

ANALISIS GEOMORFOMETRICO APLICADO AL ORDENAMIENTO TERRITORIAL: CASO SANTO DOMINGO

*Amalia Ruiz Hernández¹
Nuria Campos*

RESUMEN

Para la planificación del Ordenamiento Territorial de Santo Domingo se aplicó métodos basados en el análisis Geomorfométrico del territorio, fundamentalmente pendientes, relieve relativo y densidad de drenaje; variables de apoyo para determinar la Capacidad Sustentante del territorio, principalmente para uso urbano.

Las variables morfométricas se cuantificaron primeramente en forma individual y posteriormente se categorizó para establecer las correlaciones espaciales, a través de las cuales, se llegó a la Zonificación de la Capacidad Sustentable. Se debe entender por capacidad sustentante del territorio a la capacidad de soporte físico sobre el cual se desarrollan todas las actividades de tipo antrópico. Una vez realizada la zonificación

1. Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Investigadora Programa MADE, Apartado Postal 86-3000 Heredia, Costa Rica, Fax: (506) 261-0028, E-Mail: amruiz@irazu.una.ac.cr.

se concluyó que un 49% del territorio posee condición adecuada para uso urbano y un 23% posee limitantes extremas.

SUMMARY

To plan the territorial arrangement of the canton of Santo Domingo, province of Heredia, Costa Rica, methods based on geomorphometric analysis were used, based on the measurement of slope, relative relief and drainage density; support variables used to determine the sustainable capacity of the territory, principally for urban use.

The morphometric variables were first quantified on an individual basis and later were classified to establish spacial correlations, through which the zoning for sustainable capacity was determined. Sustainable capacity in this study is defined as the physical support capacity of land on which anthropological activities are developed. Based on the defined zoning, 49% of the territory possesses adequate conditions for urban use while 23% contains extreme limitations for urban applications.

I. INTRODUCCION

En el contexto de la planificación territorial las políticas de planeamiento y ordenamiento se han vuelto un objetivo fundamental para implementar una adecuada planificación del uso del territorio. Debido al impacto del proceso de urbanización y al aumento poblacional se han generado problemas tales como sobreexplotación de recursos naturales, asentamientos urbanos y agronómicos en áreas no aptas para estos usos, además contaminación de aguas superficiales y subterráneas y el aumento de la vulnerabilidad ante desastres naturales y ambientales. A partir de 1990 más del 50% de la población del país reside en la Gran Area Metropolitana, la cual abarca una superficie de 2000 Km² apenas 3,8% del territorio nacional (Tosi, J., 1990). Esta concentración es creciente, lo cual implica problemas de vialidad y transporte, vivienda, agua potable, electricidad, evacuación de aguas negras y degradación del medio ambiente.

Los estudios de ordenamiento territorial son realmente proyectos multidisciplinarios e interdisciplinarios, por lo tanto son muy variados los tópicos y variables que confluyen en el desarrollo de un plan regulador; sin embargo, desde el enfoque del análisis geográfico, se puede englobar en dos grandes áreas los elementos en los cuales se debe basar dicha investigación, estas son:

- a- El análisis de los elementos o variables de tipo socioeconómico, los cuales constituyen el factor antrópico.
- b- El análisis de los elementos o factores naturales, o más bien físico-geográficos, los cuales constituyen el soporte físico sobre el cual se desarrollan todas las actividades de tipo antrópico.

El presente análisis se concentra en las variables físico-geográficas principalmente las geomorfométricas, ya que la mayor parte de los estudios e investigaciones similares a estas, son deficientes y superficiales en su enfoque, pues se enfatiza en el análisis socioeconómico, dejando el análisis de variables físicas como datos de referencia general. Siendo estas variables las que permiten orientar con criterios objetivos la localización de las zonas más convenientes para determinados usos del territorio, evitando una ocupación desordenada del espacio con todas las implicaciones medio-ambientales y socioeconómicas que esto conlleva. Es por eso importante determinar cuál es la capacidad de soporte del relieve como paso primordial en la investigación y elaboración de un Plan Regulador.

Por lo tanto aquí se intenta analizar las variables físico-geográficas como una innovación de tipo metodológico que sirva como guía o modelo para el diseño de planes reguladores o de ordenamiento territorial futuros, enfocados hacia la ocupación urbana; se introduce a la vez el concepto denominado Capacidad Sustentante del Territorio, con el cual se pretende identificar sectores del área estudiada que presentan las que mejores condiciones físico-geográficas en función de no poseer limitantes significativas para la ocupación principalmente de tipo urbana.

II. METODOLOGIA

Con el fin de realizar un análisis detallado se recopiló información de diferentes mapas temáticos: geología, clima, aguas subterráneas, geomorfología; también se realizó un levantamiento detallado de fotografías aéreas y elaboración de mapas específicos referentes a la morfometría, para todo el cantón de Santo Domingo de Heredia; con las cuales se establecieron correlaciones espaciales.

2.1. MORFOMETRIA

Dentro de esta variable se toman tres aspectos principales: profundidad de disección, pendientes, densidad de drenaje. Se parte del concepto que morfometría es la cuantificación de las formas del relieve y análisis de los elementos del relieve a partir de diversos índices numéricos (Lugo, J., 1989).

2.1.1. PENDIENTES

Es importante el análisis de pendientes en un plan regulador, ya que el Mapa de Pendientes es un instrumento de ayuda a la planeación agrícola, forestal, de uso de suelos y agua, de las obras de infraestructura; o sea, que del análisis de las pendientes se deduce la aptitud o potencial que un terreno tiene para ser urbanizado con base en sus cualidades físicas, estableciendo las áreas óptimas para vivienda, industria, etc.

