudad, como solución final y definitiva. Esto implica también la rehabilitación y ampliación del sistema de alcantarillado y el uso de letrinas y pozos sépticos en ciertos sectores.

(.....)

Los países industrializados tienen sistemas de calificación de aguas diferentes, pero no hay diferencias fundamentales con los aplicados localmente. (.....) Tal vez el sistema de clasificación más avanzado es el Saprobio (Alemania), que puede servir de modelo general.

(.....)

Actualmente, las aguas de algunos tramos altos del Estero Salado, son de clase IV y hasta más bajas en otros, calificados con color rojo en cualquier sistema de clasificación (situación totalmente muerta, sumamente alarmante). La expectativa de que las aguas de ese cuerpo sean limpias, sin peligro para la natación y captura de peces, puede llegar a ser realidad siempre y cuando se realicen las medidas propuestas para la intercepción de las aguas servidas.”

Cuadro No. 17. Clases de calidad de agua al cabo del programa de la intercepción

Tramo del Estero	Clase de agua	DBO_5 (mg/l)	OD % sat.	Uso permitido o posible
A alto (represado)	II – III	5 – 10	50 – 70	recreación, natación limitada
A bajo	III	7 - 13	30 – 50	Recreación
B alto (represado)	II – III	5 - 10	50 – 70	recreación, natación limitada
B bajo	III	7 - 13	30 – 50	Recreación
C	II – III	5 - 10	50 – 70	recreación, natación limitada
D	II – III	5 - 10	50 – 70	recreación, natación limitada
E	II – III	5 - 10	50 – 70	recreación, natación limitada
F	II	2 - 6	70 – 85	recreación, natación, pesca (peces)
G	I – II	< 2	> 85	cualquier uso excepto para tomarla
H	II, II – III	5 - 13	30 – 70	recreación, natación, pesca
I superior	II – III	5 - 10	50 - 70	recreación, natación, pesca
I inferior	II	2 - 6	70 - 85	recreación, natación, pesca

Fuente: Lahmeyer – Cimentaciones, op. Cit.

MODELACION

Como se adelantó, la modelación se realiza utilizando el método PER (Presión – Estado – Respuesta), que implica los siguientes conceptos.

- Los *factores causales o de presión* corresponden a "acciones o actividades generadores de la problemática"[70]

[70] Indaport, "Sistema de Indicadores Ambientales para el Sistema Portuario Español", Valencia, España

- Los *efectos o estado* corresponden a la "situación actual y tendencias del recurso o estado medioambiental"[71]
- Las *respuestas* corresponden a las "acciones realizadas en respuesta a la problemática"[72]

En lo que sigue, en forma de cuadros, se sintetizan los aspectos descritos en los apartados precedentes. Sólo se incluyen respuestas a los impactos calificados ulteriormente como significativos.

Cuadro No. 18. PER, Dimensión hidrológica

Presión	**Estado**	**Respuesta**
	Morfología	
Explotación de canteras y desarrollos urbanísticos. Construcción de obras lineales de infraestructura (vías, canales, etc)	Pérdida de continuidad de drenaje de microcuencas. Acrecentan el peligro de acarreo de sedimentos.	
Desarrollos urbanísticos	Viviendas vecinas a taludes de canal artificial. Disminución radical del manglar en desembocadura de microcuencas.	Regular franjas de protección de los cauces. Erradicar edificaciones en las franjas o implementar medidas estructurales de protección.
	Funcionamiento	
Extracción selectiva de especies maderables	Disminución de la capacidad de captación de agua de las zonas de cabecera de las microcuenca.	
Explotación de canteras	Disminución de la función de captación en los tramos medios y de traslación de agua de las microcuencas.	Restaurar continuidad y morfología de los cauces.
Destrucción del manglar	Pérdida de áreas de amortiguamiento (abanico aluvial) de los torrentes de agua en precipitaciones extraordinarias. Pérdida de evapotranspiración, de retención de sedimentos y disipación de la energía asociada a los torrentes.	Medidas estructurales de disipación de energía y de retención de sedimentos en cursos medios y superiores de los cuaces.

[71] Indaport, ibid.
[72] Indaport, ibid.

	Régimen de caudales	
Deforestación y pérdida de tierra vegetal. Urbanización de suelos con pendientes medias	Incremento del arroyamiento de superficie y de los caudales por incremento del coeficiente de escorrentía. Desaparición del almacenamiento superficial y disminución de la infiltración (almacenamiento subterráneo). Incremento del período de estiaje en los cauces.	Normar la implementación de áreas libres en sitios de confluencia de cauces y de cambios abruptos de sus pendientes. Restauración de la vegetación riparia.
Alcantarillas inadecuadas en la vía Guayaquil Salinas	Incremento de posibilidades de inundaciones por la disminución de la sección del cauce.	

Cuadro No. 19. PER, Dimensión ecológica

Presión	**Estado**	**Respuesta**
	Conservac. u. de paisaje	
Extracción selectiva de especies maderables en el bosque de montaña. Caminos de acceso a las partes altas de las microcuencas, propiciadoras de acciones antrópicas y dinamizadoras de procesos de fragmentación del bosque.	Bosque fragmentado (fragmentos de menos de 2.500 has.), calificable como en *deterioro ecológico,* disminuido como unidad de paisaje de las microcuencas. Pérdida de especies vegetales y variedades maderables de gran calidad	No admitir vías de acceso a las partes altas de la cordillera. Unir los parches con corredores de forestación. Modificar la agresividad de la matriz, propiciando un entorno de transición o ecotono amable con el bosque.
Destrucción de la vegetación riparia	Unidad de paisaje lineal minimizada como conector entre las unidades de paisaje terminales, superior e inferior	Restaurar la vegetación riparia.
Destrucción del manglar	Unidad de paisaje terminal inferior de las microcuencas prácticamente inexistente	

	Sucesión estabilidad	
Deforestación e incendios	Pérdida de hábitat de especies como el *ara ambigua.* Pérdida de sombra, microbiota, fuente de material genético y de fauna nativa. Pérdida de humedad ambiental asociada a la vegetación boscosa (incremento de sequía)	No admitir vías de acceso a las partes altas de la cordillera. Unir los parches con corredores de forestación. Modificar la agresividad de la matriz, propiciando un entorno de transición o ecotono amable con el bosque.
Destrucción del manglar	Pérdida de especies que habitan en área de mezcla de agua dulce y salada	
	Entornos compartimentad.	
Urbanización agresiva, sin áreas de transición.	Depredación del entorno protector bosque de manglar	
Urbanización sin control de cadenas tróficas y ciclos de materiales	Eutrofización y contaminación del Estero Salado.	
Caminos de acceso y extracción selectiva de especies maderables en el bosque de montaña	Fragmentación del entorno protector bosque seco de montaña	No admitir vías de acceso a las partes altas de la cordillera.

Cuadro No. 20. PER, Gestión del riesgo

Presión	**Estado**	**Respuesta**
	Coeficiente de relieve	
Explotación antitécnica de canteras	Erosión hídrica en surcos; cárcavas; deslizamientos y derrumbes en sitios de mayor pendiente. Cortes antitécnicos que favorecen movimientos masales.	Reconformación de terrazas de explotación. Cierre de canteras no autorizadas o sin Planes de Abandono. Revegetación.
Incremento del coeficiente de relieve por explotación de canteras.	Incremento de los procesos de erosión y sedimentación	Idem
	Residuos	
Acumulación antitécnica de piedra triturada. Canteras cerradas sin Plan de Abandono. Rocas expuestas a meteorización; escombros abandonados	Incremento del riesgo de torrentes de escombros.	Actuación sobre escombreras en canteras abandonadas. Regulación y control del almacenamiento del material explotado. Revegetación.
Deforestación	Inestabilidad de laderas por sequías (resecamiento) o lluvias excesivas (saturación). Movimientos masales, flujos catastróficos.	Reforestación del entorno compartimentado protegido

	Densidad de drenaje	
Desarrollos urbanísticos en áreas propicias como abanicos aluviales y en lugares de cambio brusco de pendientes del cauce.	Areas urbanizadas vulnerables por ocupar sitios proclives a inundaciones y torrentes catastróficos	Normar la implementación de áreas libres en sitios de confluencia de cauces y de cambios abruptos de sus pendientes. Restauración de la vegetación riparia. Medidas estructurales de disipación de energía y de retención de sedimentos en cursos medios y superiores de los cauces
Secciones de los cauces insuficientes en la parte baja de la cuenca	Inundaciones en épocas de precipitaciones extraordinarias.	
	Vegetación riparia	
Destrucción de la vegetación riparia	Procesos de erosión de los bordes y sedimentación en el lecho del cauce	Restauración de la vegetación riparia.

VALORACION

Para el efecto se utiliza el criterio de calificar los impactos descritos en el apartado anterior y seleccionar aquellos que se presuman como "impactos significativos, según lo establece la EPA.

> "El concepto de 'significativo'...requiere consideraciones sobre el contexto y la intensidad. 'Contexto' significa que debe ser analizado en relación a la sociedad en su conjunto, la región afectada, los intereses afectados, la localidad y la duración de los efectos a corto y largo plazo. 'Intensidad' se refiere a la gravedad del impacto."[73]

Parámetros adoptados.

A efectos de precisar tal valoración se han adoptado los siguientes parámetros:

A. *Naturaleza del impacto*. Si el impacto es negativo la ponderación es 1, si el impacto es positivo se consigna un valor de 0.

B. *Probabilidad de ocurrencia del impacto*. La probabilidad de ocurrencia, y la correspondiente ponderación es: alta, 75% de

[73] EPA, "Manual de Evaluación de Impacto Ambiental", cap 1, La Ley de la Política Ambiental Nacional y su Aplicación, pág 11.

probabilidad, ponderándosela con un valor de 2; mediana, entre 50 y 75%, ponderación 1; baja o improbable, menos del 50%, ponderación 0.

C. *Tipo de impacto*. El impacto directo o provocado por la acción principal del caso y que incide en su sitio de construcción/ operación, con una ponderación de 2; el indirecto, provocado por otras acciones eventuales o servicios vinculados, ponderación 1.

D. *Magnitud*. Impacto de baja intensidad, cuando el proyecto afecta a un área menor a 1 ha, ponderación 0; moderada, afecta entre 1 y 10 has, ponderación 1; alta, más de 10 has, ponderación 2.

E. *Reversibilidad*. Impacto reversible, ponderación 0; no reversible, ponderación 1.

F. *Duración del impacto*: menos de 1 año, ponderación 0; entre 1 y 10 años, ponderación 1; más de 10 años, ponderación 2.

Cuadro No. 21. Valoración de Impactos.

Impactos	A	B	C	D	E	F	Total
Pérdida de continuidad de drenaje de microcuencas acrecenta el peligro de acarreo de sedimentos.	1	2	1	1	0	0	5
Desarrollos urbanísticos propician viviendas vecinas a taludes de canal artificial.	1	1	0	0	0	0	2
Desarrollos urbanísticos disminuyen el manglar en desembocadura de microcuencas.	1	2	1	2	1	2	**9**
Extracción selectiva de especies maderables disminuye la capacidad de captación de agua de las zonas de cabecera de las microcuenca.	1	1	1	0	0	1	4
Explotación de canteras provoca la disminución de la función de captación en los tramos medios y de traslación de agua de las microcuencas.	1	2	2	1	0	1	7
Destrucción del manglar provoca pérdida de áreas de amortiguamiento (abanico aluvial) de los torrentes de agua en precipitaciones extraordinarias.	1	2	1	2	1	0	7
Destruccion del manglar provoca pérdida de evapotranspiración, de retención de sedimentos y disipación de la energía asociada a los torrentes.	1	2	1	1	1	2	**8**
Deforestación y pérdida de tierra vegetal por urbanización de suelos con pendientes medias provoca incremento del arroyamiento de superficie y de los caudales por incremento del coeficiente de escorrentía.	1	2	1	2	0	1	7
Deforestación y pérdida de tierra vegetal por urbanización de suelos con pendientes medias provoca desaparición del almacenamiento superficial y disminución de la infiltración (almacenamiento subterráneo).	1	1	1	2	1	2	**8**

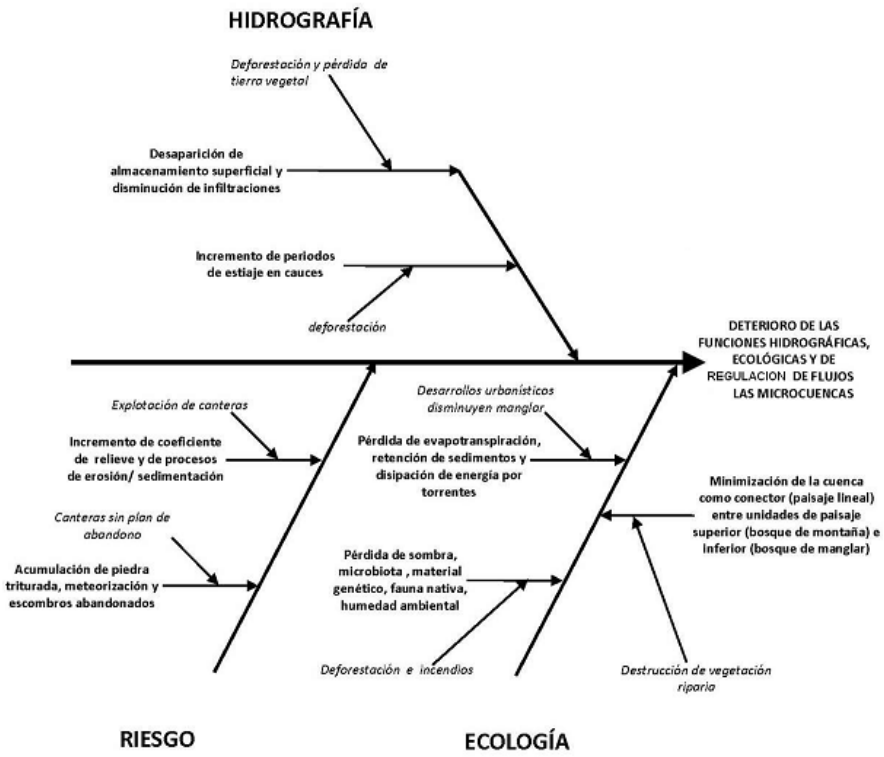
Impactos	A	B	C	D	E	F	Total
Deforestación y pérdida de tierra vegetal provoca incremento del período de estiaje en los cauces.	1	2	2	2	0	2	**9**
Alcantarillas inadecuadas en la vía Guayaquil Salinas incrementa posibilidades de inundaciones por la disminución de la sección del cauce	1	0	0	0	0	0	1
Extracción selectiva de especies maderables en el bosque de montaña y caminos de acceso a las partes altas de las microcuencas, propician su fragmentación y lo califica como de deterioro ecológico.	1	2	1	2	0	1	7
La fragmentación del bosque de montaña provoca la pérdida de especies vegetales y variedades maderables de gran calidad	1	1	2	2	0	1	7
Destrucción de la vegetación riparia minimiza a la cuenca como unidad de paisaje lineal que actúa como conector entre las unidades de paisaje terminales, superior e inferior	1	2	2	2	1	1	**9**
La destrucción del manglar vuelve inexistente a la unidad de paisaje terminal inferior de las microcuencas	1	1	0	0	1	2	5
La deforestación y los incendios provocan la pérdida de hábitat de especies como el *ara ambigua*	1	1	1	0	0	1	4
Deforestación e incendios provocan pérdida de sombra, microbiota, fuente de material genético y de fauna nativa.	1	2	2	2	0	1	**8**
Deforestación e incendios provocan pérdida de humedad ambiental asociada a la vegetación boscosa (incremento de sequía)	1	2	2	2	0	1	**8**
Destrucción del manglar constituye pérdida de especies que habitan en área de mezcla de agua dulce y salada	1	1	2	0	0	0	4
Urbanización agresiva, sin áreas de transición, depreda el entorno protector bosque de manglar	1	1	1	1	1	1	6

Impactos	A	B	C	D	E	F	Total
Urbanización, sin control de cadenas tróficas y ciclos de materiales, provoca eutrofización y contaminación del Estero Salado	1	1	1	2	0	1	6
Explotación de canteras y cortes antitécnicos propician: erosión hídrica en surcos; cárcavas; deslizamientos y derrumbes en sitios de mayor pendiente, movimientos masales.	1	1	2	2	0	1	7
Incremento del coeficiente de relieve por explotación de canteras propicia incremento de procesos de erosión y sedimentación.	1	2	2	2	0	1	**8**
Acumulación antitécnica de piedra triturada, canteras cerradas sin Plan de Abandono, rocas expuestas a meteorización y escombros abandonados incrementan el riesgo de torrentes de escombros.	1	2	2	2	0	1	**8**
Deforestación provoca inestabilidad de laderas: resecamiento en épocas secas, saturación con lluvias excesivas	1	1	2	2	0	1	7
Areas urbanizadas vulnerables por ocupar abanicos aluviales y lugares de cambios bruscos de pendiente de los cauces	1	1	2	2	1	0	7
Secciones de los cauces insuficientes en la parte baja de la cuenca propician inundaciones en épocas de precipitaciones extraordinarias.	1	1	1	1	0	0	4
Destrucción de la vegetación riparia propicia procesos de erosión de los bordes y sedimentación en los lechos de los cauces.	1	2	2	1	0	2	**8**

La valoración numérica se dividió en dos rangos: de 7 a 10, y menos de 6. *Se consideraron significativos los problemas ubicados en la valoración de 8 a 10*.

En el gráfico adjunto, “PER de las microcuencas 13 y 14, Jerarquía Causal”, siguiendo el diagrama de Ishikawa, se han estructurado los problemas significativos, a efecto de establecer una jerarquía causal. Los problemas se han agregado en atención a las categorías hidrografía, ecología y riesgo.

Gráfico No. 12. PER de las microcuencas 13 y 14, Jerarquía Causal



CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFINAMIENTO DE OBJETIVOS

Originalmente, en el Capítulo III, Aspectos Metodológicos, se declararon los siguientes objetivos del presente estudio.

Objetivo general.

Formular un modelo de zonificación por microcuencas hidrográficas, que priorice los aspectos físico ambientales, y actúe como instrumento del ordenamiento urbano sostenible.

Objetivos específicos:

a. Vincular el modelo de zonificación por microcuencas hidrográficas a las nociones de uso del territorio y de compartimentación de ecosistemas, para constituirlo en instrumento del ordenamiento ambiental territorial.
b. Incorporar al modelo las categorías de riesgo y de vulnerabilidad de tal forma que se constituya, adicionalmente, en instrumento de gestión del riesgo.

Los objetivos declarados se mantienen en tanto objetivos del modelo normativo propuesto. Sin embargo*, aplicado al caso del área de estudio, cabe especificar los objetivos propios del caso en análisis*. Lo indicado, se concreta en los siguientes términos:

Objetivos de los entornos compartimentados de las microcuencas 13 y 14:

General:

Mejorar los atributos de los tres entornos compartimentados identificados: protector, intermedio y urbano industrial.

Específicos:

- El entorno protector bosque de montaña, sometido a procesos de deforestación, será objeto de intervenciones de rehabilitación puntual de su floresta.

- El entorno intermedio correspondiente a las áreas de pendientes intermedias, sometido a procesos de fragmentación y deterioro ecológico, será objeto de intervenciones de recuperación ambiental de los cauces y de rehabilitación total de su vegetación riparia.