Se utilizó el método diseñado por Hernández (1989) el cual consiste en una plantilla que calcula la distancia horizontal entre curvas de nivel y su respectiva diferencia de altitud. Esta plantilla se elabora de la siguiente manera:

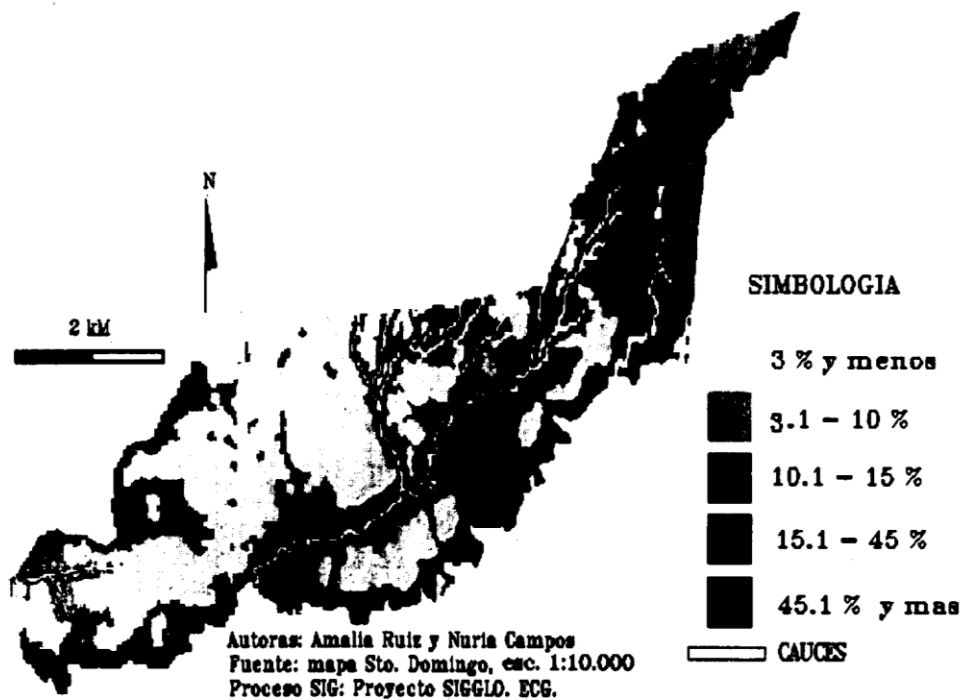
$$P = \frac{da}{dh} \text{ Invtang}$$

en donde:

P= Pendiente en grados sexagesimales.
da= Diferencia de altitud (metros).
dh= Distancia horizontal (metros).

La elaboración del mapa de Pendientes se realizó de la siguiente manera:

- 1- Se delimitó el cantón sobre un mapa de escala 1:6.000 con curvas de nivel cada 5 metros.
- 2- Utilizando una plantilla para cálculo de pendientes en escala 1:6.000 se identificaron con el máximo detalle posible trece clases de pendientes con un intervalo cada 5% principalmente.
- 3- Se jerarquizó la información posteriormente en cinco categorías (mapa No. 1).



Mapa No. 1. Santo Domingo: Pendientes.

2.1.2. PROFUNDIDAD DE DISECCION

La profundidad de disección es la relación que existe entre «la distancia vertical, los fondos de los valles y las cimas de las montañas» (Miller, A., 1979).

Por lo tanto, el tener un Mapa de Profundidad de Disección permite analizar o inferir en términos generales y relativos del área de estudio, los sectores con relieve más «abrupto» o menos «abrupto». Para la elaboración del Mapa de Profundidad de Disección se procedió según el siguiente método (Hernández, G., 1989).

$$Pd = \frac{\text{máxima altitud} - \text{mínima altitud}}{\text{área (Ha)}}$$

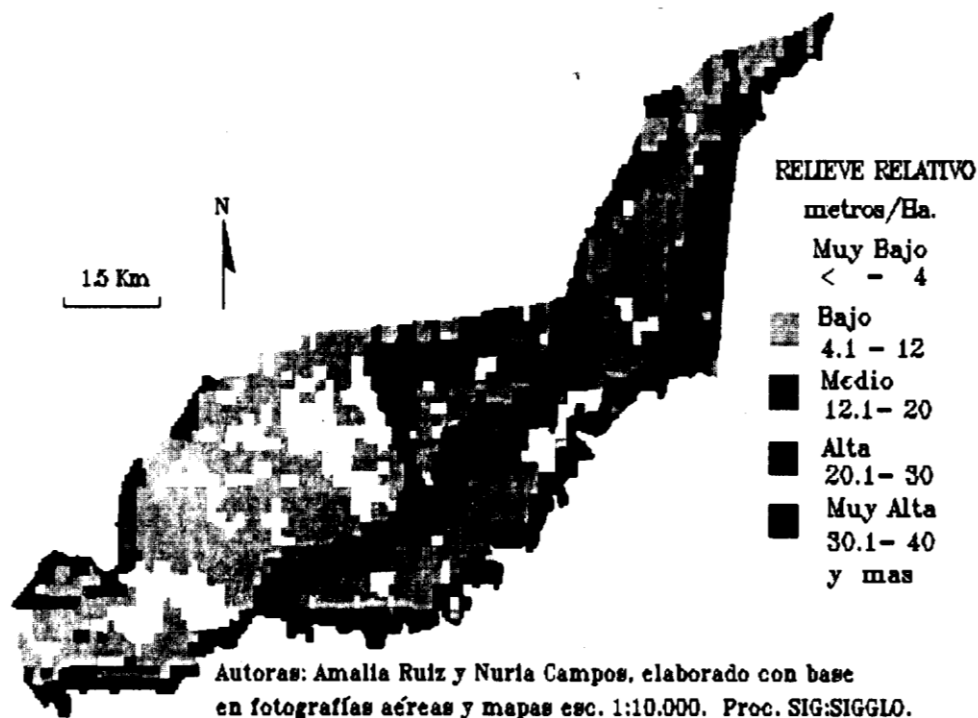
- 1- El cantón de Santo Domingo se delimitó sobre un mapa a escala 1:10.000, el cual posee un intervalo de curvas de nivel cada 5 metros.
- 2- Se elaboró una cuadrícula de referencia sobre el mapa con unidades de 1 hectárea de área.
- 3- Para cada cuadrícula se estableció la diferencia en metros entre la máxima y mínima altitud y el valor resultante se le asignó al centro de cada cuadro.
- 4- El total de valores obtenidos fue jerarquizado en 14 clases.
- 5- Posteriormente se homogenizó la información en cinco categorías dando origen al mapa No. 2