- El entorno urbano industrial, deficitario en obras de saneamiento y de manejo de precipitaciones excedentarias, será objeto de intervenciones de recuperación ambiental

Objetivos de gestión de riesgos de las microcuencas 13 y 14:

General:

Disminuir el alto grado de vulnerabilidad por inundaciones y eventuales flujos catastróficos de Puerto Azul, Belo Horizonte, Puerta del Sol y de los depósitos de combustibles en El Salitral.

Específicos:

- Actualizar Planes de Abandono, regular y controlar la conformación de terrazas de explotación, y la disposición de material almacenado de las canteras autorizadas.

- Actuar sobre las escombreras en canteras abandonadas, con el propósito de minimizar eventuales flujos de escombros

- Regular franjas de protección de los cauces, y normar e implementar áreas libres en sitios de confluencia de cauces y cambios abruptos de las pendientes de los cauces.

- Implementar medidas estructurales de disipación de energía y retención de sedimentos en cursos medios y superiores de los cauces.

- Restituir la vegetación riparia.

MODELO NORMATIVO PARA EL ORDENAMIENTO URBANO SOSTENIBLE

1. Planeación del Uso del Territorio: Clasificación del Suelo y Planeación de Usos del Suelo.

La planeación del uso del territorio tiene dos alcances:

- Uno más vasto, relacionado con el concepto de usos de la tierra o el territorio, que incluye todos los aspectos del ambiente y su relación con las actividades de la especie humana. Esta dimensión integral de la planeación culmina con lo que técnicamente se denomina *clasificación del suelo.*

- Uno más restringido, relacionado con el concepto de uso del suelo, que considera los otros aspectos ambientales como factores contextuales. Esta dimensión urbanística de la planeación se denomina *planeación de los usos del suelo.*

Clasificación del suelo.

La clasificación del suelo focaliza sus alcances planificadores en: a) la protección de los recursos ambientales; y, b) el manejo global del crecimiento urbano.

En tal perspectiva, la clasificación del suelo es vinculable a las determinaciones constantes en el Art. 71 de la Constitución vigente, que demanda la protección de los ciclos vitales, la estructura, las funciones y los procesos evolutivos de la naturaleza. De igual manera, constituye una respuesta al Art 241 de dicha Constitución que establece que la planificacion (acción) garantizará el ordenamiento territorial (resultado).

Usos del suelo.

La planeación de los usos del suelo enfatiza el valor de uso del suelo. Como tal, propone un ordenamiento espacial que asegure una adecuada compatibilidad de los usos o funciones urbanas (agregación categorizada de usos).

Tal planeación presupone la eficiencia en el uso de los espacios urbanos. De no manejarla en vinculación con la clasificación del suelo, provocaría lo que Odum denomina predominio de *la producción* sobre *la conservación*.

2. Modelo de clasificación del suelo y de planeación de usos del suelo.

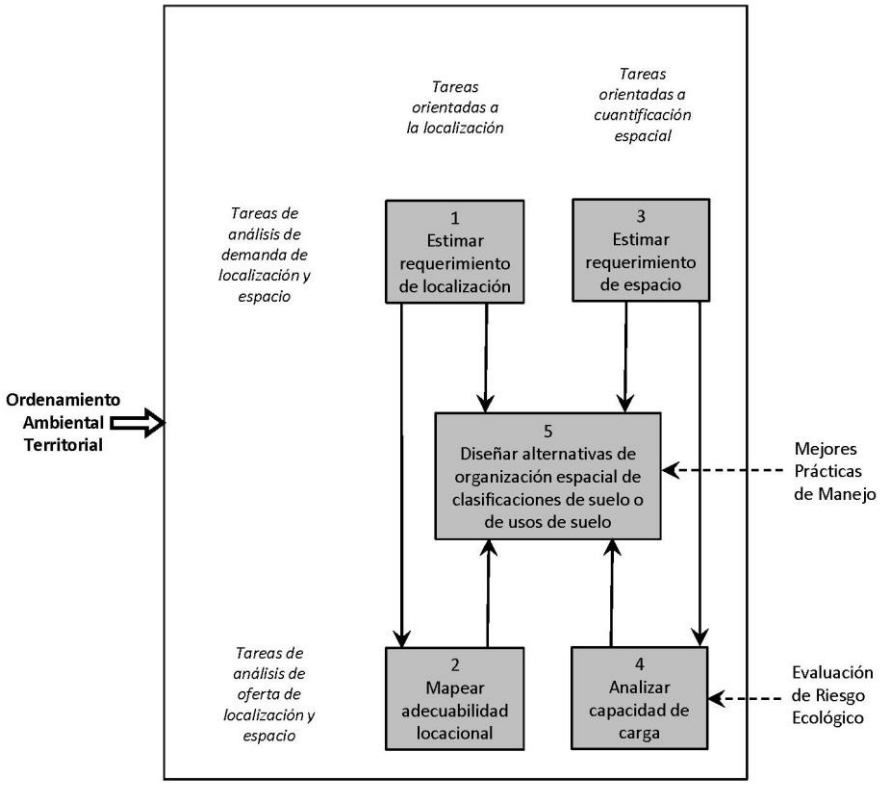
La propuesta de modelo combina el desarrollado por Kaiser, Godschalk y Chapin[74], que se ilustra en el Gráfico "Clasificación del Suelo y Planeación de Usos del Suelo". Al indicado diagrama y procesos metodológicos asociados, se le agregan tres procesos adicionales:

a) Las determinaciones del Ordenamiento Ambiental Territorial de la ciudad o cantón del caso, las que se concretan como *objetivos, metas y políticas de desarrollo* del territorio.

b) La *evaluación del riesgo ecológico,* implicada en la estimación de la capacidad de carga del territorio destinado a un determinado uso.

c) La incorporación de un conjunto de "mejores prácticas de manejo" al diseño de alternativas de organización espacial, sea como clasificación del suelo o como usos del suelo.

Gráfico No. 13. Clasificación del Suelo y Planeación de Usos del Suelo



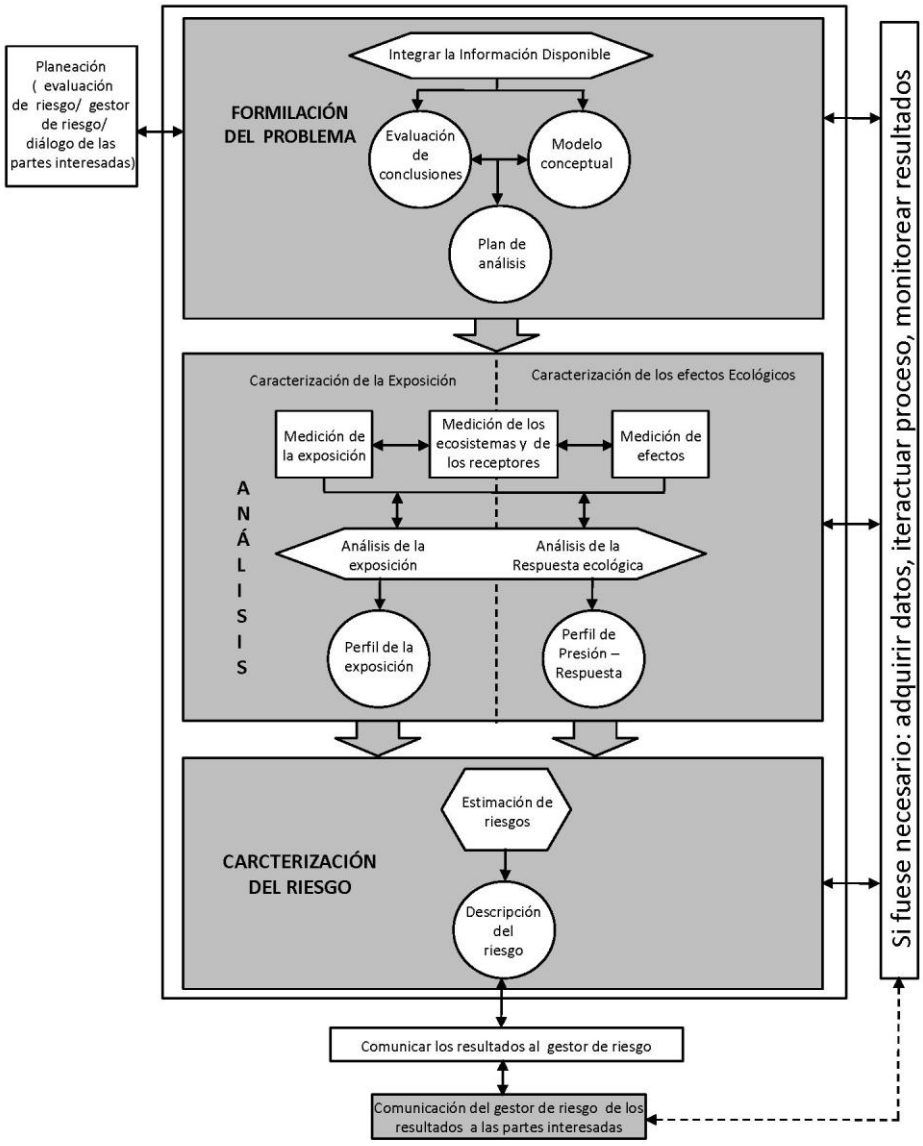
[74] Kaiser, Edward J/ Godschalk, David R/ Chapin Jr, F. Stuart, "Urban Land Use Planning", University of Illinois Press, Urbana and Chicago, 1995.

La explicitación de un modelo de Ordenamiento Ambiental Territorial rebasa los alcances del presente estudio, por lo que no se hace referencia a modelo alguno. Sin embargo, respecto de los otros dos procesos, remitimos a dos desarrollados por la EPA, y expuestos en los documentos:

- "Guidelines for Ecological Risk Assessment"
- "Urban Runoff Pollution Prevention and Control Planning"

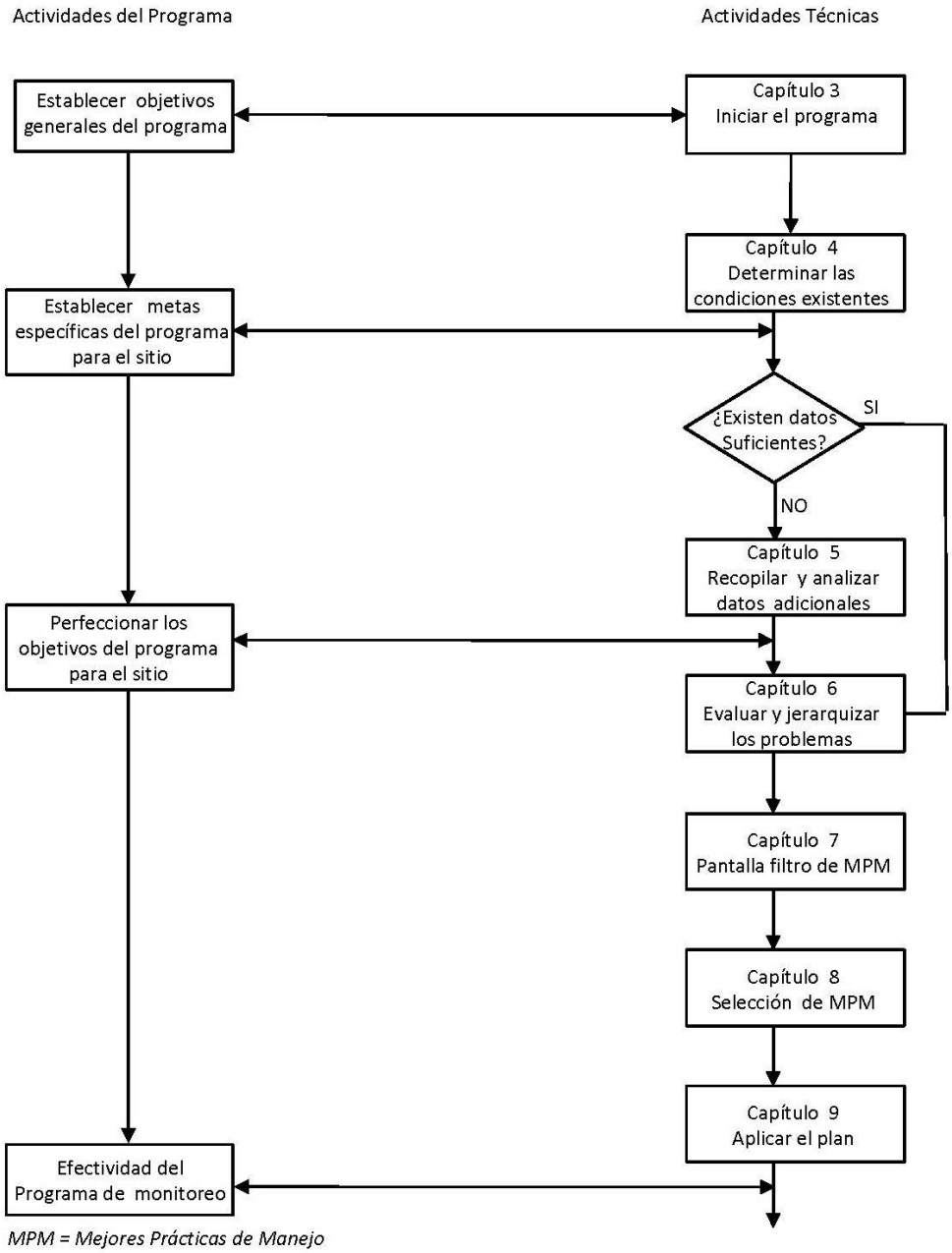
A manera de ilustración y guía, tales procesos se esquematizan en los gráficos adjuntos.

Gráfico No. 14. Esquema para la Evaluación del Riesgo Ecológico



Fuente: EPA, Guidelines for Ecological Risk Assessment

Gráfico No. 15. Esquema de Incorporación de Mejores Prácticas de Manejo en la Generación de Alternativas



MPM = Mejores Prácticas de Manejo

Fuente: EPA, Urban Runoff Pollution Prevention and Cantrol Planning

3. Clasificación del Suelo y Planeamiento de Usos del suelo de las Microcuencas 13 y 14.

En lo que sigue, a manera de estudio de caso, se aplica el modelo descrito en los apartados anteriores, en el área de estudio, las

microcuencas 13 y 14. Este estudio de caso sintetiza cada uno de los pasos metodológicos descritos en este capítulo y en el precedente.

Estudio de caso

Clasificación del Suelo y Planeamiento de Usos del Suelo de las Microcuencas 13 y 14 de la Cordillera Chongón Guayaquil, Ecuador

Las microcuencas 13 y 14 forma parte de la Zona de Planificación F, determinada por la Ordenanaza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil (año 2000). Esta Zona corresponde a una estrecha franja de tierra delimitada por la Cordillera Chongón y el estuario marino que constituye el área protegida del manglar denominado Bosques del Salado.

Desde la Cordillera Chongón descienden hacia el estuario marino varias microcuencas hidrográficas, que forman parte del sistema bosque seco tropical. La cordillera y las microcuencas han sido fuertemente afectados por procesos de deforestación, de explotación de canteras, de construcción de infraestructuras viales y procesos de urbanización.

Las indicadas intervenciones han dado lugar a la destrucción del hábitat de especies emblemáticas, tal el caso del *Ara ambigua guayaquilensis,* en peligro de extinción. Adicionalmente, la explotación de canteras y los desarrollos urbanísticos han dado lugar a potenciales desastres por inundaciones y flujos de escombros, tales como los experimentados en el Estado Vargas (Venezuela) y en Rincón de la Victoria (España).

Tales circuntancias justifican que este estudio de caso haya priorizado tres aspectos: *los hidrográficos, los ecológicos y la gestión de riesgos derivados de eventuales flujos de escombros*. La metodología adoptada, derivada de la propuesta por Kaiser, Edward J/ Godschalk, David R/ Chapin jr, F. Stuart[75], y por la EPA ha implicado el desarrollo de los siguientes pasos: a) Formulación de requerimientos de localización; b) Mapeo de adecuabilidad de localización; c) Estimación de requerimientos de espacio; d) Análisis de la capacidad de carga; e) Alternativas de organización espacial.

El proceso aplicado ha tenido como propósito:

- *la calificación del suelo; y,*
- *la asignación de usos del suelo en las áreas de estudio.*

[75] "Urban Land Use Planning", University of Illinois Press, Urbana and Chicago, 1995.

Calificación del suelo.

Formulación de requerimientos de localización. A falta de un Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de Guayaquil se han utilizado las determinaciones constantes en los capítulos 2 y 3 de la Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, OPRDUG. El capítulo 2 establece el Régimen Urbano Ambiental aplicable a la ciudad, en tanto que el 3 establece las Normas generales del Régimen Urbanístico del Suelo.

Las indicadas determinaciones permiten discriminar el suelo como: a) de uso urbano, que involucra los suelos urbanizados y urbanizables; b) suelos no urbanizables, correspondientes a àreas de conservación, superficies de agua, áreas de transición con suelos de uso urbano.

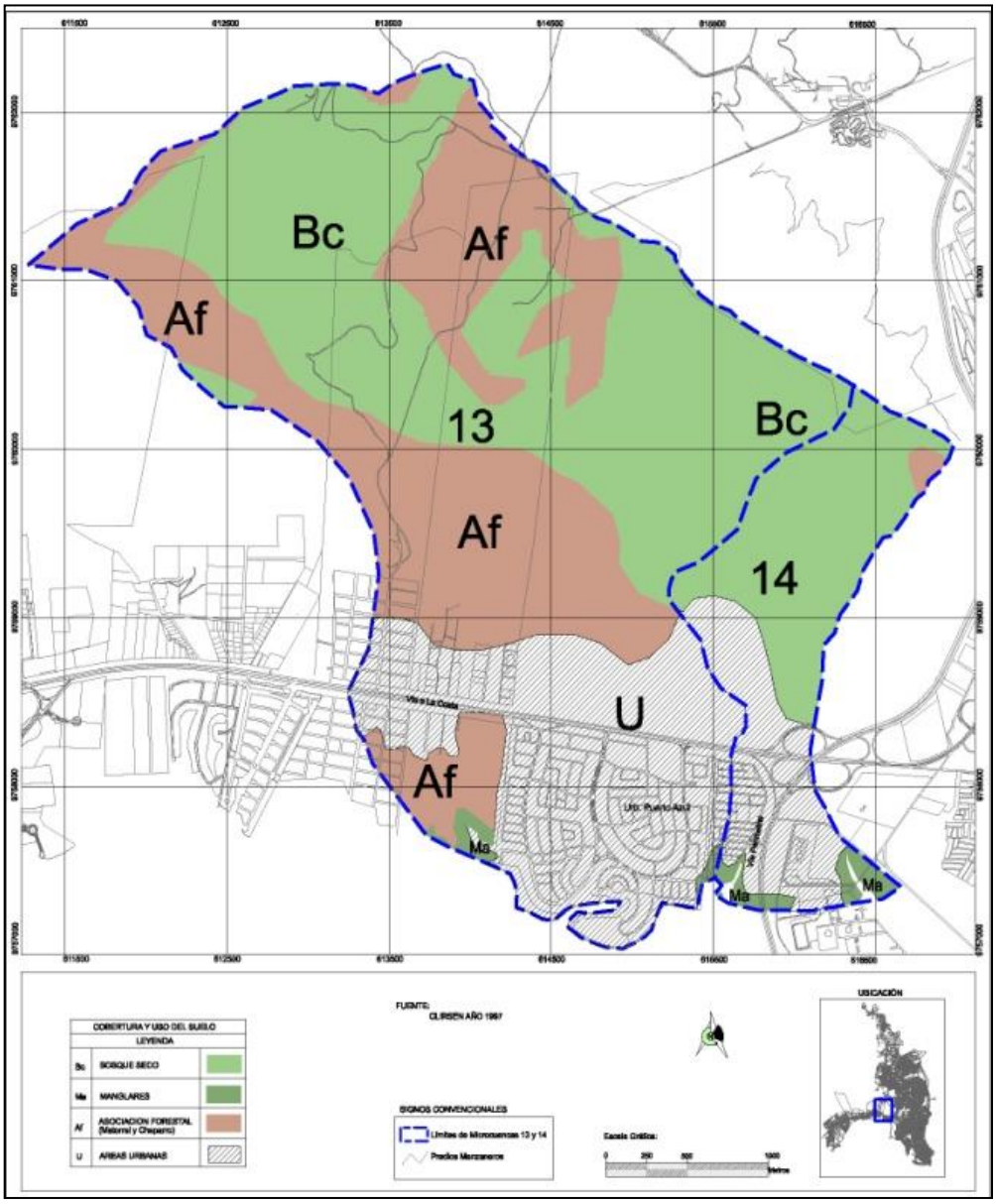
Las normas generales del indicado Plan establecen los requerimientos de localización que le permitieron establecer el correspondiente *esquema de usos del suelo* de la ciudad. Tales requerimientos fueron utilizados para la determinación de los requerimientos de localización, que se mapean en el siguiente apartado.