2.1.3. DENSIDAD DE DRENAJE

La presencia o ausencia de un río, quebrada o áreas de drenaje pluvial concentrado, es uno de los factores que más condicionan el uso del territorio, ya que los sitios cercanos a ríos o quebradas por lo general tienen asociados una serie de limitantes como riesgos de inundaciones, deslizamientos y pendientes abruptas; además implica también otros problemas ambientales, antrópicos como deforestación de vertientes y contaminación de ríos. De ahí que zonificar las áreas con mayor o menor densidad de ríos es sumamente importante en el proceso de análisis y diseño de un Plan Regulador.

La Densidad de Drenaje es el producto de la relación que existe entre la longitud total del talweg (en kilómetros lineales) y una determinada área (por hectárea); o sea:

$$Dd = \frac{\text{longitud del talweg (km)}}{\text{Area (Ha)}} \quad y$$



Mapa No. 2. Santo Domingo: Relieve relativo, metros/Ha.

Para analizar esta variable, se procedió a elaborar el respectivo Mapa de Densidad de Drenaje del área de estudio, mediante el siguiente método.

- 1- Se delimitó el cantón de Santo Domingo sobre un mapa escala 1: 10.000.
- 2- Se estableció una cuadrícula sobre el cantón, la cual divide el mapa en unidades areales equivalentes a una hectárea.
- 3- Para cada unidad areal se midió con un curvímetro la longitud de todos los talwegs, y el valor en metros lineales se le asignó al centro geométrico de cada hectárea.
- 4- Se jerarquizó el mapa respectivo en 9 clases de Densidad de Drenaje.
- 5- Se reasignaron las categorías en cinco clases.

2.2. CORRELACION ESPACIAL

La correlación espacial de los diferentes factores o variables tiene como objetivo abstraer las relaciones espaciales más significativas que existen entre ellas. Básicamente este método tiene tres fases las cuales consisten en:

- a. Primero en plasmar sobre mapas en forma particular las condiciones correspondientes de cada variable considerada, a saber mapa de pendientes, densidad de drenaje y relieve relativo.
- b. Un segundo paso fue jerarquizar la información contenida en cada mapa, esto con el fin de homogenizar o generalizar la información espacial y poder detectar las principales concentraciones espaciales; para así facilitar la sobrepuesta entre mapas.
- c. Un tercer paso que consiste en la sobrepuesta de los mapas, en esta fase lo que se busca es identificar principalmente aquellos sectores en donde se concentran los valores más altos y más bajos producto de la correlación espacial de todas las variables consideradas, ya que ambas clases las más bajas y las más altas son las más significativas en función de zonificar los sectores que poseen menos limitantes del relieve y las que poseen la concurrencia de los factores más limitantes; las clases intermedias entre valores más bajos y valores más altos son literalmente esto, «intermedias», ya que corresponden a las clases en las que pueden coincidir espacialmente valores bajos, tanto como de las variables más altas (Hernández, G., 1989). La Fig. No. 1 y el cuadro No. 1 muestran gráficamente esta relación y la jerarquización respectiva de las clases; los valores de la matriz son producto de una aritmética, esto es lo que se hace al momento de hacer la sobrepuesta de mapas, a saber una suma aritmética de los valores de cada variable y su posterior jerarquización en cinco clases.

Las variables a correlacionar son :

1. Pendientes (Mapa No. 1) y Relieve Relativo (Mapa No. 2) cuyo resultado es el mapa No. 4 donde los valores se segregaron en cinco clases. Este mapa final

FIGURA No. 1
MATRIZ DE CORRELACION

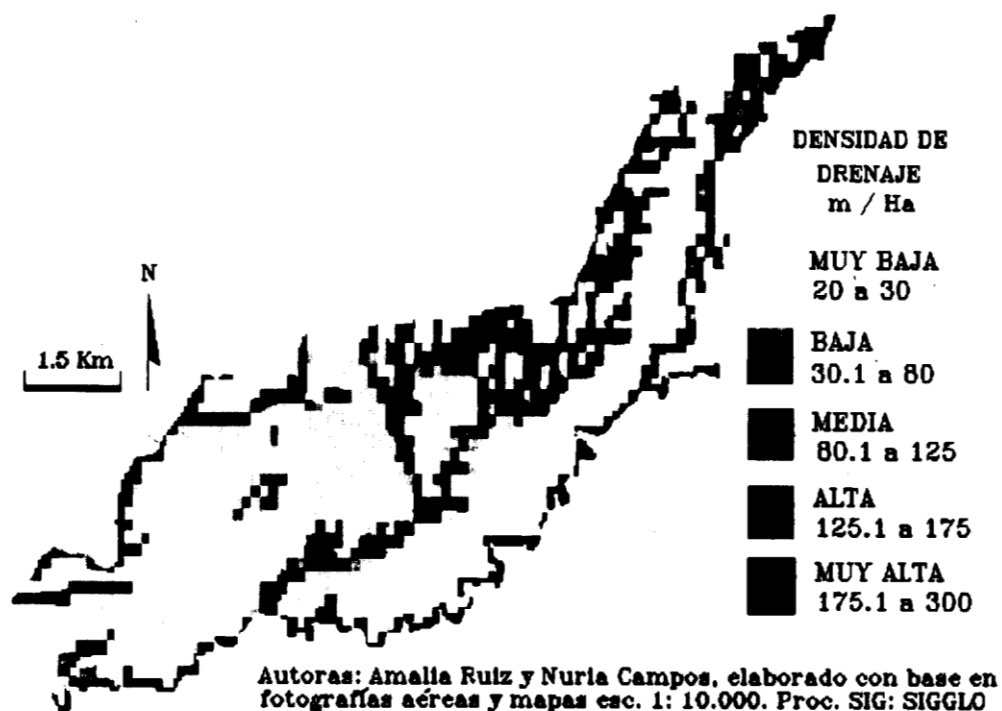
| V2 V1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|------|-----|-----|------|-------|
| 1 | MB 2 | B 3 | B 4 | M 5 | M 6 |
| 2 | B 3 | B 4 | M 5 | M 6 | A 7 |
| 3 | B 4 | M 5 | M 6 | A 7 | A 8 |
| 4 | M 5 | M 6 | A 7 | A 8 | MA 9 |
| 5 | M 6 | A 7 | A 8 | MA 9 | MA 10 |