Mapeo de adecuabilidad. Se han considerado en este mapeo las características del suelo[76], las pendientes y la cobertura. Estos dos últimos aspectos se ilustran en el siguiente gráfico.

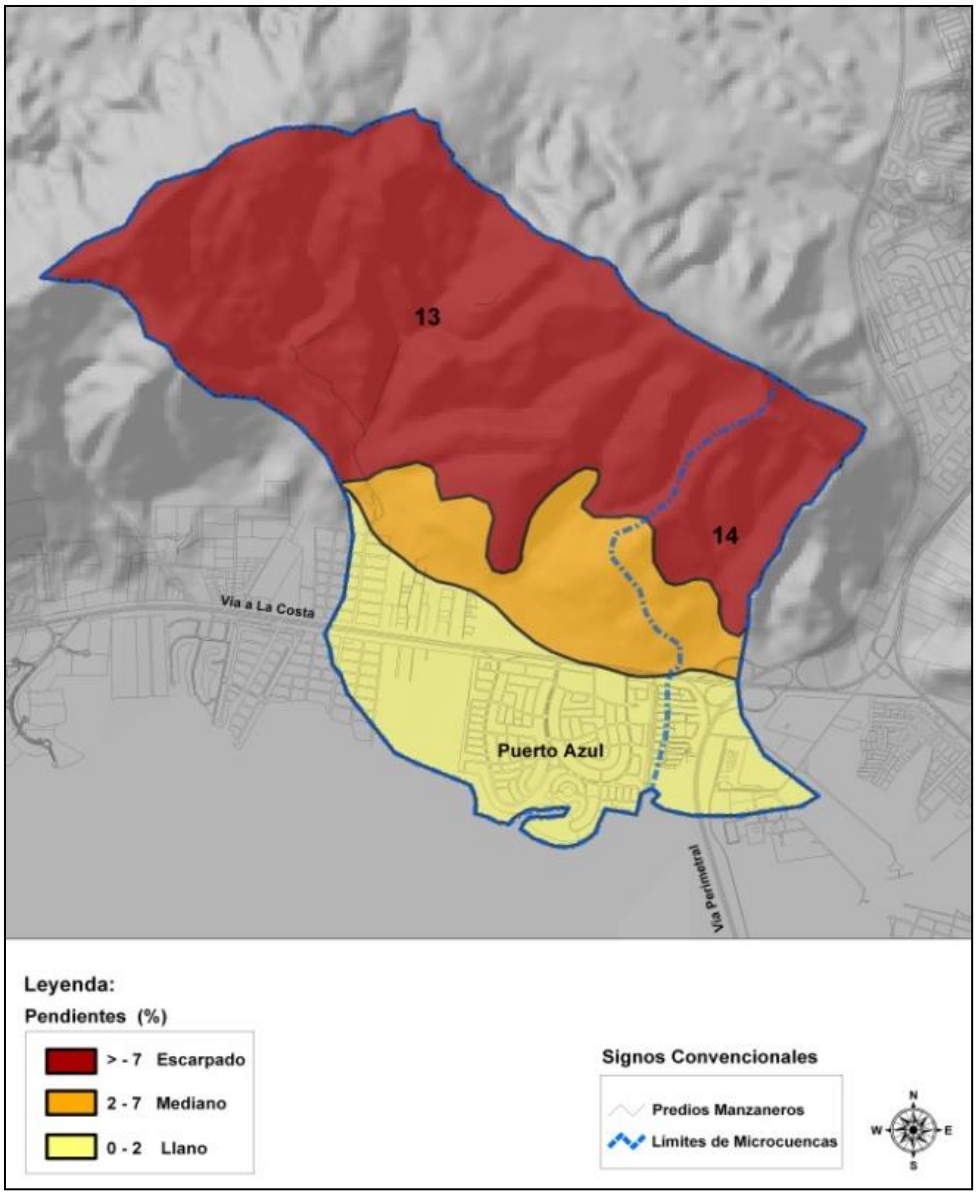
[76] Ver gráfico 3, Cobertura y Usos del Suelo.

Gráfico No. 16. Microcuencas 13 y 14. Mapeo de suelos: características fisiográficas

COBERTURA



PENDIENTES


13
14
Via a La Costa
Puerto Azul
Via Perimetral
Leyenda:
Pendientes (%)
> - 7 Escarpado
2 - 7 Mediano
0 - 2 Llano
Signos Convencionales
Predios Manzaneros
Límites de Microcuencas
N
W
E
S

Requerimientos de espacio. El Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, PRDU, estableció una primera previsión de crecimiento demográfico y espacial para la ciudad. Estas previsiones de crecimiento de la planta urbana incluyó la totalidad del área de la Zona de Planificación F, donde se encuentran las dos microcuencas del caso.

En términos generales para esta Zona, en las áreas calificadas como Urbanizable Programada, el indicado Plan *estableció como admisibles usos residenciales de baja densidad*. Esta Zona cuenta con grandes superficies de suelo no urbanizable, correspondientes a los suelos sobre los 100 m de nivel en la Cordillera Chongón y a las àreas de manglar ubicadas en los bordes del estuario marino.

La población prevista para la Zona es de alrededor de 700.000 habitantes, cuyo horizonte temporal de recepción es hasta el año 2015.

Capacidad de carga/ Evaluación del riesgo ecológico.

El estudio no realizó, por las limitaciones metodológicas adoptadas, una cuantificación de la capacidad de carga ecológica de las microcuencas. El análisis de la capacidad de carga ecológica fue cualitativo. Se realizaron cuantificaciones para los aspectos hidrográficos y para los riesgos por inundaciones.

Los impactos se sistematizaron utilizando el método Presión – Estado – Respuesta. Se seleccionaron los *impactos significativos* a través de criterios de valoración y su estructuración causal según el esquema de Ishikawa.

Los impactos significativos fueron:

- Los desarrollos urbanísticos disminuyen el manglar en desembocadura de microcuencas.
- La destruccion del manglar provoca pérdida de evapotranspiración, de retención de sedimentos y disipación de la energía asociada a los torrentes.
- La deforestación y pérdida de tierra vegetal por la urbanización de suelos con pendientes medias provoca la desaparición del almacenamiento superficial y la disminución de la infiltración (almacenamiento subterráneo).
- La deforestación y pérdida de tierra vegetal provoca incrementos del período de estiaje en los cauces.
- La destrucción de la vegetación riparia minimiza a la cuenca como unidad de paisaje lineal que actúa como conector entre las unidades de paisaje terminales, superior e inferior (bosque de montaña y manglar).

- La deforestación e incendios provocan pérdida de sombra, microbiota, fuente de material genético y de fauna nativa.
- La deforestación e incendios provocan pérdida de humedad ambiental asociada a la vegetación boscosa (incremento de sequía).
- El incremento del coeficiente de relieve por explotación de canteras propicia el incremento de procesos de erosión y sedimentación.
- La acumulación antitécnica de piedra triturada, canteras cerradas sin Plan de Abandono, rocas expuestas a meteorización y escombros abandonados incrementan el riesgo de torrentes de escombros.
- La destrucción de la vegetación riparia propicia procesos de erosión de los bordes y sedimentación en los lechos de los cauces.

Alternativas de organización. El mapeo del paso 2, los requerimientos de espacio y el establecimiento de la capacidad de carga, permitieron identificar, siguiendo las premisas planteadas por Eugene Odum, tres *entornos compartimentados* en el área de estudio. Estos entornos, a su vez, se han caracterizado en atención a los perfiles de respuesta al impacto que se precisaron en el paso anterior. En consecuencia, la caracterización es la siguiente:

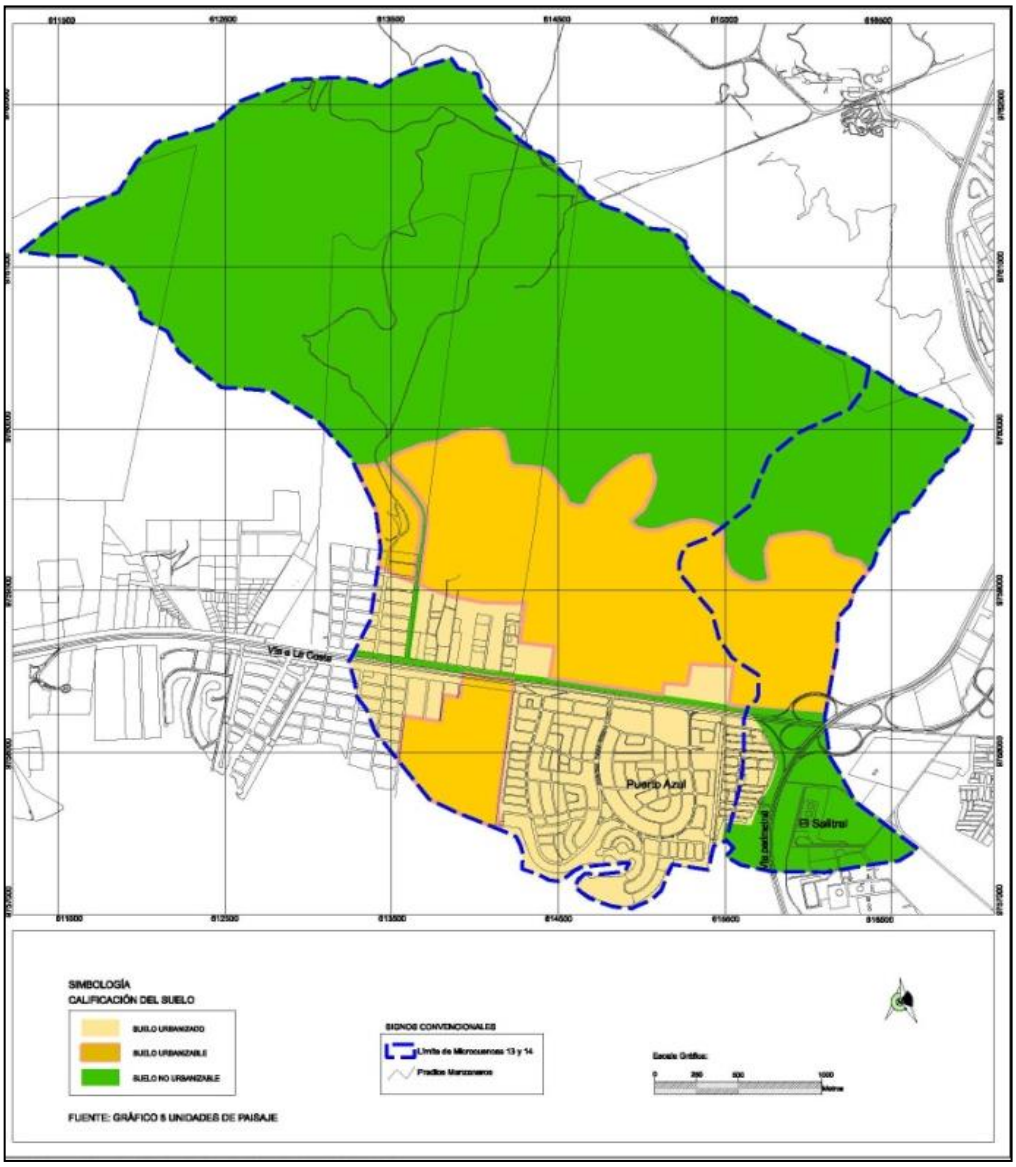
- Entorno protector, en el cual deben aplicarse políticas de rehabilitación limitada.

- Entorno intermedio, que implica políticas de rehabilitación total en áreas de transición con el entorno protector, y de recuperación ambiental en suelos urbanizables.

- Entorno urbano industrial, en las que se aplicarían políticas de recuperación ambiental.

Esta organización se ilustra en el siguiente gráfico.

Gráfico No. 17. Microcuencas 13 y 14, Suelos urbanizados, urbanizables y no urbanizables



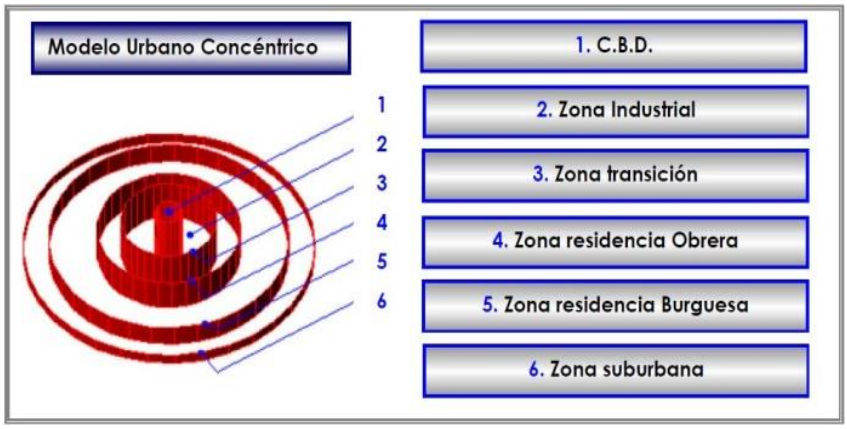
Planeamiento del uso del suelo.

Formulación de requerimientos de localización. Para los suelos calificados de uso urbano (urbanizados y urbanizables) se adoptaron los requerimientos que comunmente la técnica urbanística establece para los usos industriales, de comercio-servicio, residenciales, de equipamiento y para vialidad-transporte.

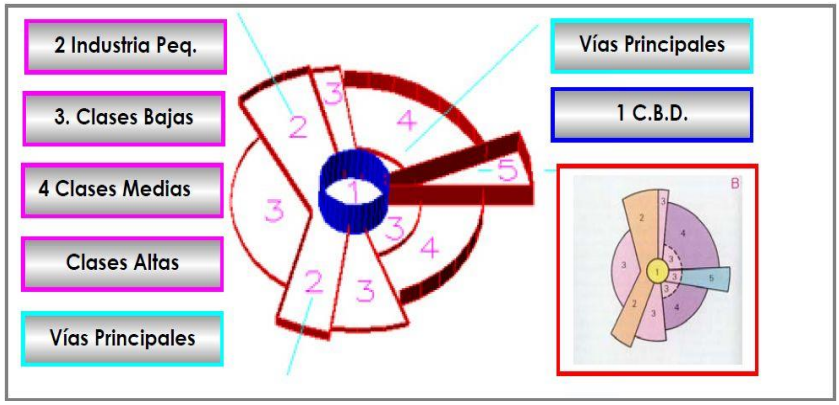
Sin embargo de lo indicado, para la formulación de los requerimientos de localización se tomó en consideración tres aspectos contextuales, en cierta forma incorporados en el Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil, PRDU: a) el modelo de estructuración intraurbana; b) el ordenamiento físico espacial de Guayaquil; y, c) el ordenamiento de la Zona de Planificación F.

La *estructuración intraurbana* de Guayaquil, en su evolución, coincide con el modelo de núcleos múltiples propuestos por Harris y Ullman, tal como se ilustra en el Gráfico 18.

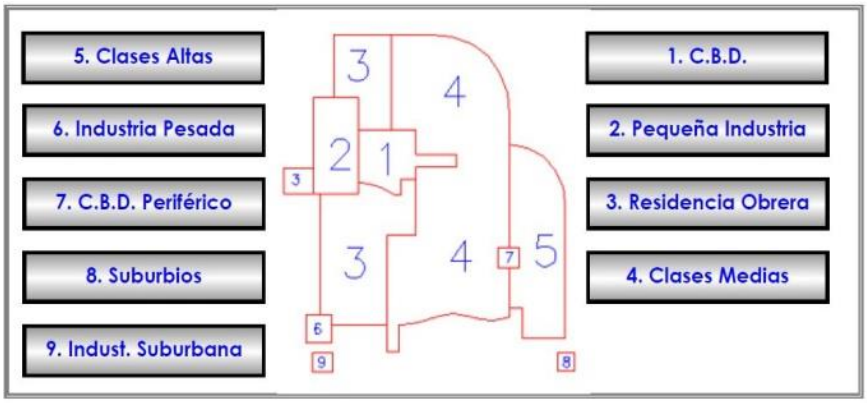
Gráfico No. 18. MODELOS DE ESTRUCTURA INTRAURBANA



ZONAS CONCÉNTRICAS
(BURGESS)



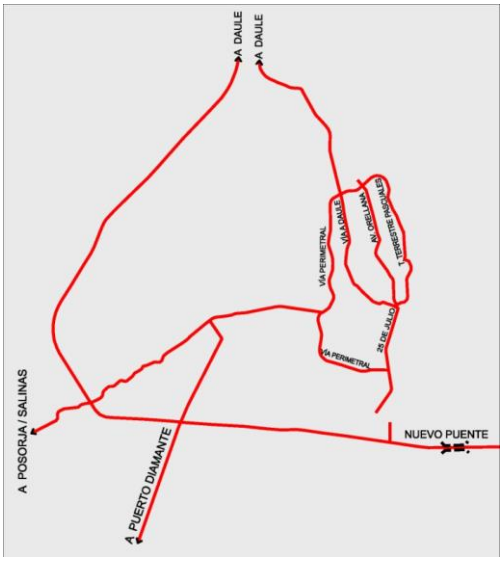
SECTORES RADIALES
(H. HOYT)



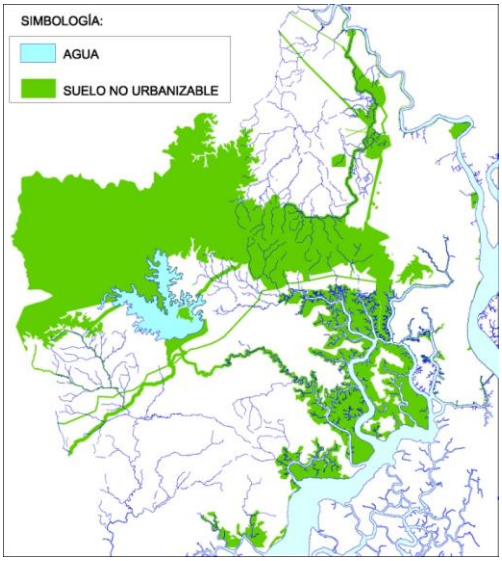
NÚCLEOS MULTIPLES
(HARRIS ULLMAN)

El *ordenamiento físico espacial* de Guayaquil corresponde a la superposición de tres capas: la estructura vial; las áreas protegidas; y, el emplazamiento de los usos considerados estratégicos. Lo indicado se ilustra en el Gráfico 19.