CUADRO No. 1

MATRIZ DE CORRELACION ESPACIAL DE VALORES

| Clase | Valor relativo | Nominación |
|-------|----------------|------------|
| 1 | menor a 2 | Muy baja |
| 2 | 3 - 4 | Baja |
| 3 | 5 - 6 | Media |
| 4 | 7 - 8 | Alta |
| 5 | 9 - 10 | Muy Alta |

Fuente: Matriz de Correlación.



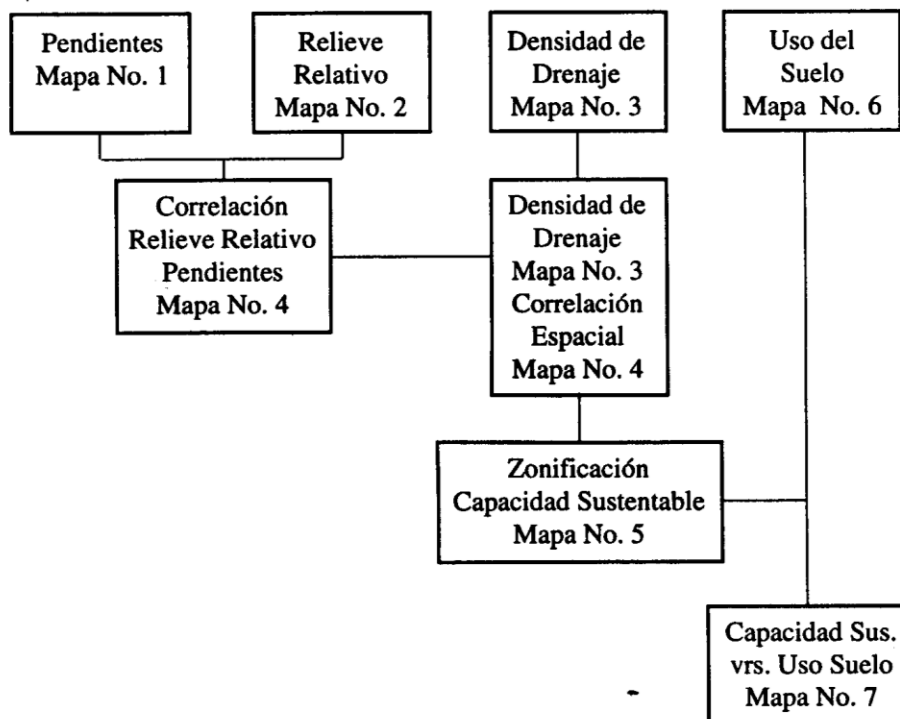
Mapa No. 3. Santo Domingo: Densidad de drenaje, metros/Ha.

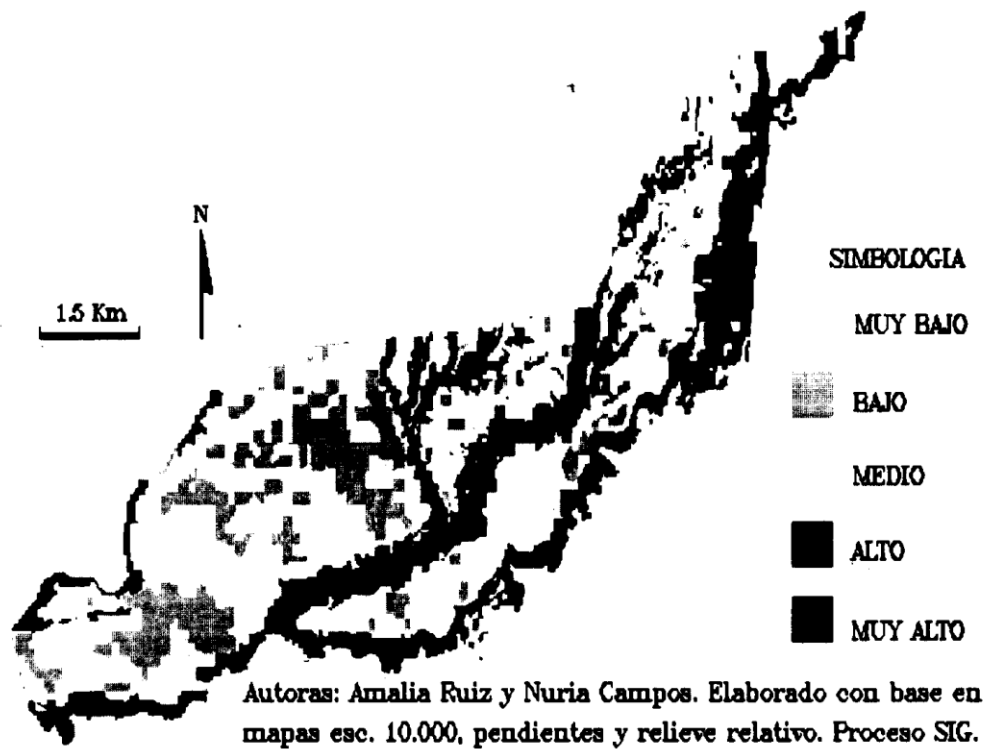
brinda información sobre las pendientes altas con valores de relieve relativo altos; los valores de pendientes medias y valores de relieve relativos medios; y valores de pendientes bajas con valores de relieve relativo bajos (Figura No. 2 esquema de correlación).