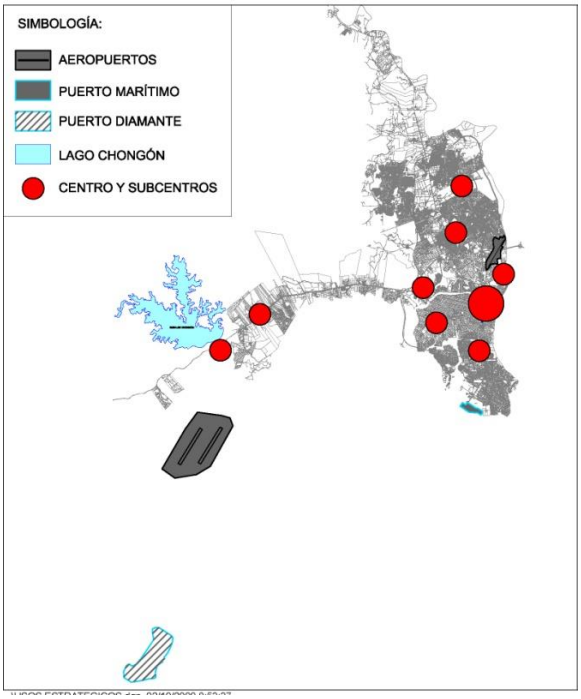
Gráfico No. 19. Ordenamiento Físico Espacial de Guayaquil



ESTRUCTURA VIAL



ÁREAS PROTEGIDAS



USOS ESTRATÉGICOS

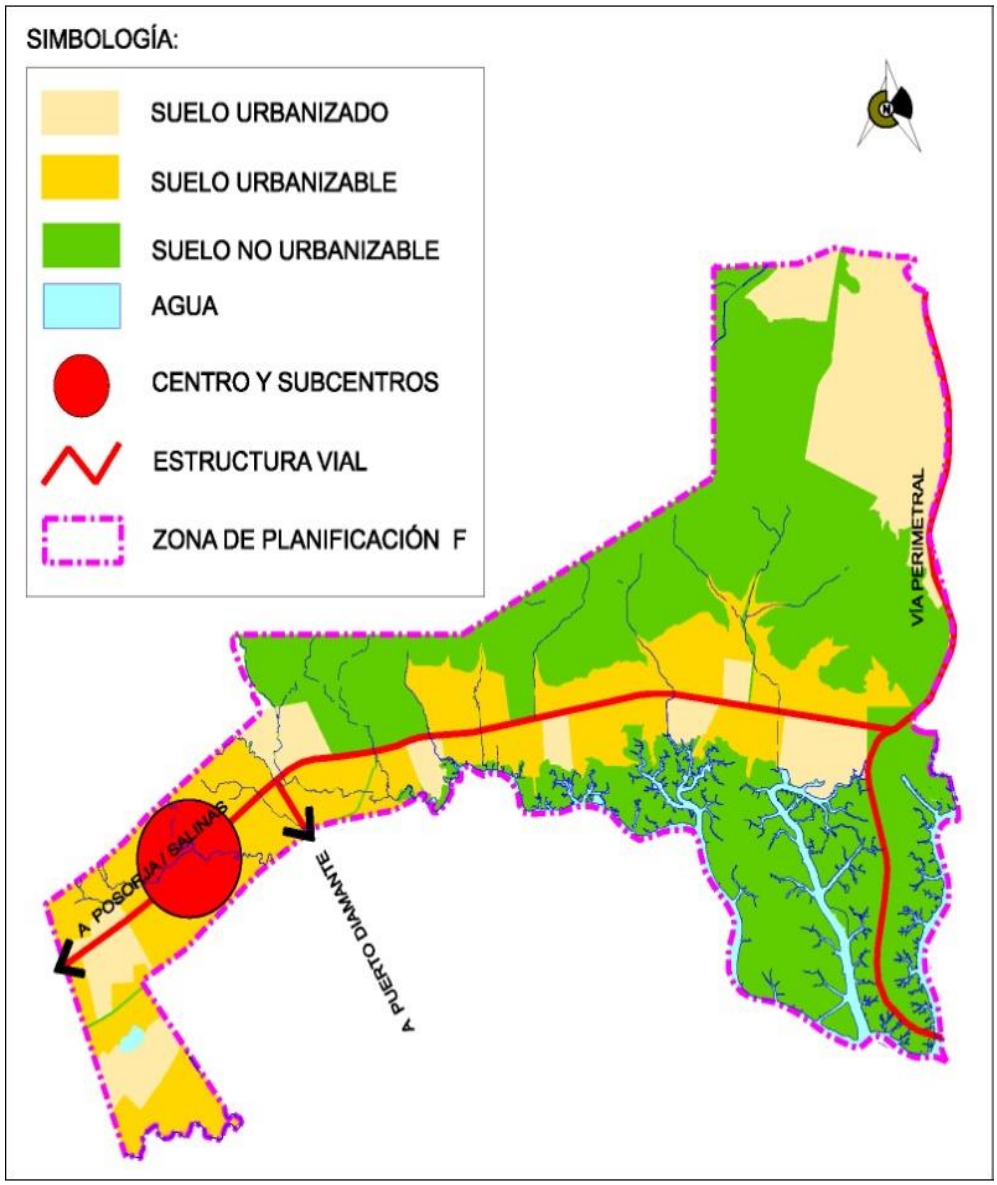
En la estructura vial, un componente novedoso es el nuevo arco vial periférico, en el cuadrante nororiental de expansión urbana, que permite conectar la vialidad a Posorja y Salinas, con la vía a Daule y con el sistema carretero al interior del país

El sistema de áreas protegidas (suelo no urbanizable) involucra el recurso agua (ríos y esteros) la cordillera Chongón y su bosque, y el manglar estuarino. Respecto de las opciones de uso en el suelo calificado como no urbanizable, se siguieron las directrices establecidas en el capítulo 4 de la Ordenanza del Plan Regulador de Desarrollo Urbano de Guayaquil.

Las áreas estratégicas y vertebradoras de los usos del suelo están constituidos por el centro urbano de Guayaquil y el sistema de subcentros propuestos por el Plan Regulador, los aeropuertos (el actual y el de Daular), Puerto Marítimo, puerto en Punta Diamante, el Embalse Chongón, y el vector hacia el puerto en Posorja.

El ordenamiento de la Zona de Planificación Chongón corresponde a una sobreposición de los tres esquemas del gráfico anterior, la cual se ilustra en el gráfico 20.

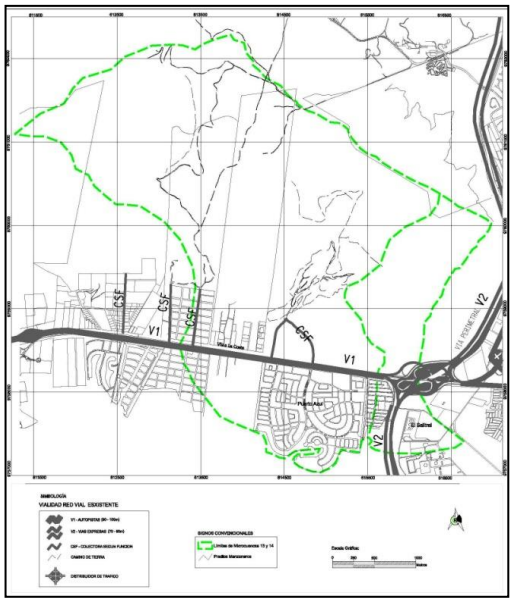
Gráfico No. 20. Zona de planificación F



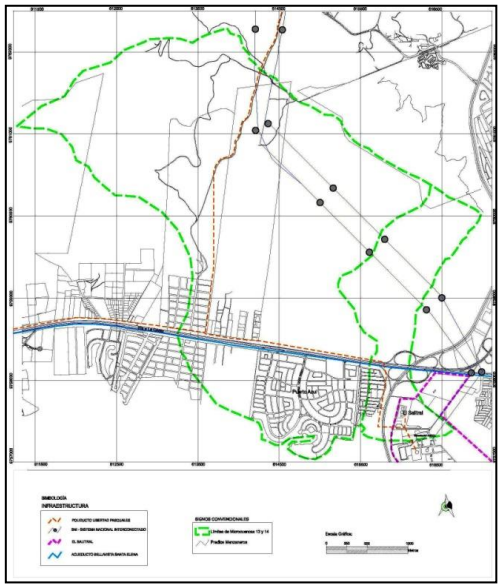
Mapeo. Se cartografió la disponibilidad en sitio de componentes de vialidad, infraestructura y equipamiento. Como se indica más adelante, capital importancia reviste la propuesta de trama vial que propuso el PRDU. Lo indicado se registra en el gráfico 21.

Gráfico No. 21. Microcuencas 13 y 14. Atributos urbanísticos

Vialidad Existente



Infraestructura



Para el análisis del mapeo, tal como se desarrolla más adelante, se utilizan dos escenarios: a) escenario tendencial; b) escenario de sustentabilidad urbano ambiental.

De acuerdo al escenario tendencial, la vía Guayaquil Salinas se concibe sustancialmente como un eje facilitador del tráfico vehicular individual, de los residentes en la zona, o de los que se movilizan hacia los lugares recreacionales (Playas, Salinas, etc). En menor grado la vía constituye un canalizador del transporte de carga y del transporte de pasajeros.

En un escenario de sustentabilidad urbano ambiental, la vía del caso debe concebirse de forma distinta y debe ser objeto de modificación de sus atributos, de tal forma que priorice el transporte masivo urbano de pasajeros.

Requerimientos de espacios. Para este efecto se consideraron tres escenarios:

- Mantenimiento de las previsiones de densidad del PRDU.
- Incremento de la densidad, de baja a media, en atención a las tendencias que propician en la actualidad los desarrollistas urbanos.
- Combinación de densidades, bajas y medias, en atención a los atributos analizados de los entornos compartimentados.

Una opción adecuada es el escenario tercero, como contrapartida al alto porcentaje de suelo no urbanizable que tienen los predios al norte de la vía Guayaquil Salinas.

Capacidad de carga/Evaluación del riesgo ecológico. Tres componentes de la morfología urbana se utilizaron para el análisis cualitativo de la capacidad de carga de los hábitats correspondientes a cada uno de los tres entornos compartimentados que se establecieron en la clasificación del suelo: a) los usos asignados; b) la tipología de las edificaciones y la intensidad de edificación admisibles (edificabilidad), y, c) la trama que estructura usos y edificios.

Respecto de los *usos*, es reconocido que este es el componente menos estable de la morfología urbana. Sin embargo, tal como ya se adelantó, en los suelos urbanizables se analizó la opción de combinar usos residenciales de baja y mediana densidad, en atención a los escenarios:

- tendencial, que se sustenta en el mantenimiento de los usos residenciales de baja densidad propuesto por el PRDU;

- de sustentabilidad urbano ambiental, que combina usos residenciales de baja densidad al sur de la vía, con usos de mediana (y eventualmente alta) densidad y una franja de usos comerciales, de servicios, equipamiento, etc.

Aunque aparentemente patrones de baja densidad podrían aparecer menos impactantes al ambiente (menos personas, menos residuos, menos aguas servidas, menos demanda de energía, etc), en realidad producen mayores cargas en razón de su excesiva dependencia del automovil como medio de transporte, los grandes recorridos de las redes de infraestructura y de los servicios de recolección de desechos para atender población extendida en el espacio.

Con relación a la tipología e intensidad de la *edificación*, para el correspondiente análisis se tomaron en consideración las siguientes formas de urbanización:

a) La ciudad compacta, histórica, de mediana y altas densidades, correspondiente a los centros originales y su corona inmediata.
b) La dispersión urbana, a lo largo de ejes viales, con sus manifestaciones dendríticas y, o de núcleos satélites, todos ellos propiciadores de baja densidad.

Tales formas han sido en buena parte espontáneas, pero también han sido producto de planteamientos modelísticos de cómo debe crecer la ciudad. Sin ir más atrás, se han tomado como referencia modelos que aún rigen la práctica del ordenamiento físico espacial:

- El *urbanismo convencional*, estructurado en los congresos CIAM, que propició la segregación espacial (zonificación) según cuatro funciones excluyentes: vivienda, trabajo, esparcimiento y circulación, y la extensión de la ciudad sobre una trama de prolongación infinita.
- El *urbanismo de la plurifuncionalidad de los espacios y de las estructuras arquitectónicas*, que representó un replanteamiento de la centralidad, siendo uno de sus ejemplos ícono el Rockefeller Center.
- El *urbanismo de las megaestructuras en redes de interacción social funcional,* promovidos por Peter y Allison Smithson, y por el Team X, éstos últimos con sus categorizaciones de *enlace, malla, tronco, espina*, desarrollados en altura y preservando amplios espacios libres.
- El *nuevo urbanismo,* que persigue desarrollar propuestas que incorporen edilicias de escala humana, con una adecuada combinación de usos complementarios, propiciadoras de la movilidad a pies y de vehículos no motorizados, de formas significativas con incorporación de tecnologías ahorradoras de energía y de procesos de reciclaje y reutilización.

Tomando en consideración estos enfoques, en el sitio se analizaron las opciones:

- edificación aislada unifamiliar, con retiros frontales, posteriores y laterales, en el escenario tendencial;

- edificaciones unifamiliares pareadas y continuas de hasta mediana densidad, combinadas con edificaciones en altura, particularmente hacia el norte de la vía Guayaquil Salinas, vista las superiores condiciones del suelo, en atención a un escenario de sustentabilidad urbano ambiental.

Se podría presuponer que la vivienda unifamiliar con retiros podrían liberar superficies de jardin que propicien la infiltración del agua de las precipitaciones y la consecuente realimentación de los acuíferos subteráneos. Mas, la experiencia evidencia tendencias a edificar sobre los retiros o a pavimentar sus superficies, lo cual anula la cualidad positiva original de la edificación aislada.

Por el contrario, las edificaciones en altura, de mediana y alta densidad, se pueden emplazar liberando porcentajes altos del suelo de implantación para áreas libres no pavimentadas, áreas que bajo el régimen de condominio son dificiles de modificar, por lo que a largo plazo son más proclives a conservar espacios libres. Sin embargo, en este caso hay que considerar tipologías arquitectónicas que vuelvan tales espacios libres en "espacios defendibles" y no áreas en abandono, lo cual nos conduce al siguiente tema.

El componente más determinante es la *trama* que se proponga y regule. En el escenario tendencial la expectativa de los desarrollistas urbanos es conformar una estructura ramificada, formando "clusters" que abren hacia la via Guayaquil Salinas.

Esta opción ramificada promueve un modelo de movilidad centrado en el transporte individual por automotor, lo cual podría representar una fuerte carga a la vía Guayaquil Salinas. Sin embargo, desde el punto de vista hidrográfico y ecológico, la trama ramificada brinda un mejor escenario para la preservación de la continuidad de las microcuencas, al evitarse otras vias estructuradoras transversales que interrumpan su desarrollo.

Organización espacial/ mejores prácticas de manejo. La organización de los usos del suelo mantiene la noción adoptada de entornos compartimentados. Tal noción se ha fortalecido tomando como referencia, según consta en el Anexo Modelos Urbanos Exitosos, los siguientes ejemplos:

- El modelo adoptado por Curitiba de preservar, como suelo no urbanizable, las áreas proclives a inundaciones, de tal forma que actúen como reservorios de las aguas excedentarias producto de precipitaciones extraordinarias.

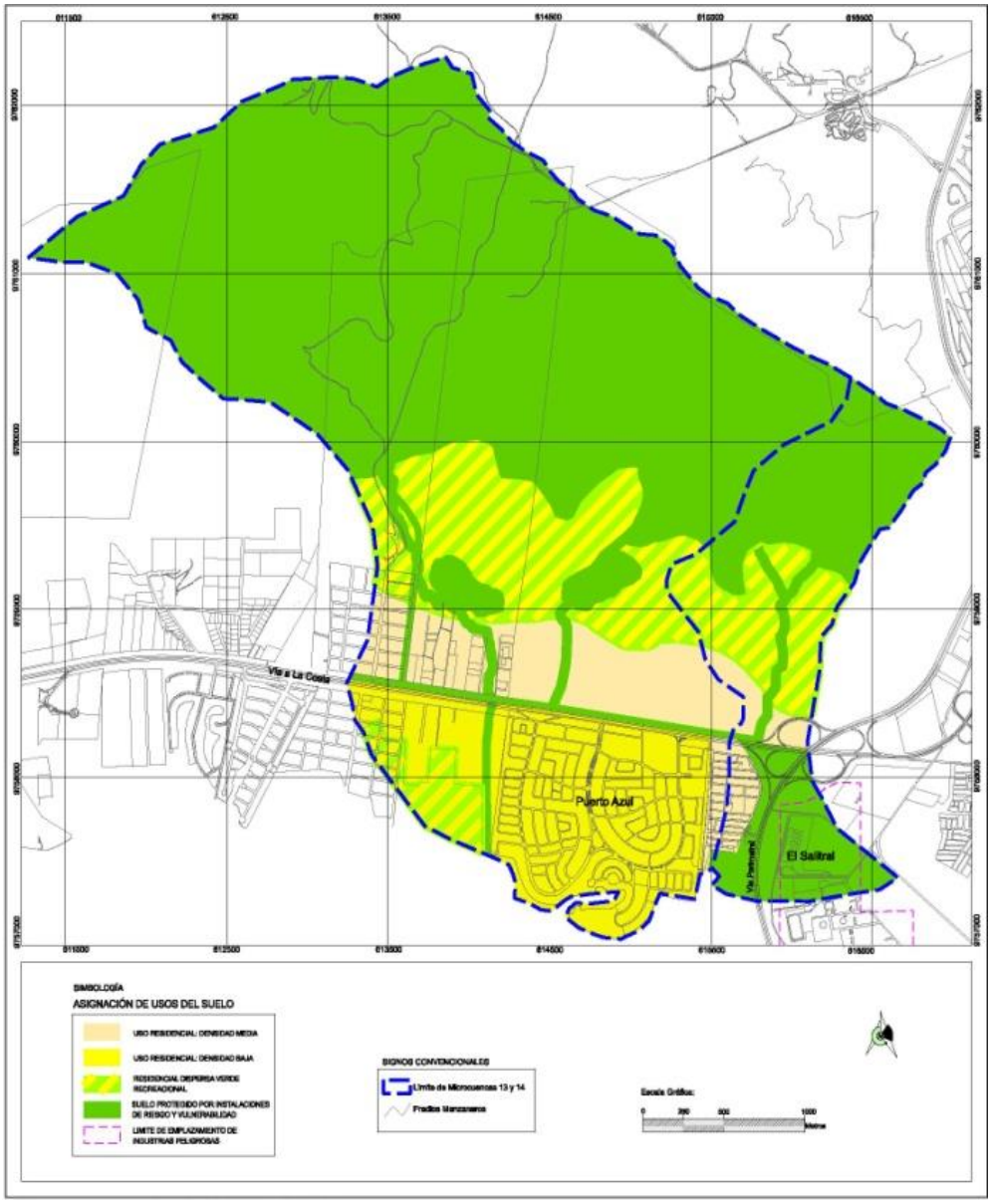
- El modelo “red esmeralda” de áreas protegidas interconectadas, asociadas a “cintas verdiazules” de valles fluviales, y áreas agrícolas y “parques agro naturales”, que actúan como transición entre suelos urbanizables y no urbanizables, propuesto para Barcelona.