2. Densidad de Drenaje (Mapa No. 3) y Pendientes - Relieve Relativo (Mapa No. 4); se obtuvo un mapa denominado zonas con características limitantes en 9 clases; el cual se sintetizó en 4 clases denominado zonificación según capacidad sustentante del territorio (Mapa No. 5). A esta correlación espacial se le incluye la categoría denominada como «áreas potencialmente inundables». El resultado de este mapa indica las áreas que presentan características sin limitantes, áreas restringidas o muy restringidas las cuales presentan características limitantes en el uso del suelo.
3. Capacidad Sustentante del Relieve (Mapa No. 5) y Uso del Suelo Actual (Mapa No. 6), identifica áreas en donde podrían presentar alguna limitante en el uso del suelo o sectores en donde no existe ninguna característica limitante.

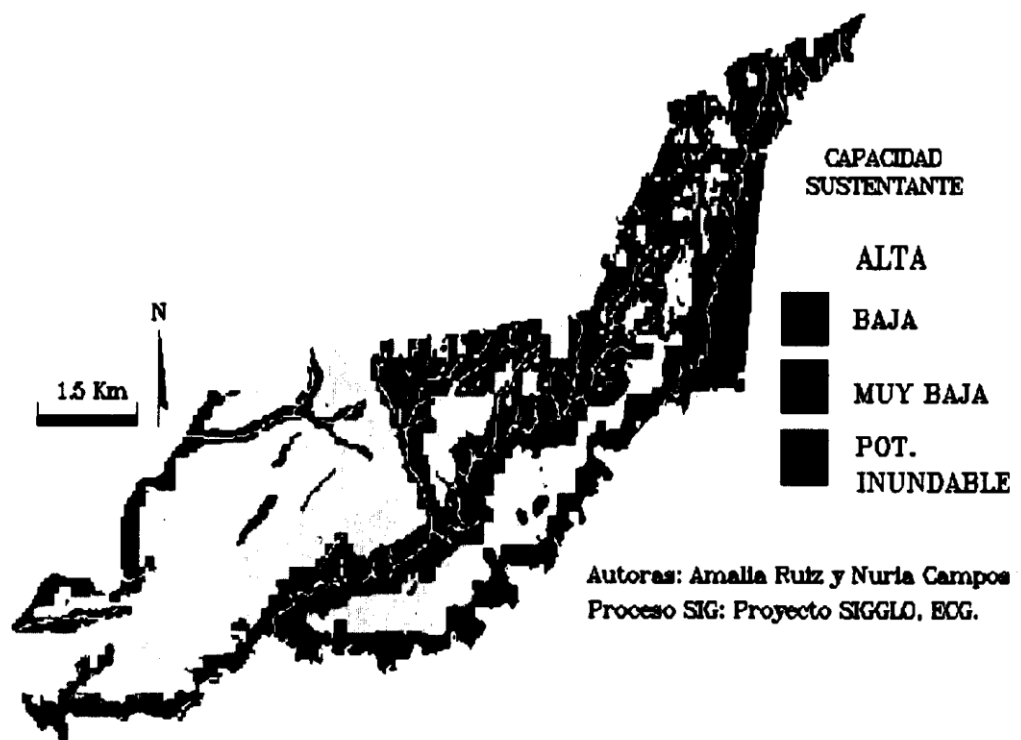
FIGURA No. 2

ESQUEMA DE CORRELACION ESPACIAL

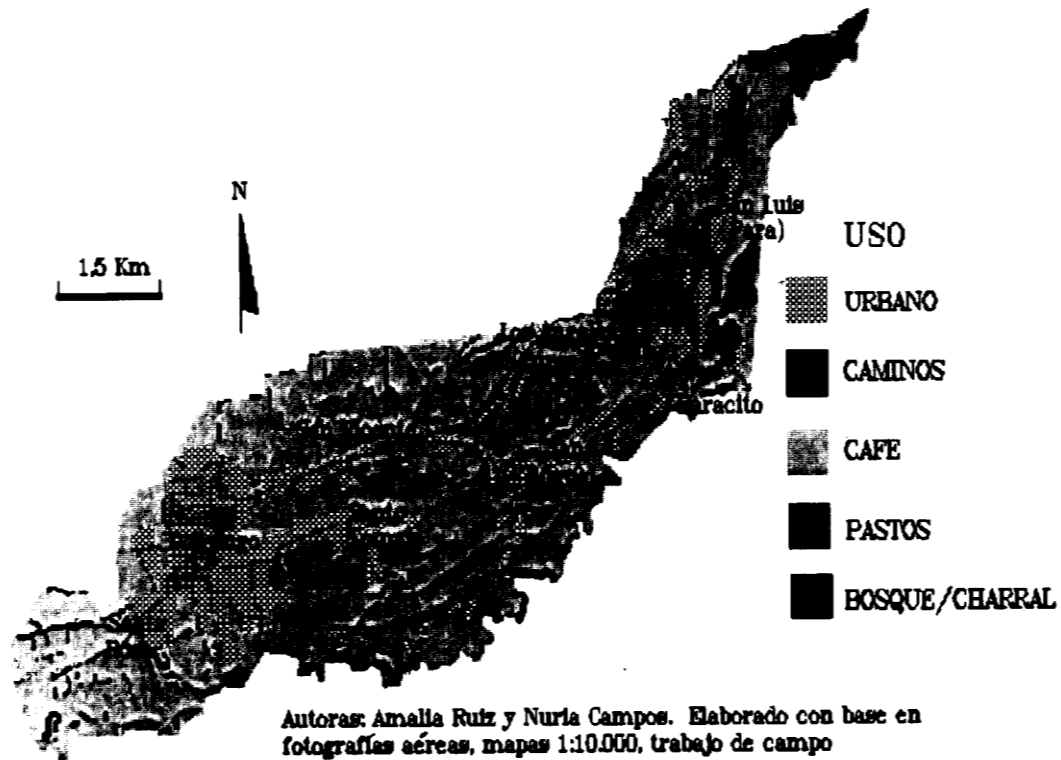




Mapa No. 4. Correlación espacial: Pendientes y relieve relativo.



Mapa No. 5. Santo Domingo: Zonificación de la capacidad sustentante.



Mapa No. 6. Santo Domingo: Uso del suelo.

4. Capacidad Sustentante del Relieve y Uso Urbano, el cual demuestra las áreas donde hay uso urbano que tiende a ocupar sitios no adecuados.

2.3. CAPACIDAD SUSTENTANTE DEL TERRITORIO

Es importante considerar con criterios científicos las características naturales o artificiales del espacio que se estudia, en función de zonificar aquellas áreas que ofrecen tanto condiciones óptimas como aquellas que poseen condiciones limitantes (sean estas climáticas, geológicas o geomorfológicas, entre otras) además de que los resultados sean un punto de apoyo en el proceso del ordenamiento territorial.

A estas cualidades o condiciones positivas o negativas del paisaje geográfico es lo que se ha denominado como Capacidad Sustentante del Relieve, la cual se puede establecer a partir de la correlación espacial de variables que tiene como finalidad, el identificar las cualidades o condiciones físico-geográficas del territorio. Por lo tanto, determinar los sectores que poseen mayor variedad y/o grado de características que impiden un uso óptimo o por lo menos un inconveniente aprovechamiento del territorio. Así, cuanto mayor pendiente, mayor cercanía o presencia de ríos o más abrupto el terreno, el territorio tendrá proporcionalmente menos condiciones de soporte que permitan el establecimiento de determinados usos como por ejemplo uso

urbano. Entonces se dirá que estas áreas tienen factores altamente limitantes o una baja capacidad sustentante. Lo contrario ocurre cuando los factores limitantes no están presentes o su presencia no afecta negativamente cualquier posible uso de estos sectores, estas tendrán entonces una buena capacidad sustentante.

Debe entenderse entonces por capacidad sustentante del relieve la capacidad de soporte del territorio para cualquier actividad humana que se realiza en él.

2.4. SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

Para poder alcanzar ciertos objetivos metodológicos, como los propuestos, es necesario contar con una herramienta tecnológica que facilite la cuantificación y correlación espacial de variables, por lo que se utilizó el SIG/CISIG (Manual del Usuario, 1992).

III. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

3.1. UBICACION

El área de estudio es Santo Domingo, cantón No. 3 de la provincia de Heredia, sus coordenadas geográficas medias son 10° N y 84° 05 W, tiene un área aproximada de 28 Km² y su territorio está orientado en dirección NE-SW, la mínima altitud es de 900 m.s.n.m. localizada en el distrito de Santa Rosa en la parte SW del cantón y la misma aumenta gradualmente hasta 1400 m.s.n.m. en el extremo NW del cantón, distrito de Pará.

3.2. USO DEL SUELO

Para cartografiar el uso del suelo (Mapa No. 6), se utilizaron fotografías aéreas del año 1990 a escala 1:1.000, 1:10.000 y 1:20.000; hojas topográficas Abra y Barva 1:50.000 junto con el mapa a escala 1:10.000 de Cubujuquí, Santo Domingo, Uriche, Pavas, Torres, Pará y San Isidro del año 1991, además del trabajo de campo respectivo. Del mapa de uso de suelo se puede deducir fácilmente la vocación agrícola que tiene la mayor parte del territorio, notándose solamente una importante concentración urbana, la cual es el cuadrante urbano ubicado en el distrito central de Santo Domingo.

IV. RESULTADOS

4.1. CORRELACION ESPACIAL: PENDIENTES Y RELIEVE RELATIVO

Se procedió con la correlación de los mapas de pendientes y relieve relativo. El producto es el mapa No. 4 en el cual se ha jerarquizado en cinco clases los valores obtenidos según el cuadro No. 1.

De acuerdo con el análisis del mapa obtenido:

1. Los lugares que presentan diferencias de relieve relativo bajos y pendientes bajas se constituyen como áreas sin limitantes. Estas corresponden a los valores establecidos dentro de las clases I y II.
2. Las áreas establecidas dentro de la clase III se consideran como sectores intermedios entre las clases I y II y las clases IV y V, por lo tanto, es posible la ocurrencia de factores con características favorables para su ocupación como de factores con características que representen limitantes significativas, se puede interpretar esta clase como áreas de transición entre las clases bajas y altas.
3. Las áreas establecidas dentro de la clase IV son los sectores que presentan limitantes en cuanto a la capacidad sustentante debido a la irregularidad del relieve, ya que los datos de relieve relativo y pendientes son significativos.
4. Las zonas establecidas dentro de la clase V presentan diferencias de altura y pendientes altas, ya que en las mismas se presentan grandes limitantes debido a lo «abrupto» del relieve y a pendientes muy fuertes, estas deben ser sectores que implican un uso más restringido.