- El modelo de “corredores de centralidad” de Porto Alegre y de “corredores trinarios de vialidad y transporte” de Curitiba, que propician franjas lineales de equipamientos, comercio, servicios y empleo, asociadas a desarrollos residenciales en altura, con gradientes a partir de los ejes de los corredores.

Los siguientes gráficos ilustran los esquemas de usos del suelo propuestos, los que se han desarrollado en atención a los dos escenarios considerados: tendencial y de sustentabilidad urbano ambiental.

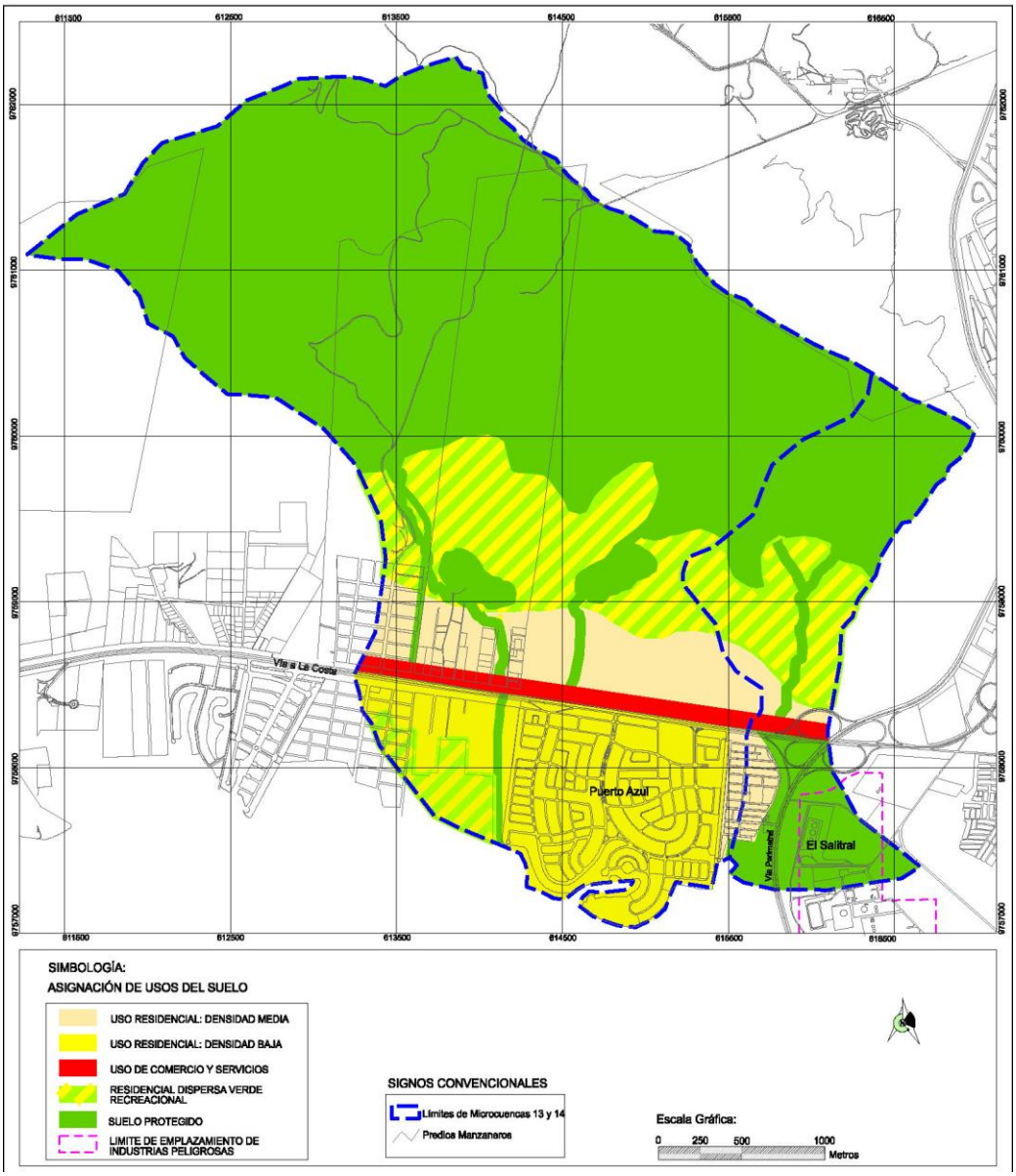
Gráfico No. 22. Microcuencas 13 y 14. Asignación de usos del suelo.

Esquema Tendencial



TENDENCIAL

Gráfico No. 23. Microcuencas 13 y 14. Asignación de usos del suelo Esquema de Sustentabilidad Urbano Ambiental



ESQUEMA DE SUSTENTABILIDAD URBANO AMBIENTAL

El escenario tendencial no requiere mayores precisiones respecto de sus atributos. Este no es el caso del escenario de sustentabilidad urbano ambiental, el cual debe satisfacer los siguientes requerimientos.

Usos. La admisibilidad de usos residenciales de mediana y alta densidad debe estar condicionada al desarrollo de la franja de comercio y servicios en la parte frentista a la vía Guayaquil Salinas del predio del caso. Tal franja deberá tener una profundidad de al menos cien metros (100 m).

Los usos verde recreacional y residencial dispersa, correspondientes al entorno compartimentado intermedio, se deben desarrollar como ecotono, o espacio de transición entre los suelos protegidos (no urbanizables) y los urbanizables. Para cumplir tal rol, los usos que se desarrollen deben satisfacer los siguientes requerimientos:

- La superficie del suelo debe contar con cobertura vegetal que elimine los riesgos de erosión y favoreza la permeabilidad del suelo.
- La vegetación no debe incluir especies introducidas, menos las que tienen gran capacidad para colonizar las áreas descubiertas del suelo protegido.
- No se admitirá pastizales, proclives a incendios en épocas secas.
- Se preservarán las especies remanentes del bosque seco tropical original.
- Cualquier requerimiento de vías y o estacionamiento será realizable utilizando pavimentos permeables.
- La edificabilidad se restringirá a un coeficiente de ocupación del suelo (COS) de hasta el diez por ciento (10%) y un coeficiente de utilización del suelo (CUS) de hasta el veinte por ciento (20%).
- Los bordes entre el entorno compartimentado intermedio y el protegido deben ser permeables; entre el entorno intermedio y el urbanizable pueden disponerse límites construidos, pero facilitandos puntos de interconexión en las àreas de drenaje.

El suelo protegido, correspondiente al bosque seco tropical, deberá ser objeto de un programa de rehabilitación que implique:

- reforestación con especies nativas en las brechas de fragmentación del bosque provocadas por las vías de acceso a las cumbres de la cordillera;
- desarrollo de conectores verdes entre las manchas de bosque;
- restauración de los conectores transversales a lo largo de los cauces de las microcuencas, que incluye la restauración de la continuidad de los cauces, la estabilización de las laderas, la restauración de la vegetación riparia, la profundización de los cauces donde sea requerido.

Edificación. El escenario de sustentabilidad urbano ambiental puede adoptar el modelo de clusters, significativo como respuesta a la inseguridad ciudadana, pero incorporando las siguientes modificaciones:

- propiciar conexiones controladas entre clusters, que permita tráfico peatonal y vehicular entre aquellos, sin depender de la via Guayaquil Salinas para tal interconexión;
- acceso de los clusters a la franja de equipamientos, servicios comerciales, comercios, empleo, etc, sin tener que recurrir a la vía Guayaquil Salinas;
- frentes de fachadas continuas en la indicada franja, de tal forma que se aliente el tráfico peatonal y de sistemas no motorizados de transporte;
- mezcla de edificaciones de alta, mediana y baja densidad, que propicie la implementacion de un sistema de transporte masivo de pasajeros.

Trama. Al adoptarse el modelo de trama ramificado, la vía Guayaquil Salinas debe mutar hacia una infraestructura que garantice los siguientes propósitos:

- la *movilidad*, esto es, faciltar el desplazamiento de los grandes flujos que ingresan a la ciudad o que requieren hacerlo, a través de la red primaria, a otras zonas de la ciudad;
- la *accesibilidad*, esto es, viabilizar ingresos y salidas expeditos a los clusters que al momento se están desarrollando y los que aparezcan en un futuro cercano;
- el *transporte masivo de pasajeros,* para lo cual la vía debe adecuarse para que satisfaga los requerimientos operacionales de sistemas como el Metrovía, con sus demandas de carriles exclusivos, paradas y terminales de integración y transferencia.

No se admitirá la prolongación del esquema ramificado hacia el suelo protegido. La franja de comercio y servicios desarrollará una interconexión vial/peatonal paralela a la vía Guayaquil Salinas, la que se dispondrá entre la franja y los clusters. Esta franja no impedirá la continuidad de los cauces naturales ni el desarrollo de su vegetación riparia.

PROPUESTA DE NORMATIVA URBANISTICA APLICABLE.

1. Parcelaciones y Desarrollos Urbanísticos.

Usos del suelo e hidrología.

Dos aspectos se han tomado en cuenta: a) los parámetros generales que deben tenerse en consideración para definir una normativa urbanística; y, b) principios de ordenamiento físico espacial encaminados a manejar de mejor manera las escorrentías en las ciudades.

a) Parámetros generales para definir una normativa urbanística que protega los cauces.

Los parámetros de normativa urbanística que se sugiere, son los siguientes:

i) Las previsiones de planificación deben considerar una definición unitaria de los cauces, la que debe incluir sus condiciones funcionales, de tal manera que las futuras intervenciones garanticen preservar su capacidad de evacuación. Para tal efecto, tales previsiones deben incluir:

- Requerir a los promotores un modelo que determine los niveles de respuesta de la red de drenaje ante riesgos de avenidas;
- Simular la aplicación de tal modelo, de tal modo que se describan los impactos sobre los cauces y la previsión de infraestructuras y medidas de correción.

ii) Los terrenos colindantes con los cauces y los abanicos aluviales y las áreas de inundación deben constituirse en franjas y áreas de *suelo no urbanizable*, de tal forma que se minimicen los factores de intervención que podrían provocar el deterioro de la cuenca.

Con tal propósito, se suele legislar sobre el ancho de tales franjas, tal como se indica en el apartado 4.2.

iii) En los terrenos calificables como *urbanizables*, que forman parte de la cuenca, se deberán precisar los siguientes requerimientos en materia de riesgos y capacidades hidráulicas que condicionen su desarrollo urbanístico:

- estudios de impacto ambiental relativos a grandes movimientos de tierras en laderas con problemas de erosión;

- estudios que sustenten la densidad edificatoria y las medidas compensatorias que eviten desequilibrios en la red;
- medidas de prevención de riesgo en el evento de períodos extraordinarios de lluvias (El Niño) que asegure la evacuación adecuada de los caudales y la retención de los materiales erosionados.
- preveer *usos condicionados* para los espacios que se preveen sean afectados por avenidas extraordinarias.

b) Ordenamiento de escorrentías.

Una práctica común ha sido conducir el agua de lluvias, a través del drenaje urbano, fuera de la ciudad. Con tal propósito se han diseñado las alcantarillas para colectar **toda** el agua de la escorrentía superficial. Como consecuencia se ha provocado:

- pérdida, en los acuíferos de su riqueza natural, al evitarse el aporte de agua dulce a sus caudales;
- colapso del alcantarillado en situaciones de lluvias extraordinarias.

A efecto de minimizar los efectos negativos de la indicada práctica, es menester reducir las superficies impermeables de la ciudad, propiciando áreas vastas de infiltración hacia donde concurran parte de los sistemas de drenaje. Estas áreas deben ser:

- Sitios de confluencia de cauces.
- Lugares donde se producen cambios abruptos de las pendientes de los cauces.
- En los sitios donde la naturaleza ha constituido abanicos aluviales.
- En colindancias con grandes ejes de infraestructura.
- En canteras abandonadas.

En tales áreas, si se han destruido sus condiciones naturales, se pueden disponer:

Pozos y zanjas de infiltración.

Corresponden a hoquedades y trincheras rellenas de material granulado; su propósito es recoger y almacenar aguas de escorrentía hasta que se posibilite la infiltración en el terreno natural.

Depósitos de infiltración.

Correponden a embalses superficiales pocos profundos, que receptan y almacenan agua hasta que se produzca su infiltración. Estos depósitos, al

igual que los pozos y zanjas, pueden contar con desagües que canalizarán el agua en situaciones de aportes extraordinarios.

Drenes filtrantes.

Son zanjas recubiertas de geotextil y cubiertas de grava, que conducen el agua en forma lenta para propiciar su infiltración.

Cunetas verdes.

Corresponden a canales laterales a las vías, anchos y recubiertos de hierba, que conducen el agua a áreas de infiltración o al alcantarillado urbano.

Cuando estos elementos se diseñan con una gradiente fuerte se denominan *franjas filtrantes.*

Depósitos de detención.

Son depresiones construidas para contener durante algunas horas las escorrentías tormentosas y sedimentar los sólidos en suspensión.

Cuando estas depresiones se diseñan para que mantengan un volumen de agua se denominan *estanques de retención.*

Humedales.

Grandes superficies que combinan agua de poca profundidad y vegetación de pantano. Los humedales naturales sólo deben recibir escorrentías naturales; si se receptare agua de alcanterillados, el humedal será artificial.

El criterio general a utilizar, respecto del ordenamiento de escorrentías, es el siguiente:

a) en primer lugar, preservar los cauces naturales;

b) si estos son deficitarios, en segundo lugar, auxiliarlos con áreas de infiltración;

c) en tercer lugar, si las escorrentías exceden las capacidades de la combinacion de las dos primeras medidas, procede conducir el agua excedentaria hacia otros puntos de infiltración o recepción (franjas filtrantes, cunetas verdes, etc.)

2. Edificaciones y Construcciones.

a) Utilización urbanística del suelo.

La utilización urbanística del suelo técnicamente se regula en atención a los siguientes aspectos:

a) Usos, con el propósito de evitar incompatibilidades, las que se califican por las eventuales molestias que alguna provoque sobre otros en función de su cercanía (ubicación en el espacio).

b) Intensidad de ocupación, que supone que un único uso por unidad de espacio puede ser tolerable o compatible, situación que se modifica al incrmentarse la intensidad de ocupacion de la unidad de espacio. Técnicamente se especifica tal intensidad como:

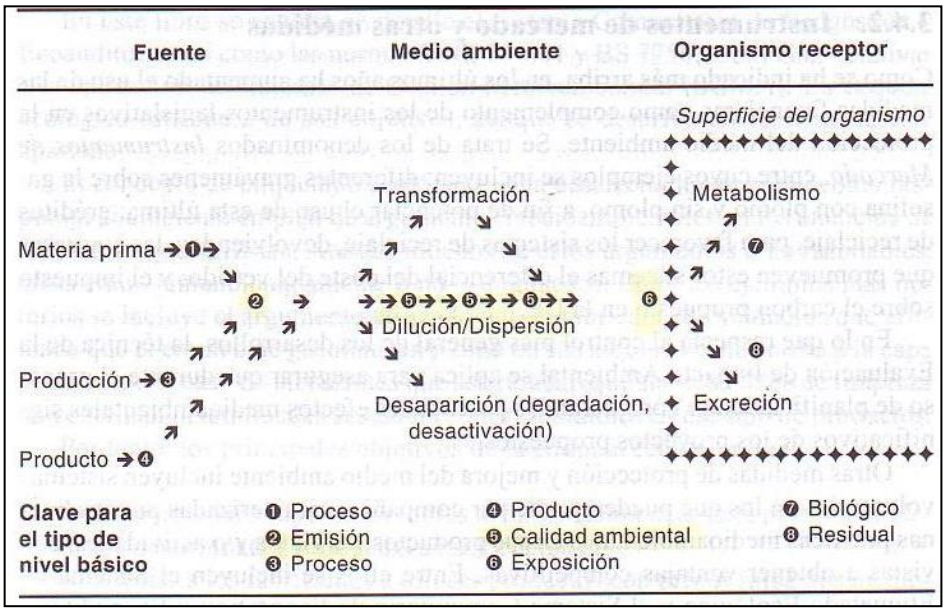
   - densidad poblacional,
   - coeficiente de ocupación (implantación) del suelo, COS,
   - coeficiente de utilización (edificabilidad) del suelo, CUS.

A efecto de relacionar estos indicadores urbanísticos con los aspectos ambientales y ecológicos argumentados en este trabajo, es menester asociar tales componentes de control urbanístico con los equivalentes de control ambiental.

Con tal propósito analizaremos el siguiente gráfico, que describe la trayectoria de un contaminante, desde la fuente, al ambiente y al organismo receptor.[77]

[77] Tomado de Hunt David/ Johnson, Catherine, “Sistemas de Gestión Medioambiental”, McGraw-Hill, Barcelona, 2000.

Gráfico No. 24. Trayectoria de un Contaminante



De acuerdo al indicado gráfico, el contaminante tiene dos tipos de impactos:

- Uno inmediato, sobre al ambiente, produciéndose tres procesos: transformación; dilución/dispersión; desaparición (degradación, desactivación).
- Otro mediato, sobre el organismo receptor, a través del ambiente.

Los contaminantes, a su vez, producen impactos sobre el agua, la atmósfera, y el suelo, se agregan como residuos contaminantes, se relacionan con actividades molestas.

Es en este marco de impactos ambientales que cobran un sentido distinto, más allá de la eficacia funcional, las normas de utilización urbanística del suelo. Se trata ahora de entender tales intensidades como una medida para evitar impactos dañinos, sobre la naturaleza y el hombre.

Continuando en el análisis, podemos percatarnos que la normativa urbanística sobre la intensidad de ocupación del suelo puede ser asociada con los procesos de dilución/ dispersión de los usos en el medio. El fijar techos normativos de densidad poblacional, COS y CUS, tiene como expectativa que los impactos se dispersen en el espacio en cuantías controladas. En cantidades mayores en ciertas zonas de usos laborables, y menores en zonas residenciales.

Emisiones. Bajo la premisa indicada, entonces sería conveniente *condicionar* tales intensidades. Una estrategia adecuada es limitar las "emisiones" contaminantes en atención a normativas ambientales, tal cual ésta ha sido sistematizada en el Texto Unificado de Legislación Ambiental del Ecuador, TULA.

El control de emisiones que se le impone a una actividad, uso, o instalación determinada, podría compensar la concesión de una intensidad mayor otorgada por norma, o bajo régimen de excepción.

Inmisiones. Sin embargo, no es suficiente regular las emisiones en atención a máximos admisibles individuales. Es necesario introducir otro concepto regulador, uno que enfrente al conjunto de emisiones sobre un territorio dado. Este es el concepto de inmisión.