4.2. CORRELACION ESPACIAL: PENDIENTES Y RELIEVE RELATIVO CON DENSIDAD DE DRENAJE

El siguiente paso metodológico fue la correlación del mapa No. 3, densidad de drenaje con el mapa No. 4, el mapa resultante de esta correlación es el mapa que identifica las áreas que tienen menor y mayor capacidad sustentante. Este mapa se complementa con la información espacial correspondiente a los sectores identificados como potencialmente inundables (reconocidos a través de fotointerpretación y trabajo de campo), obteniéndose así un mapa que zonifica las áreas en donde se reflejan principalmente los sectores en los cuales debe existir un mayor control y planificación en el uso del suelo.

Como se puede observar el mapa de Capacidad Sustentante del Territorio (mapa No. 5), representa tres tipos de zonas según su capacidad además se señalan las áreas potencialmente inundables. A continuación se describe el significado de cada una.

Alta Capacidad Sustentante

Señala los sectores donde los factores físico-geográficos no representan importantes limitantes para su uso, por lo tanto, son las áreas más aptas o con mejores condiciones para el establecimiento de actividades principalmente de ocupación urbana, o sea que representan las áreas con mayor capacidad sustentante en el cantón de Santo Domingo.

Baja Capacidad Sustentante

Indica los sectores donde existe la presencia ya sea de valores de pendientes, drenaje, o diferencias de altura en el relieve que imponen cierto grado de restricción

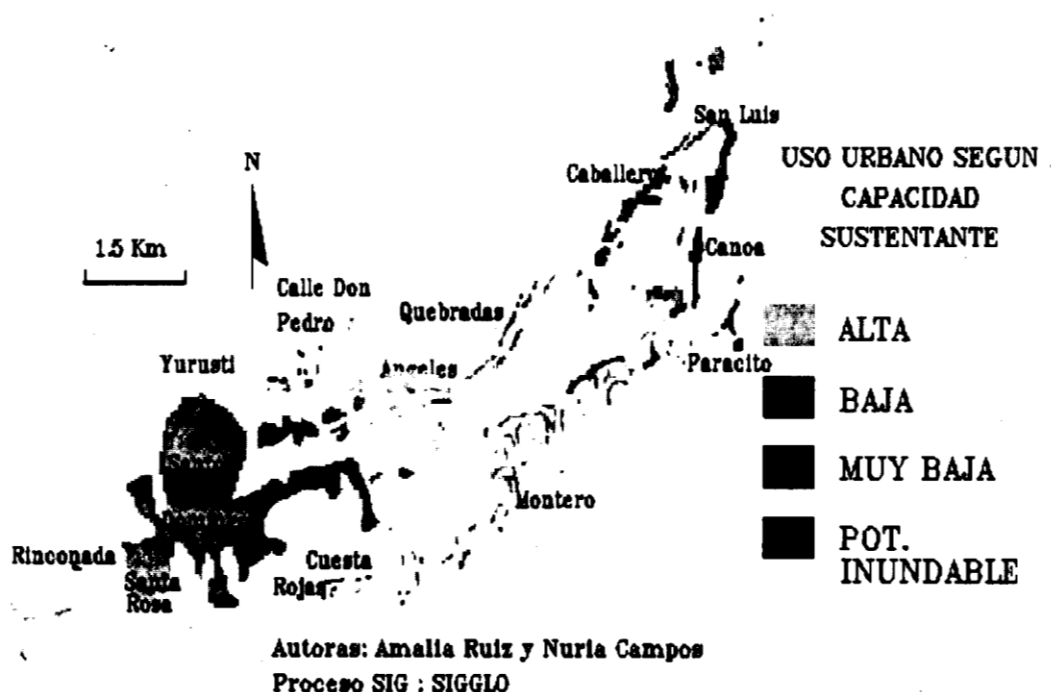
o limitante en su uso. Estas áreas son de transición entre las de mayor capacidad sustentante y las de menor capacidad sustentante, son aprovechables para la ocupación urbana, sin embargo es importante que la intensidad o densidad de su uso se haga con base en estudios de sitio que determinen las condiciones particulares de cada lugar que se pretenda ocupar.

Muy Baja Capacidad Sustentante

Son sectores donde existe la menor capacidad sustentante, las mismas son las que poseen con mayor frecuencia y severidad factores físico-geográficos que imponen importantes grados de limitación, ya sea la presencia de uno o varios cauces, pendientes fuertes e importantes diferencias de relieve. En estas zonas se debe restringir al máximo el uso del suelo para infraestructuras, ya sean estas habitacionales, industriales, viales, etc.

4.3. CORRELACION ESPACIAL ENTRE LA CAPACIDAD SUSTENTANTE Y EL USO URBANO ACTUAL

Del resultado de la correlación entre el mapa de Uso Urbano vrs. Capacidad Sustentante (mapa No. 7), se obtiene que un 75.73% del uso urbano se encuentra ubicado en el área clasificada como alta capacidad sustentante; o sea, en áreas sin características limitantes significativas.



Mapa No. 7. Santo Domingo: Capacidad sustentante vrs. uso urbano.

Un 15.38% del uso urbano se localizó en áreas de baja capacidad sustentante; o sea, en áreas restringidas, principalmente por ser sectores que presentan pendientes fuertes y valores de relieve relativo altos.

También existe un 7.1% de uso urbano localizado dentro de la categoría como áreas muy restringidas. Su presencia areal es muy baja solamente 1.2 Km² de uso urbano.

Por último, se encuentran áreas urbanas localizadas en la categoría clasificada como sectores potencialmente inundables; aunque constituye solamente un 1.77%.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para estudios de Ordenamiento Territorial es importante considerar el análisis de variables físico-geográficas y no solamente variables socioeconómicas; ya que, los elementos y/o factores naturales constituyen la base física en la cual se desenvuelven las actividades originadas por los seres humanos.
2. Las áreas donde las diferencias de altura, las pendientes y la densidad de drenaje son altas se constituyen en sectores con limitantes severas, donde el uso del suelo debe controlarse o planificarse en forma especial según las condiciones particulares de cada sitio. Estas áreas son: en las laderas del río Bermúdez, al sur de Santo Tomás, al noreste de San Miguel en las laderas de los ríos Tuces, Quebrada Tierra Blanca, Tranqueras, Tibás y Virilla y en la parte central del distrito Pará.