Tal noción enfoca el hecho de que deben haber máximos tolerables de emisiones sumadas sobre un lugar dado. La premisa es que, bajo ciertas circunstancias, no hay margen admisible para tolerar una emisión más, aún cumpliendo ésta la normativa sobre emisiones.

La norma de inmisiones presupone un control y medición de emisiones que inciden sobre un lugar, a fin de establecer si se llegó al techo máximo de inmisiones y no es admisible sumar un uso o actividad adicional. Lo indicado rige, salvo que las actividades o usos precedentes disminuyan sus emisiones individuales, disminuyéndose también la cuantía de inmisiones registradas.

Esta lógica es la que utiliza también cuando se quiere regular la relación *generador- tráfico* y se pretende evitar el agregar, a un territorio dado, una actividad más que incorpore vehículos adicionales a sus vías, en el entendimiento de que éstas tienen límites operacionales (capacidad vial/ nivel de servicio).

La noción de inmisión es equiparable con el de *externalidad en Economía.* Esta noción, sin embargo, se analiza en el siguiente apartado.

b) Código de Arquitectura.

En el gráfico de David Hunt se hace referencia a un segundo tipo de impacto, a uno mediatizado por el impacto sobre el ambiente. Este tipo de impacto mediatizado (por el ambiente) se produce sobre un organismo receptor. Este impacto mediatizado se denomina *exposición.*

En este caso, las medidas para disminuir las consecuencias de la correspondiente exposición es crear un microambiente que minimice o anule aquella. El microambiente del caso se logra adoptando medidas arquitectónicas, constructivas y tecnológicas que hagan manejable la exposición del caso.

Estas medidas son las que se suelen sistemizar en los denominados Manuales de Arquitectura y Códigos de Construcción.

En este caso las externalidades derivadas de un ambiente comtaminado se compensan con inversiones en la edificación, que viabiliza un microambiente adecuado, a pesar de las condiciones externas. Por supuesto que tales medidas implican un costo adicional, por lo que siempre será más conveniente evitar la contaminación ambiental.

Sin embargo, las medidas de control a la exposición serán una opción adecuada, **como condicionantes exigibles en un régimen de excepción**.

MEDIDAS DE PREVENCION Y MITIGACION APLICABLES A EVENTUALES FLUJOS CATASTROFICOS.[78]

1. Condiciones para una explotación minera racionalizada.

En este apartado se proponen las condiciones técnicas mínimas de explotación, que minimicen los impactos sobre el entorno de las canteras. En lo que sigue, se transcriben lineamientos para el manejo ambiental de canteras[79]:

1. Minimizar la alteración de los drenajes. De requerirse, debe ser temporal y restringirse al desvío del tramo requerido, manteniendo la continuidad y funcionalidad del drenaje intervenido.
2. Mantener limpios los drenajes en el interior de la cantera y contar con trampas para el control de los sedimentos, diseñadas y ubicadas tomando en cuenta la hidrología.
3. Las escombreras y pilas de almacenamiento deben estar alejadas de los drenajes naturales o artificiales.
4. Los bancos de explotación y las escombreras deben tener diseños técnicamente adecuados.
5. Las áreas de talleres y de almacenamiento de combustibles y aceites usados deben contar con pisos pavimentados, impermeabilizados, con diques de contención de derrames, red de drenaje separada de la red de aguas lluvias y sistemas de trampas de grasas. Las áreas de talleres y almacenamiento de aceites usados deben estar techadas.
6. Estabilizar, revegetar y reforestar, con especies nativas, los frentes de explotación abandonados.
7. Aplicar planes de abandono conforme al uso del suelo previsto. El uso debe garantizar la estabilidad del terreno y minimizar el impacto visual por alteración de la geomorfología.
8. Manejo de aceites usados a través de gestores autorizados.
9. Autorización del uso de aguas subterráneas debe contar con la autorización del Consejo Nacional de Recursos Hídricos.
10. Aplicar medidas para el control del polvo (riego en vías; cubiertas en las áreas de trituración y de almacenamiento; utilización de pantallas rompevientos; etc)
11. Emplear microretardos en el diseño de mallas de voladuras, con el propósito de minimizar impactos por ruidos.
12. Establecer horarios de voladuras y diseñar mallas de voladuras para evitar proyecciones de material, en el caso de explotaciones vecinas a áreas pobladas.

[78] Tomado de Argüello, Guillermo, op. cit.

[79] Estos lineamientos fueron preparados y facilitados por el biólogo Juan Carlos Palacios Hasing, ex funcionario de la Dirección de Medio Ambiente de la Municipalidad de Guayaquil.

13. Preveer áreas de amortiguamiento respecto de usos próximos a la cantera.
14. Apertura de frentes de explotación (ubicación y área) solo en atención a las determinaciones del EIA.
15. Medidas para prevenir y mitigar impactos sobre la flora y la fauna en atención a las determinaciones del EIA.

Las medidas enunciadas deben aplicarse selectivamente, en atención al componente ambiental potencialmente afectado. El siguiente cuadro sistematiza la exigencia de aplicación de las indicadas medidas, desagregadas por componente ambiental.

COMPONENTE	**MEDIDAS**
Drenajes naturales	1, 2, 3, 4, 5,6
Geomorfología y estabilidad	4,7
Calidad del agua	2, 4, 5, 8
Calidad del suelo	5, 8
Aguas subterráneas	5, 8, 9
Calidad del aire	10
Niveles de presión sonora	11, 12, 13
Medio biológico	6, 14, 15
Medio socioeconómico	todas[80]

2. Medidas preventivas, de restauración de cauces, y estructuras de prevención y mitigación de torrentes catastróficos.

Aludes torrenciales.

Corresponden a flujos con altas concentraciones de sedimentos que se producen en cuencas montañosas. Su origen se asocia a deslizamientos durante precipitaciones intensas y duraderas. Los flujos pueden ser de: a) barro; y, b) detritos (barro y rocas, agua y rocas).

En el caso de flujos de detritos, los sólidos son de tamaño mayor que las arenas; su consistencia es similar al concreto húmedo; *la velocidad de desplazamiento es de aproximadamente veinte metros por segundo*[81].

Son de particular interés de este estudio los flujos de detritos derivados de la explotación de canteras, particularmente los flujos de escombros. A efectos de no diluir el presente estudio, las regulaciones a proponer se referirán al **control de eventuales flujos de escombros** a lo largo de las

[80] Si la cantera se encuentra a 1 km o menos de un área poblada es recomendable implementar un programa de relaciones comunitarias.
[81] Cabe destacar que la velocidad de los caudales de agua utilizada para el análisis de las microcuencas del caso fue de cuatro metros por segundo.

microcuencas en estudio. Para tal efecto, las medidas que se proponen son:

a) preventivas, relacionadas con los factores causales de los indicados flujos;
b) de restauración de cauces;
c) estructuras de mitigación que deberán implementarse en caso de situaciones irreversibles de deterioro.

a) Medidas preventivas.

Constituyen medidas preventivas la estabilización de taludes y la reforestación, entre otras. En este apartado nos referiremos a aquellas medidas específicas relacionadas con eventuales flujos de escombros derivados de actuaciones antitécnicas previas.

Al respecto, es imprescindible tomar en consideración que la presión de poros inducida por lluvias contínuas es un motivador de flujos de escombros. Las fallas ocurren cuando las presiones de poros llegan a un punto crítico que depende de:

- el flujo a través de áreas de conductividad hidráulica alta, entre un estrato de suelo y su lecho de roca, que genera altas presiones de poros que activan la falla;
- infiltración de agua entre los estratos, que incrementa la presión de poros y las fuerzas de infiltración en el talud.[82]

Dado que intervienen factores naturales de naturaleza geotécnica, geomorfológicos e hidrológicos, a los cuales se asocian intervenciones humanas, las medidas preventivas son:

- *Elaboración de mapas de amenazas y riesgo.*

  Se realizan tras un reconocimiento de campo y una evaluación documental, con los que se identifican canales de flujo de escombros, se estima el tamaño del cauce, la frecuencia de ocurrencia y el volumen del fenómeno. Los mapas de peligro zonas de impacto directo, indirecto y de inundación.[83]

[82] Roberto Luque P, Jorge Alva H. "Estimación y evaluación de flujo de escombros"
[83] Ver en el Capítulo III, *La sucesión*, *La vulnerabilidad frente a crecidas estacionales y extraordinarias.*

- Sistemas de monitoreo de variables hidrometeorológicas en la cuenca.

  Corresponden a sistemas de registro de intensidad de lluvias y de la humedad del suelo, los que son transmitidos a una unidad centralizada de control.

- Sistemas de alerta temprana.

  En disponibilidad de la información monitoreada se la debe evaluar y eventualmente emitir la señal a los organismos establecidos para alertar a la población.

- Sistemas de contingencia y evacuación.
-
- Programas de educación a la población.

b) Restauración de cauces.

El criterio tradicional para rehabilitar cauces ha sido alinear, con medidas drásticas, las escorrentías y conducirlas a otro lugar. Lo indicado ha provocado incrementos de los volúmenes (por no infiltración) y velocidad (por la alineación) que erosionan las laderas del cauce receptor.

Por el contrario, la propuesta sustentable de la restauración de cauces es incorporarle elementos que, en forma estructural y funcional, recuperen las condiciones originales del cauce y de su hábitat.

Están bastante documentadas las consecuencias de la eliminación de la vegetación protectora de las orillas de los cauces. En períodos lluviosos, en situación de precipitaciones abundantes y duraderas, los caudales se vuelven torrenciales, provocándose un socavamiento del cauce y de los taludes naturales.[84]

Una estrategia adecuada de restauración implica considerar una diversidad de factores: a) los contexturales, o de regulación de las aguas en el área de la cuenca, reforestación, regulación de cultivos y manejos de arvenses**;** b) los geomorfológicos, relacionados con las características físicas, de planta y perfil, del cauce a recuperar; c) los aspectos funcionales, que desde el punto de vista fluvial determinen diversos escenarios de utilización del cauce; este análisis incorpora otros componentes sistémicos como son los humedales, las llanuras de inundación, etc., d) la utilización de materiales locales, en el entendimiento que el cauce es un hábitat.

[84] José H. Rivera P., “Protección y recuperación de bordes de ríos y cañadas en zonas de laderas con tratamientos bioengenieriles y biotecnológicos”, Cenicafé, Colombia.

El siguiente cuadro sintetiza las diferencias entre visiones de restauración convencional y ecológica[85].

Cuadro No. 22. Diferencias entre Ingeniería Convencional y Ecológica

Característica	Ingeniería Convencional	Ingeniería Ecológica
Objetivos	Uno	Múltiple
Beneficios al ecosistema	Bajo	Alto
Materiales	Concreto, acero, etc.	Propias del paisaje y del agua
Procesos	Regulados por el hombre	Naturales, autoregulados
Clima y paisaje	Poco importante	Crítico
Vida útil	Relativamente corta	Relativamente larga
Ejecución	Controlada	Flexible, variable
Costos de operación y mantenimiento	Alto	Bajo
Uso del suelo, afectaciones	Bajo	Alto

Franjas de protección de riberas.

La forma más económica de protección de las orillas de los cauces es evitar intervenciones en una franja a cada lado del cauce, franja que no debe ser menor de cinco metros (5 m.) a cada lado, siendo deseable que se extienda a quince metros (15 m.) a cada lado.[86]

Sin embargo, otras fuentes son más exigentes, sugiriendo las siguientes previsiones:

a) En cauces en forma de V, que se presentan frecuentemente en cuencas altas, treinta metros (30 m) de retiro, medidos a partir de la línea del cauce natural;
b) En cauces con llanuras aluviales, donde los procesos de sedimentación superan a los de erosión, la zona de retiro corresponderá al del nivel máximo de inundación, en un período de retorno de 50 años.
c) En cauces en foma de U, predominantes en cuencas medias, que manifiestan inestabilidad en las márgenes, el retiro sera igual a la altura de la ladera, no siendo menor a quince metros (15 m) ni superior a treinta metros (m).[87]

[85] Tomado de "Diseño, restauración y rehabilitación de cauces con materiales naturales" por Roberto Mejía Zermeño, Morelos, México.
[86] Rivera P., J.H., op cit.
[87] Corporación Autónoma Regional de Risaralda, CARDER, "Resolución 1245", de Diciembre 31 de 1998.

Las intervenciones que se pretenden controlar con la adopción de tales retiros suelen ser:

- Evitar la eliminación de la vegetación protectora de tal franja, incluidas las laderas del cauce (vegetación riparia);
- Evitar el cruce o acercamiento de vías hacia los cauces, particularmente cuando aquellas no cuentan con elementos de conducción de escorrentías;
- Evitar la incidencia de aguas no controladas provenientes de viviendas u otras edificaciones.

Las consecuencias de tales inadecuadas intervenciones se relatan en la siguiente cita:

> "Cuando las aguas del río avanzan y golpean algunos puntos de las bases de sus taludes, ocurren socavamientos y desplomes, los cuales están relacionados con la presencia de horizontes sueltos con materiales gruesos (conglomerados) y deleznables, especialmente en ausencia de raíces de vegetación multiestrata. Al ser socavado el segundo horizonte, se origina el desplome rápido del primero, conviertiéndose en un proceso remontante, que dependiendo de la pendiente y longitud del talud o ladera, puede llegar a desastibilizar gran parte de la cuenca. La mayoría de los sedimentos que arrastran los ríos, provienen de socavamientos, desplomes y retomas de materiales asentados en los tramos medios e inferiores."[88]

Finalmente, adoptando previsiones positivas, más que adoptar franjas de protección se podría adoptar el enfoque de restaurar y proteger la vegetación riparia, para lo cual el ancho de tales franjas se deben dimensionar de la siguiente manera:

- *Control de la sedimentación en avenidas, 15 - 60 m.*
- *Control de la erosión de márgenes y del lecho del río, 25 - 60 m.*
- *Control de la llegada de nutrientes al cauce, 25 - 65 m.*
- *Protección de los embalses, 25 – 90 m.*
- *Control de la temperatura de las aguas del cauce, 7 – 60 m.*
- *Protección de las especies acuática, 7 – 15 m.*
- *Protección de la fauna silvestre, 60 – 90 m.*[89]

[88] Rivera P, J.H, op. cit..
[89] González del Tanago del Río, M / García de Jalón, D, op. cit.

Medidas biotecnológicas.

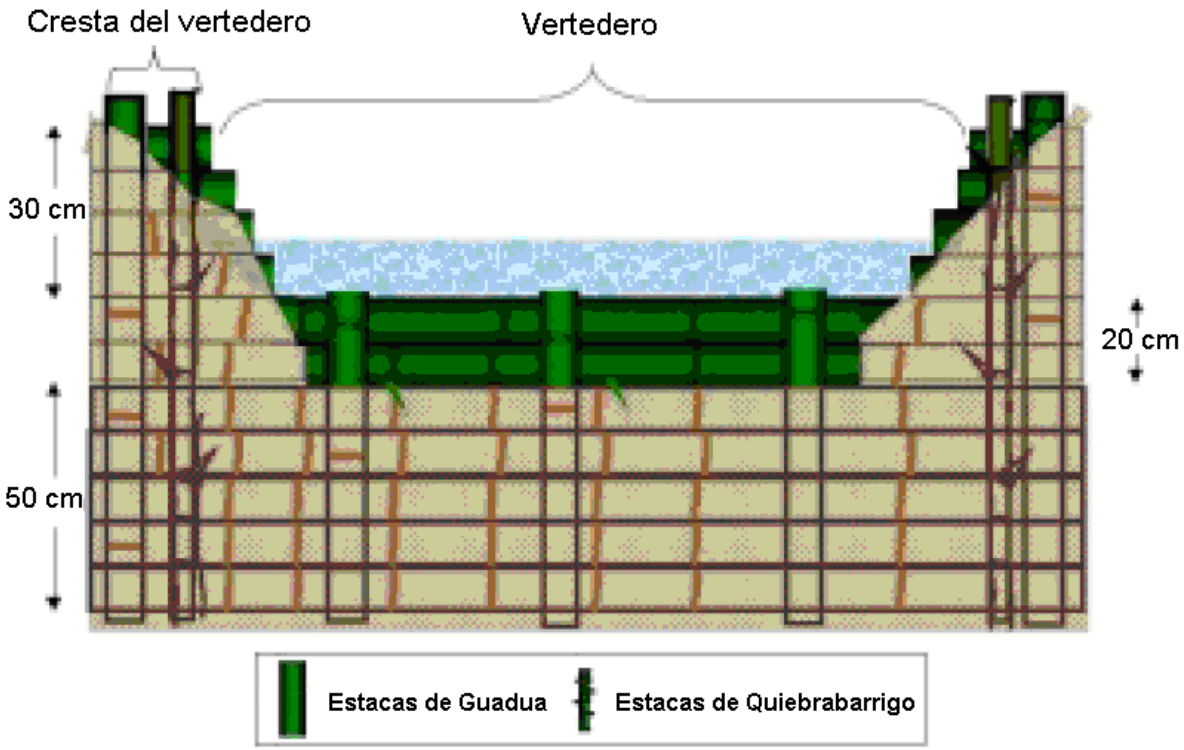
Medidas generales de solución, denominadas biotecnológicas, se refieren a la combinación de elementos de la ingeniería convencional (muros de concreto o piedra, etc) con vegetación de la zona. El propósito es alargar la vida útil de la obra convencional, o mejor aún, posibilitar que al final perdure el componente biológico originalmente complementario.

En situaciones de ladera, o fuerte pendientes, cual es el caso del área de estudio, una de las medidas más socorridas es la implementación de "trinchos" en el cauce a proteger. El propósito es disminuir la velocidad del agua de escorrentía, utilizando los trinchos como disipadores de energía, de tal forma que se evite el socavamiento del fondo y base de sus taludes.

Los trinchos pueden ser de concreto, piedra, madera y materiales vivos. Los de concreto y piedra son costosos y de vida útil corta, de 3 a 5 años, debido al rompimiento del concreto o por la descomposición de la malla que conforman los gaviones de piedra. Los de madera también son de vida corta, debido a la descomposición del material. Los trinchos vivos bien construidos, por el contrario, se fortalecen con el tiempo; están construidos con materiales naturales que rebrotan fácilmente, por lo que se consideran obras permanentes.

En el gráfico adjunto, "Esquema de un Trincho", se ilustra la construcción de un trincho vivo. Estos trinchos en zonas de ladera no deben asimilarse a muros de contención en concreto o muros de gaviones en piedra. Son disipadores simples de energía de la escorrentía, no obstruyen el paso del agua, por lo que su altura no debe sobrepasar 1 m. de altura. De superar tal altura se convierten en acumuladores de sedimentos, pudiendo volcarse por el represamiento, originando avalanchas catastrófica en épocas de lluvias intensas y largas, tal cual ocurre en períodos de El Niño.