Es importante considerar que si se da una tendencia a urbanizar o de hacer un uso inadecuado del suelo en estos sectores que presentan características limitantes, producto de un crecimiento explosivo, negativo, y ausente de planificación, se corre el riesgo de generar y/o aumentar problemas (en algunos casos irreversibles quizás) de equilibrio ambiental y urbano, tales como contaminación de ríos y fuentes de agua.

3. El espacio ocupado por el cantón de Santo Domingo de Heredia, en la actualidad no es muy susceptible a sufrir problemas debidos a desastres naturales o ambientales; sin embargo, si en un futuro el crecimiento urbano se da en forma desordenada, principalmente ocupando los sectores mencionados en este trabajo como de baja y muy baja capacidad sustentante, los problemas con deslizamientos de laderas, erosión de suelos y contaminación de aguas superficiales y subterráneas, inundaciones de áreas urbanas, además de contaminación atmosférica, es muy probable que se convierta en uno de los problemas más comunes tanto para la población como para la municipalidad del cantón.
4. Las áreas identificadas en el Mapa No. 5 como de alta capacidad sustentante; son las que deben ser habilitadas como espacios en donde se permita el crecimiento

y mayor densidad de la población urbana, siempre y cuando dicho crecimiento se ajuste a una planificación urbana y socioeconómica adecuada por las reglamentaciones pertinentes del momento.

5. Los sectores identificados como de baja capacidad sustentante, son espacios en donde el crecimiento urbano debe ser muy controlado y muy bien planificado evitando un impacto negativo en el medio ambiente; la densidad de la ocupación debe ser muy baja, de tal manera que los espacios construidos no deberían superar en un 50% el tamaño de las propiedades.
6. Las áreas identificadas como de muy baja capacidad sustentante y «potencialmente inundables», deben ser dejadas como «zonas verdes» o zonas protectoras de aguas superficiales o subterráneas, y en ellas se debe evitar al máximo la ocupación urbana; sólo se debe permitir la ocupación de tipo agrícola siempre y cuando se garanticen adecuadas técnicas de conservación de suelos, de lo contrario el mejor uso que se puede hacer es de vegetación natural de la zona.
7. Se recomienda que en todo el cantón los controles de impacto ambiental se hagan en forma estricta, debido a las condiciones muy particulares de Santo Domingo, en cuanto a dirección de los vientos dominantes y a su condición de zona de recarga de acuíferos y «producción» de aguas subterráneas. Prácticamente en todo el cantón existen restricciones para el establecimiento de industrias o actividades contaminantes, los vientos transportarían con mucha facilidad los gases, humo o ruidos a diferentes puntos del cantón o fuera de este, a la vez la infiltración al subsuelo o descarga en los ríos de las aguas servidas causaría la contaminación de los acuíferos.

BIBLIOGRAFIA

- BERGOEING, J.; MALAVASSI, E.** 1981. Carta Geomorfológica del Valle Central de Costa Rica. Hojas Abra y Barva. Escala 1:50.000, I.G.N. San José, Costa Rica.
- C.A.T.I.E.** 1988. Diagnóstico del Estado Actual de Manejo y Conservación de la Cuenca Alta del Río Virilla. Proyecto Regional de Manejo de Cuencas. San José, Costa Rica.
- CHINCHILLA, E.** 1987. Atlas Cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José, Costa Rica.
- CONSERVACION INTERNACIONAL.** 1992. Manual del usuario CI/SIG. Versión 2.0. Conservación Internacional-Sistema de Información Geográfica.
- GRAY DE CERDAN, N.** 1986. Análisis Geográfico del Sistema Urbano. Procedimientos aplicados en el Gran Mendoza. In GRAY DECERDAN, N.; ALVAREZ, A. Y OTROS. 1988 Respuestas de Desarrollo Urbano para el Gran Mendoza. Instituto de Geografía. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. P. 83.

- HERNANDEZ R., G.** 1989. Parámetros morfométricos aplicados al análisis preliminar de la morfodinámica en la cuenca del Río Sucio. Tesis de licenciatura. Escuela de Geografía. UNA. Heredia, Costa Rica.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.** 1967. «Hoja Barva, escala 1:50.000». Segunda Edición. San José, Costa Rica.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL.** 1967. «Hoja Abra, escala 1:50.000». Segunda edición. San José, Costa Rica.
- MILLER, A.** 1979. La Piel de la Tierra. EALHAMBRA, México. MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES, ENERGIA Y MINAS. 1988. Memoria Primer Congreso Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica. ECODES, San José, Costa Rica.
- LUGO H., JOSE.** 1979. Diccionario Geomorfológico. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pp. 143-144.
- RUIZ H., AMALIA Y CAMPOS S., NURIA.** 1993. Análisis de variables físico-geográficas aplicado a un plan de ordenamiento territorial en el cantón de Santo Domingo de Heredia. Tesis de licenciatura. Escuela de Geografía. UNA. Heredia, Costa Rica.
- TRICART, JEAN Y KILIAN, JEAN.** 1982. Eco-geografía y la ordenación del medio ambiente. Editorial Anagrama. Barcelona.
- TOSI, JOSEPH.** 1988. Ponencia central. In Memoria Primer Congreso Estrategia de Conservación para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica. ECODES, San José, Costa Rica. P. 84.

FOTOS AEREAS

Fecha: 21-3-89
 Escala 1:20.000
 Rollo # 2
 Línea # 6
 Fotos número 172 - 177 y 401 - 406
 Proyecto JICA-GAM

Fecha: 19-3-89
 Escala 1:20.000
 Rollo # 1
 Línea # 5
 Fotos número 198 - 201
 Proyecto JICA-GAM.