Gráfico No. 25. Esquema de un trincho



El vertedero del trincho debe tener una altura máxima, correspondiente a 10-20 cm por sobre el cauce. Su anchura debe ser el 80% de la amplitud del cauce, de tal forma que permita el paso del agua. Las crestas a cada lado del vertedero deben tener una altura de 30-50 cm sobre el lecho. El trincho debe enterrarse 30-50 cm bajo el lecho. Toda la estructura es viva y reforzada con estacas vivas de rebrote fácil. Si el vertedero está por encima de 20 cm sobre el lecho, debe colocarse en la base un disipador de energía del agua que cae, construido con guadua y, o piedra.[90]

Los trinchos deben construise de arriba a abajo, siguiendo la dirección del cauce. La distancia entre cada uno de ellos depende de la pendiente del cauce. El criterio aplicable es que deben disponerse escalonados, de tal forma que, "la altura de la base del vertedero de la estructura de abajo, proteja la base del trincho anterior aguas arriba. En términos generales, Anaya et al[91] recomienda aplicar la siguiente fórmula para calcular el espaciamiento entre trinchos:

[90] Rivera P, J.H, op. cit.
[91] Anaya G.M., Martínez M, Trueba C.A., Figueroa S.B., Fernández M.O., "Manual de conservación de suelos y del agua", Chapingo, México, 1977

$$E = H/S \times 100$$

Donde:

E = distancia entre dos trinchos consecutivos (m).
H = altura efectiva entre trinchos (m).
S = pendiente del cauce (%).

c) Estructuras de mitigación.

Dado que la microcuenca ha sido intervenida irracionalmente, más allá de las medidas pasivas o de prevensión, es necesario valorar la necesidad de implementar medidas activas, también denominadas estructuras activas. En razón de las limitaciones de formación profesional del autor y por corresponder a elementos de ingeniería especializada, solamente se enuncian las estructuras de mitigación que eventualmente se podrían disponer en sitio.

Bermas deflectoras.

Se construyen a lo largo de las márgenes del cauce que canaliza los flujos de escombros. El propósito es:

- desviar el flujo;
- proporcionar confinamiento lateral al área de deposición;
- aumentar el área del sitio de deposición;
- minimizar el ángulo de impacto.

Bermas terminales.

Se construyen en el área de deposición natural, en este caso con el propósito de reducir su área.

Depósitos de escombros abiertos.

Son una combinación de bermas deflectoras y terminales. Constituyen áreas excavadas de deposición, pudiendo receptar parte de la deposición natural.

Depósitos de escombros cerrados.

Corresponden a una suerte de cubeta y berma terminal. Se construyen para contener la totalidad de los escombros. El diseño depende del volumen y características del flujo de escombros.[92]

[92] Roberto C. Luque Pinto, Jorge E. Alva Hurtado, “Estimación y evaluación de flujo de escombros.”

ESTUDIOS ADICIONALES SUGERIDOS

Algunos temas han quedado sin analizar, que el autor considera adecuado desarrollar, no tanto para obtener mayores conocimientos, inagotables por cierto, sino para sustentar de mejor manera el modelo propuesto.

Tales temas son los que se enlistan, como prioritarios, no como exhaustivos.

a) Estimación de caudales ecológicos que garanticen la sustentabilidad de la biota de las cuencas.

b) Análisis cuantitativo de la capacidad de carga de las microcuencia hidrográficas en el el área urbana de Guayaquil y en sus áreas de expansión.

c) Modelación y simulación de los riesgos de inundaciones por avenidas.

d) Definición de los umbrales de lluvia o valores críticos que pueden generar aludes torrenciales.

e) Educación ambiental apelando a instituciones, costumbres, tradiciones y mitos.

BIBLIOGRAFIA

AGUDELO PATIÑO, Luis Carlos, “Indicadores de sostenibilidad y ordenación del territorio. Huella ecológica y ecosistemas estratégicos en Medellín, Colombia”, Universidad Nacional de Colombia, Posgrado en Planeación Urbano Regional, Medellín, Colombia.

ANAYA G.M., MARTÍNES M, TRUEBA C.A., FIGUEROA S.B., FERNÁNDEZ M.O., “Manual de conservación de suelos y del agua”, Chapingo, México, 1977

ARGÜELLO S, GUILLERMO, “El Deterioro de las Cuencas de Drenaje no. 13 y 14 de la Cordillera Chongón Colonche y los Peligros de Inundación de Puerto Azul:
Diagnóstico y Medidas de Mitigación”, Universidad de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Instituto de Postgrado, 1997.

BERROTERÁN, JOSÉ L., “Enfoque Metodológico de Ordenamiento Ecológico”, Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Instituto de Zoología Tropical, Caracas.

CEPAL – SERIE MANUALES, No. 16, “Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible: estado del arte y perspectivas.”

DELGADILLO, JOSE, “Biodiversidad del Arroyo Alamar, Tijuana, Baja California”, Universidad Autónoma de Baja California.

EPA, “Manual de Evaluación de Impacto Ambiental”, cap 1, La Ley de la Política Ambiental Nacional y su Aplicación.

EPA, “Guideliness for Ecological Risk Assesssment”.

EPA, “Urban Runoff Pollution Prevention an Control Planning”.

ESCOBAR CÁRDENAS, RAMIRO “Microcuencas hidrográficas: límites, descripción de los sistemas de drenaje, estudio morfológico e interpretación hidrológica”, Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05, 2.000

ESCOBAR CÁRDENAS, RAMIRO “Caracterización de las microcuencas e identificación de los impactos ambientales actuales y potenciales.” ”, Municipalidad de Guayaquil/ PNUD/HABITAT, Proyecto ECU/94/05, 2.000

FORMAN, RICHARD T. T, “Mosaico territorial para la región metropolitana de Barcelona, editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2004.

GONZÁLEZ DEL TÁNAGO DEL RÍO, MARTA; GARCÍA DE JALÓN LASTRA, DIEGO, “Restauración de Ríos y Riberas”, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes, Madrid, 1998

HILERA L, RUTH/ DIÉZ H, JUAN M, “Directrices de Restauración Ecológica en Cuencas Hidrográficas Andinas: ‘Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica La Floresta – La Novita”, Bogotá, Colombia.

HORCAJADA, TAMARA; SIMANCAS, MOISÉS; DORTA, PEDRO, “La Constatación y Validación de los Mapas de Riesgo de Avenidas en Pequeñas Cuencas Hidrográficas Mediante Sistemas de Información Geográfica. Propuesta metodológica y Aplicación a la Ordenación del Territorio” Universidad de La Laguna, Departamento de Geografía, España.

HUNT DAVID/ JOHNSON, CATHERINE, “Sistemas de Gestión Medioambiental”, McGraw-Hill, Barcelona, España, 2000.

INDAPORT, “Sistema de Indicadores Ambientales para el Sistema Portuario Español”, Valencia, España.

KAISER, EDWARD J/ GODSCHALK, DAVID R/ CHAPIN JR, F. STUART, “Urban Land Use Planning”, University of Illinois Press, Urbana and Chicago, 1995.

LAHMEYER – CIMENTACIONES, “Plan Integral de la Recuperación del Estero Salado”.

LEY ORGÁNICA DE RÉGIMEN MUNICIPAL

LOPEZ, JOSE LUIS, “Estrategias de mitigación y control de inundaciones y aludes torrenciales en el Estado Vargas y en el Valle de Caracas: situación actual y perspectivas futuras”, Universidad Central de Venezuela, Revista de la Facultad de Ingeniería.

LÓPEZ BARAJAS, RENÉ y CERVANTES BORJA, JORGE “Unidades del paisaje para el desarrollo sustentable y manejo de los recursos naturales”, www.inegi.org.mx/inegi

LÜCKE SÁNCHEZ, Oscar, “Base Conceptual y Metodología para los Escenarios de Ordenamiento Territorial”, www.mideplan.go.cr/sinades.

LUQUE, ROBERTO; ALBA H., JORGE, “Estimación y evaluación de flujo de escombros”

MADRIGAL MORA, Julio Eduardo, “Los efectos de las amenazas naturales y antropogénicas en las cuencas hidrográficas de Costa Rica”, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, San José, Costa Rica,

MARTÍNEZ DUARTE, JUAN, “Enfoque sistémico en la investigación de cuencas hidrográficas”, Universidad Nacional de Misiones, Facultad de Ciencias Forestales, Misiones, Argentina.

MARTÍENEZ-RAYA, I., FRANCIA, J.R., RUIZ S., CÁRCELES B., “Influencia en el medio ambiente del manejo de suelos de olivar en pendiente”, Granada.

MAS PLA, JOSEP “Ecohidrología y Sistemas Fuviales Mediterráneos”, Ecotropía, www. Ecotropía.com

MEJIA ZERMEÑO, ROBERTO, “Diseño, restauración y rehabilitación de cauces con materiales naturales”, Morelos, México.

ODUM, Eugene P., “La estrategia de desarrollo de los ecosistemas. El entendimiento de la sucesión ecológica proporciona las bases para resolver el conflicto de los seres humanos con la naturaleza.”, Athens, Georgia, USA, 1969.

REQUEJO L, JUAN; SANCHEZ B, JOSE M, “El papel teritorial de la red de drenaje. Experiencias obtenidas tras las inundaciones en Rincón de La Victoria”, Asistencias Técnicas CLAVE sl.

RIVERA P., JOSE, “Protección y recuperación de bordes de ríos y cañadas en zonas de laderas con tratamientos bioengenieriles y biotecnológicos”, Cenicafé, Colombia.

RUEDA PALENZUELA, Salvador, “Modelos e Indicadores para ciudades más sostenibles”, Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, 1999.

SINIA, Sistema de Nacional de Información Ambiental, “Marco conceptual y metodología para la construcción de indicadores ambientales.”, Nicaragua.

SMITH, .. y SMITH,---- “Ecología”

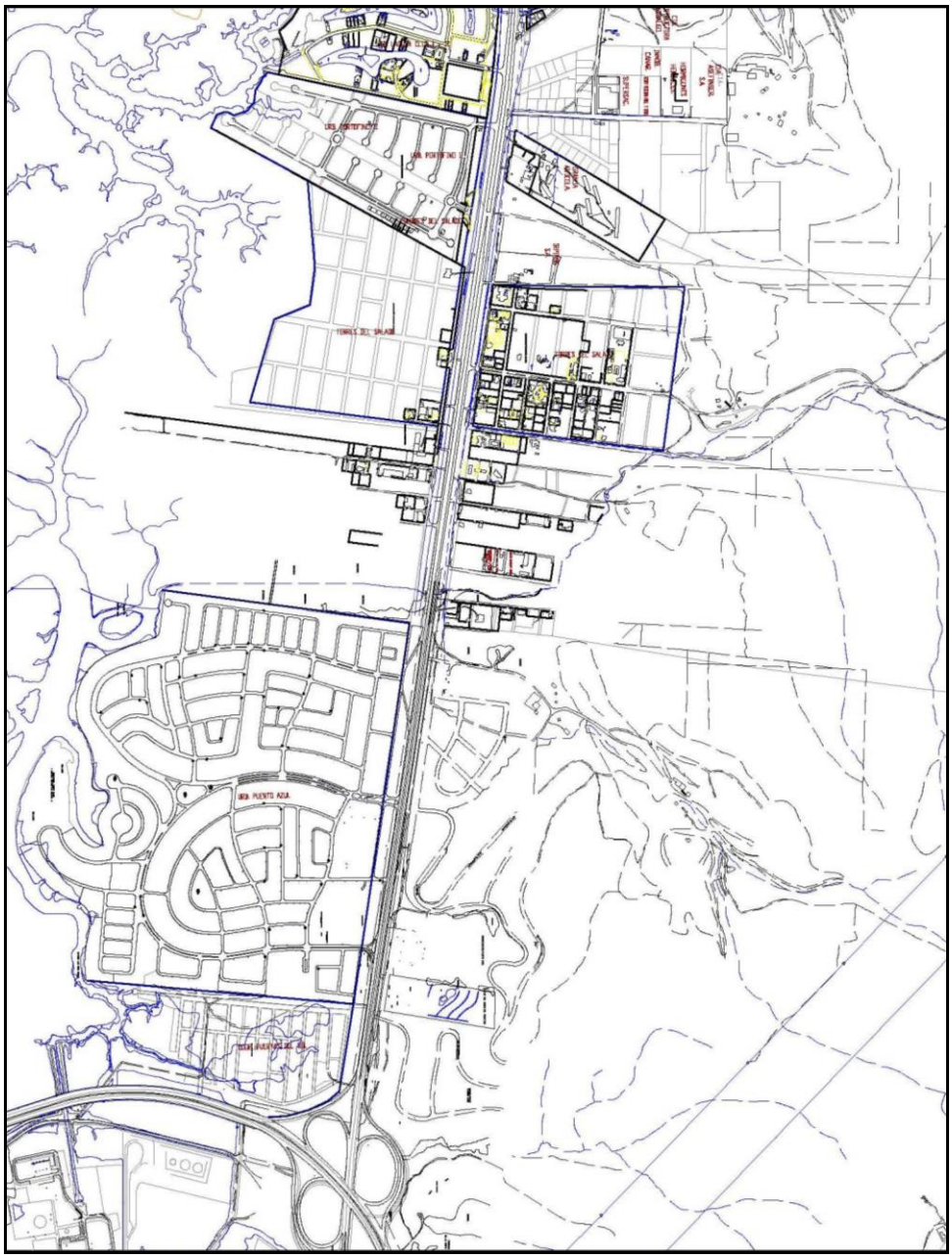
VALVERDE B, FLOR DE MARÍA, et. al. “Estado actual de la vegetación natural de la Cordillera Chongón – Colonche”, Universidad de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Instituto de Investigaciones de Recursos Naturales, 1991

VIGO, GABRIELA, “La prevensión de los desastres naturales en el contexto de la planificación” (Primer Seminario Centroamericano sobre el Manejo de Cuencas Hidrográficas en la Prevención de los Desastres Naturales, San Pedro Sula, Honduras, 1997.

VON HORSTMAN, ERIC/ CARABAJO Q, SONIA, “Estrategia para el establecimiento de un corredor biológico para la conservación del bosque protector Cerro Blanco con énfasis en el guacamayo verde mayor *Ara ambigua guayaquilensis”,* Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil, Ecuador 2005

WONG & WONG CONSULTORES ASOCIADOS, “Plan de Manejo Ambiental del Bosque Protector El Paraíso”, Guayaquil, 2007

ANEXOS FOTOGRAFICOS



Microcuencas 13 y 14

Ilustra el “abanico” de llegada de la escorrentía, la que luego avanza al canal de drenaje de la vía.

Ilustra la alcantarilla bajo la vía la cual se recepta la escorrentía de la cuenca vecina 14.

Fotos 1 y 2.- Escorrentía menor en el extremo centro oriental de la cuenca No. 13.

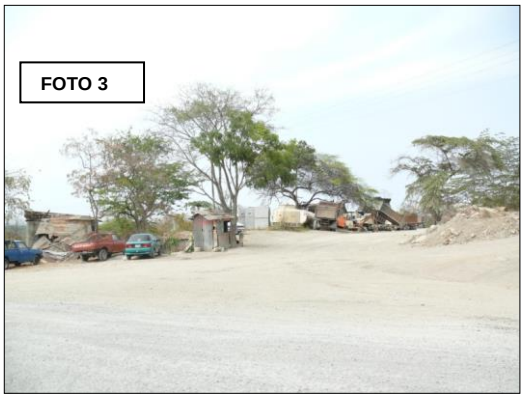


Foto 4 y 5, registran un pequeño campamento, donde se visualiza material procesado y acumulado para su despacho

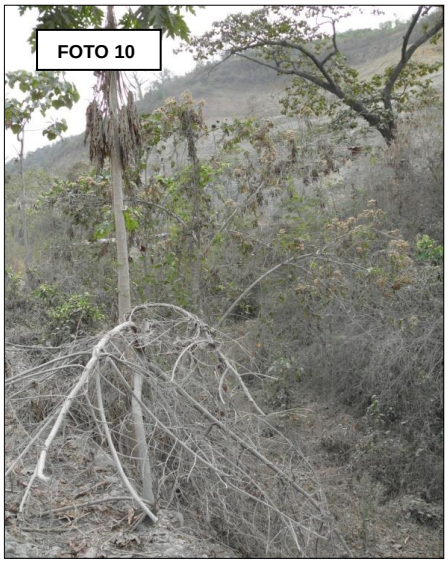
Foto 3, 4 y 5., ilustra vía de acceso a la cantera San Luís, a 600 metros de la vía Guayaquil – Salinas.

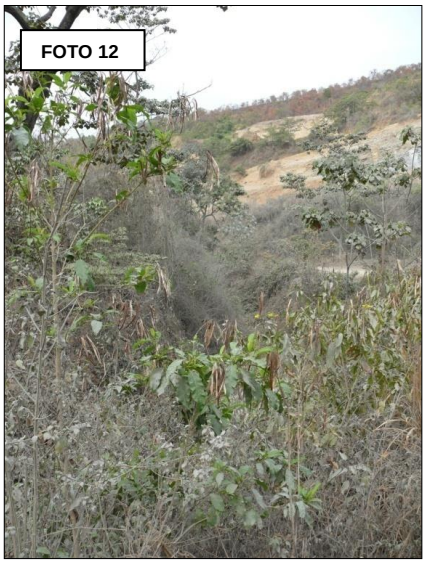
Fotos 3, 4 y 5.- Acceso e instalaciones de Cantera San Luís.

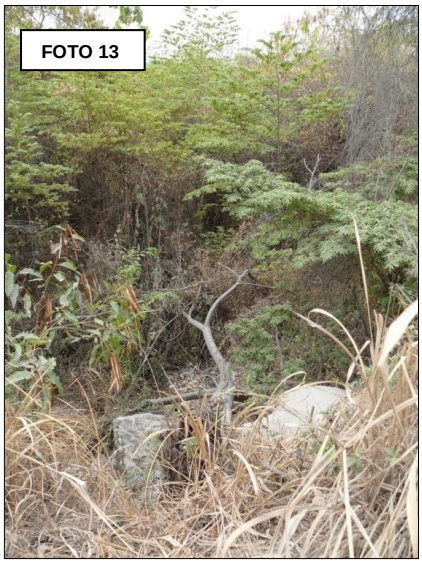
Cantera San Luís emisión de material particulado.

Tomada 100 metros más al interior que las anteriores, visualiza la emisión de material particulado resultante de la conminución del material extraído.

Cortes en laderas tras 30 años de explotación en canteras San Luís.







Fotos 9, 10, 11, 12 y 13.- Cauces orientales de la Cuenca No. 13

Fotos 14, 15 y 16.- Punto intermedio entre los accesos a la cantera San Luís y al proyecto no desarrollado denominado Bosque Azul.
Foto 14 y 16, registran vistas al oriente y al occidente del canal de drenaje, paralelo a la parte norte de la vía Guayaquil – Salinas.
Foto 15, corresponde a una vista hacia el norte, en dirección de la cantera San Luís.

Fotos 17 y 18.- Ingreso por la Vía de Bosque Azul, se ilustra una cantera abandonada.

Fotos 19, 20 y 21.- Panorámica de las instalaciones de canteras Verdú.

Panorámica del extremo perpendicular a la vía Guayaquil – Salinas del cauce occidental de la cuenca 13.

Vista hacia el occidente, del cauce del drenaje, tomada desde la vía de acceso a Canteras Verdú. En la foto se puede observar material acumulado en las cercanías del talud del drenaje.

Vista al oriente del cauce, tomada desde el mismo punto que la anterior. Se puede observar depósitos de caliza proveniente de las actividades de limpieza de las instalaciones.

Ilustra recorrido del cauce hacia la vía Guayaquil – Salinas.

Del mismo cauce mostrado en la foto 25, en sentido contrario, mirando hacia las instalaciones de Canteras Verdú.

Alcantarilla que posibilita el paso del cauce debajo de la vía Guayaquil – Salinas.

Desde la vía de acceso a La Lorena (km. 10.9), vista al occidente del canal, donde se observa que éste está obstruido.

Ilustra las condiciones del cerro vecino, donde se observa material rocoso suelto.

Muestra que hacia el oriente el canal mantiene su continuidad.

Foto 31. Muestra el desarrollo del cauce, entrando por la gasolinera Mobil se llega al tramo de vía que obstruye el canal y que brinda acceso a las instalaciones de la empresa P&P.
Foto 32. Vías que obstruyen el canal.

Vista hacia el oriente del canal, entrando por el complejo Santiago Mayo.

Foto 34 y 35.- Vista hacia el occidente del canal, entrando por el complejo Santiago Mayor.

lustra la obstrucción del canal, descrita en la foto 32, pero con una vista desde el otro lado.

Capta el recorrido hacia la parte alta de la cordillera.

Foto 38, 39 y 40.- La cantera registrada aparentemente ha destruido el cauce en su tramo ascendente.

Foto 41 y 42.- El drenaje, en su tramo final, antes de ascender a la cordillera.

Foto 43 y 44.- Ilustran el drenaje, en su ramo sur, luego de cruzar la vía Guayaquil Salinas, en las vecindades de la Urbanización Puerto Azul.

ANEXO

MODELOS URBANOS EXITOSOS

Como se anticipara en el Estudio de Caso *Clasificación del Suelo y Planeamiento de Usos del Suelo de las Microcuencas 13 y 14 de la Cordillera Chongón Guayaquil, Ecuador* tres modelos exitosos de desarrollo urbano se seleccionaron como referentes: Curitiba, Porto Alegre y Barcelona. En lo que sigue, se describen escuetamente tales experiencias.

Curitiba

El Plan Director de Curitiba, cuya versión preliminar data de 1965, estableció los siguientes principios de ordenamiento y desarrollo:

a) Curitiba crecerá a lo largo de ejes estructurales.
b) Curitiba será una ciudad industrial.
c) Se priorizará la peatonización selectiva de ciertas vías.
d) La ciudad se organizará en consonancia con una adecuada jerarquía vial.

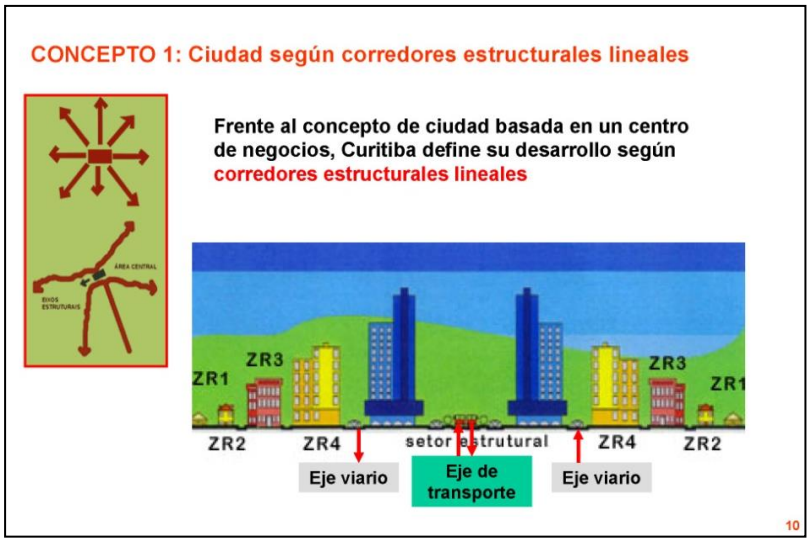
Tras estas declaraciones restaba establecer cómo se concretarían los indicados ejes estructuradores. En primer lugar, se realizó la consolidación del concepto, para lo cual se determinaron los siguientes atributos:

- Los ejes estructuradores compatibilizarían el uso del suelo, el transporte colectivo y la circulación viaria, conjugando el trabajo, las compras, la educación, la recreación, la salud, etc.
- Se configuraría Curitiba como una ciudad lineal.
- Se promovería como orígenes y destinos todos los puntos de parada del sistema de transporte, lo indicado con miras a incrementar la productividad de la ciudad.

Normativamente los ejes estructuradores debían tener una sección mínima de sesenta metros. Las vías de Curitiba generalmente tenían un ancho de treinta metros. Para resolver tal incongrencia entre lo deseable y lo posible se adoptó la noción de “eje trinario”. Tal eje estaba constituido por una vía central por la que circulaba el sistema colectivo de transporte, a la que se sumaban, a cada lado, dos vía unidireccionales para el tráfico rápido de vehículos livianos.

Lo indicado se ilustra en los siguientes gráficos.

Gráfico No. 26.
Curitiba: Corredores estructurales



Porto Alegre

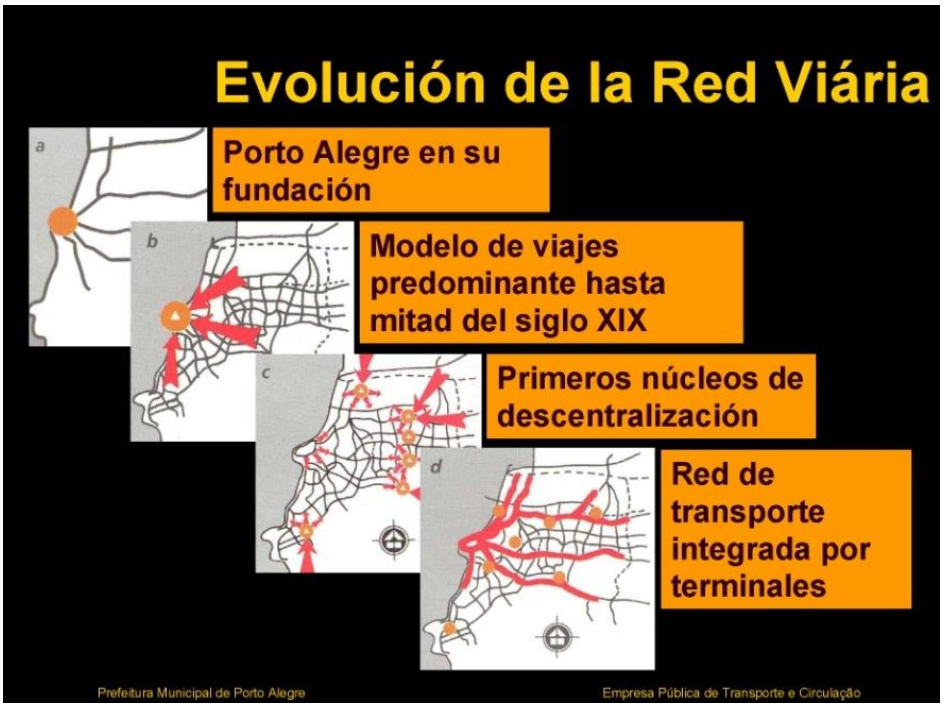
El Plan Director de Porto Alegre ha propuesto procesos de descentralización y desconcentración urbano ambiental sobre la idea de una ciudad multifocal.

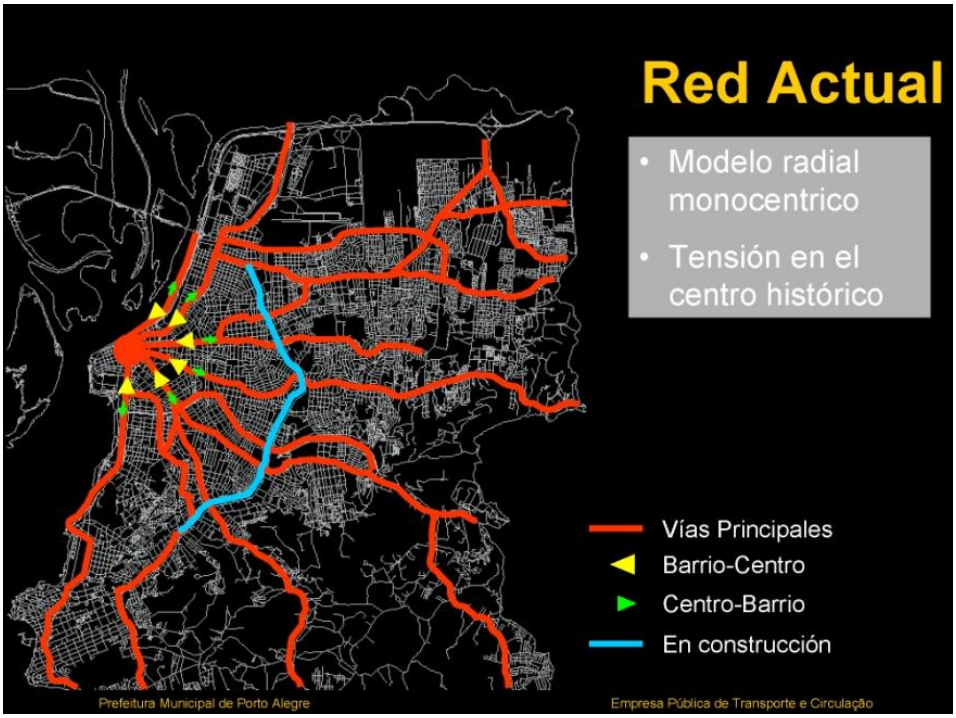
Para tal efecto, en lugar de promover polos o focos aislados, postula enlazarlos por medio de corredores de centralidad lineal. A tales corredores se los provee de accesibilidad peatonal transversal, de tal forma que no se excedan diez cuadras a partir del eje del caso. Lo indicado disminuirá el número de viajes motorizados y el ahorro de tiempo.

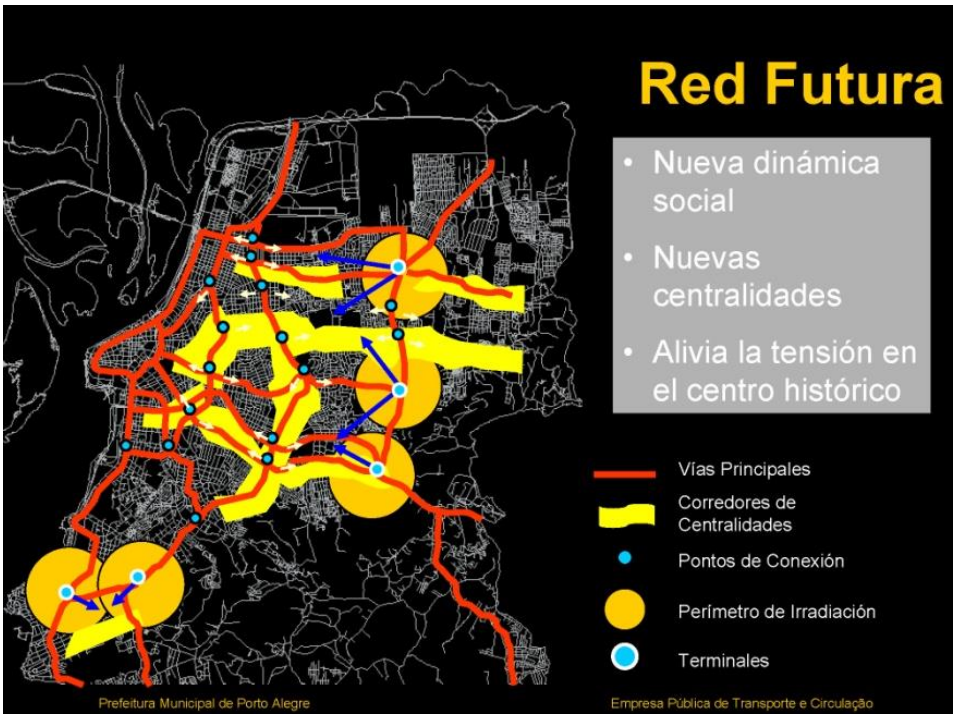
Los corredores se extienden hacia municipios vecinos y hacia los más alejados suburbios, con el propósito de desestimular la especulación con la renta del suelo, derivada de localizaciones según anillos concéntricos a partir de los focos o polos.

La aplicación de tal estrategia se ilustra en la evolución de la trama urbana, tal como se ilustra en los siguientes gráficos.

Gráfico No. 27.
Porto Alegre: Evolución de la Red Vial

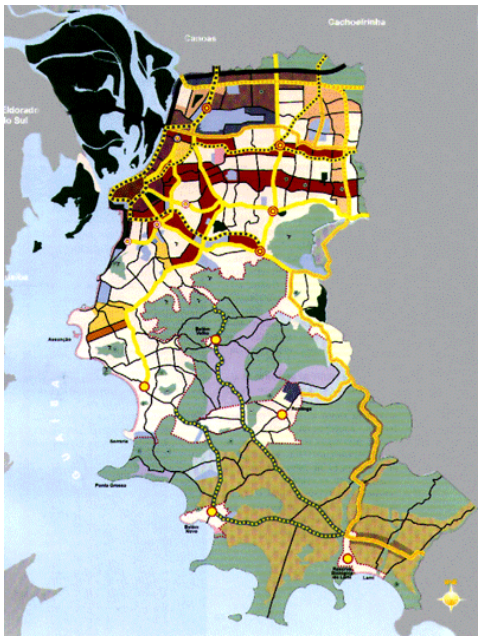



Red Actual
• Modelo radial monocentrico
• Tensión en el centro histórico
Vías Principales
Barrio-Centro
Centro-Barrio
En construcción
Prefeitura Municipal de Porto Alegre
Empresa Pública de Transporte e Circulação


Red Futura
• Nueva dinámica social
• Nuevas centralidades
• Alivia la tensión en el centro histórico
Vías Principales
Corredores de Centralidades
Pontos de Conexión
Perímetro de Irradiación
Terminales
Prefeitura Municipal de Porto Alegre
Empresa Pública de Transporte e Circulação

La estructura urbano ambiental de Porto Alegre, tal como la determina su Plan Director es la que se observa en los siguientes gráficos.

Gráfico No. 28.
Porto Alegre: Estructura Urbana



Barcelona

El ordenamiento territorial de Barcelona sostiene que, soluciones que involucran a los sistemas naturales pueden resultar económicamente ventajosas en atención a:

a) Mantienen a largo plazo paisajes agrícolas productivos variados en los suelos de mayor calidad;

b) Concentra el crecimiento, en lugar de dispersarlo, a fin de reducir costes de infraestructura y servicios;

c) Replantea el diseño de llanuras de inundación, para reducir los los costes de los daños por inundación.

d) Identifica un conjunto de fuentes de contaminación, creando además humedales alimentados por las aguas pluviales, con la finalidad de aumentar el escaso suministro de agua limpia costosa.[93]

El enfoque conceptural del ordenamiento sostiene que la estructura del territorio incluye:

- *Manchas agrícolas,* que incluyen los grandes paisajes agrícolas, las áreas protegidas, los territorios urbanizados, las llanuras de inundación.

- *Corredores,* constituidos por ríos, carreteras y lineas de ferrocarril.

- *Trama,* correspondiente a la vegetación arbolada.

[93] Forman, Richard; “Mosaico territorial para la región metropolitana de Barcelona”, Editorial Gustavo Gili, Barcelona, España, 2004

El siguiente gráfico describe la estructura territorial de Barcelona

Gráfico No. 29.
Barcelona: Mosaico Territorial

El plan que Richard Forman propone para la región de Barcelona incluye los siguientes componentes:

a) *La red esmeralda.* Constituida por grandes áreas o manchas de vegetación natural, interconectadas mediante corredores de vegetación.

b) *Las principales áreas de suministro de alimentos para el futuro.* Que incluye: grandes paisajes agrícolas productivos; parques agro-naturales; concentraciones de invernaderos.

c) *Arroyos, ríos y cintas verdiazules.* Que incluyen amplios corredores de vegetación natural que protegen un arroyo o río, facilitan la circulación de la fauna e incluyen un camino peatonal.

La propuesta se sintetiza en el siguiente gráfico

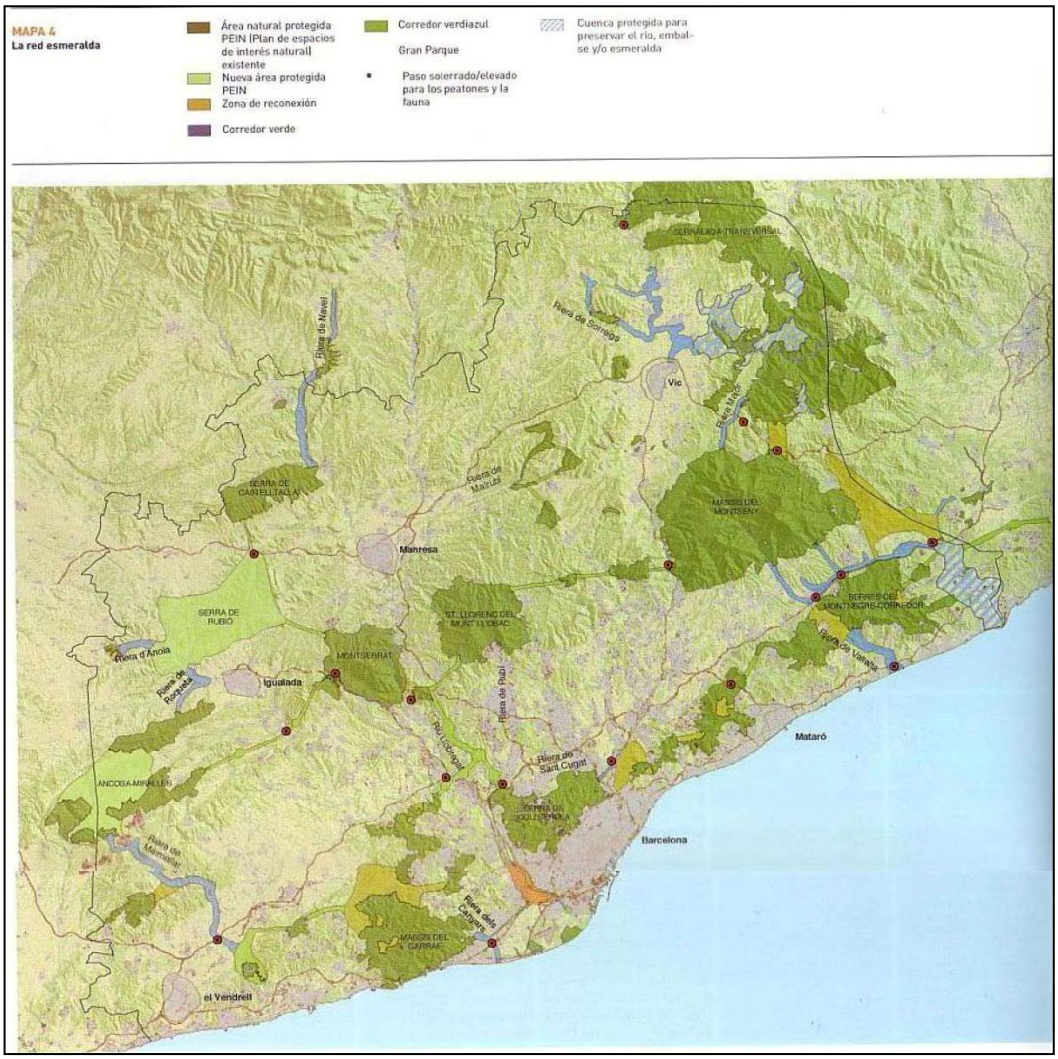



Gráfico No. 30
Barcelona: La Red Esmeralda