

# -Metodología aplicada al análisis de la distribución espacial de la producción de residuos sólidos. Su relación con la densidad de población

Carlota Angela Escudero Gallegos  
Universidad de Málaga

## 1.-INTRODUCCION

Con este artículo nos proponemos dar a conocer algunos de los resultados obtenidos en el análisis de un indicador indirecto del medio ambiente urbano malagueño.

El motivo de elegir el servicio municipal de recogida y eliminación de los Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.) se justifica por la gran riqueza analítica que como fuente estadística nos proporcionaba su base de datos frente al triste panorama que ofrecen las estadísticas municipales de otros servicios.

Por otro lado, las nuevas pautas de consumo que conlleva el desarrollo de la civilización urbana, presentan unos problemas urgentes y específicos en materia de gestión de los R.S.U.; recogida, transporte, tratamiento y eliminación, que si bien corresponde a los ayuntamientos o a los servicios técnicos de las diputaciones provinciales, la importancia que este servicio o sistema de equipamiento comunitario esta tomando tanto por su "impacto" ambiental como por el económico dentro de las economías familiares y presupuestos municipales, necesita de una adecuada planificación y gestión que se instrumentaliza por medio de los Planes Directores de Gestión de Residuos Sólidos. Estos Planes, en su fase de información-redacción contemplan aspectos procedentes de diversos campos y disciplinas científicas (como la Geografía) necesarias para una adecuada Ordenación del Territorio.

Con este trabajo contribuimos al desarrollo de una metodología adecuada y aplicable a otros ámbitos territoriales urbanos en los que su fuente estadística de datos sea la idónea y suministramos información del medio socio-económico a través de las relaciones de otras variables con un indicador indirecto como es la producción de residuos sólidos urbanos y su representación.

## 2.-RESIDUOS SOLIDOS Y ACTIVIDAD HUMANA

La producción de desechos es inseparable de la existencia de los seres humanos y de sus múltiples actividades. Los desechos de los animales y plantas sirvieron desde siempre por medio de los ciclos de materia y energía al mantenimiento de los ecosistemas.

El "volumen" de desechos, ha ido incrementándose paralelamente con el crecimiento de la población, con el desarrollo de la producción industrial y ha ido modificándose en su "composición" en función de los cambios en los modos de vida, hábitos de consumo (en especial el alimenticio) y status social o nivel de renta de la población.

En consecuencia, con las concentraciones de población en núcleos urbanos, se ha producido una acumulación de los residuos, rompiéndose el equilibrio natural de recuperación del sistema (abono de suelos, alimento de ganado). Agravándose con la producción de residuos "no orgánicos" de nuevos procesos industriales difíciles de eliminar por el método tradicional de su abandono en el campo.

Sólo a partir del cambio de la mentalidad desarrollista acerca de la inagotabilidad de los recursos naturales, principalmente a partir de la crisis energética de la década de los 70 y la reciente industrialización de los procesos de eliminación de los residuos, se vuelve a pensar en el aprovechamiento y recuperación de estos, tratando de reestablecer el equilibrio del sistema natural; a pesar de que esta actividad siempre fue realizada por grupos sociales marginados, incrementándose en las épocas de crisis económica.

### 3.- CONCEPTO Y CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Hemos visto que la actividad humana, al transformar los recursos naturales y consumirlos, genera residuos que no desea, que no se utilizan ni se reelaboran dentro del proceso económico, tanto por la no existencia de una tecnología adecuada para su aprovechamiento como por la dificultad de su comercialización debido a su elevado costo o a la no existencia de mercados que asimilen estos productos (M.O.P.U.,1981).

Los párrafos anteriores nos aproximan a la definición de "residuos" y teniendo en cuenta que el calificativo de sólidos es impreciso (gran parte de los efluentes líquidos y gaseosos son suspensiones de sólidos en esos medios) creemos útil pasar a establecer la clasificación de los distintos grupos de Residuos Sólidos.

La clasificación de los residuos puede hacerse atendiendo al origen o fuente de producción o también según sus cualidades físicas o composición. En España, la clasificación adoptada atiende al origen de producción, por lo que la cantidad de residuos producida se reparte según los sectores de actividad económica de la siguiente manera (GARCÍA, E. 1982):

-Residuos Sólidos Industriales (R.S.I.) procedentes del Sector Primario (actividades extractivas mineras, agrícolas, forestales y ganaderas): 80%.

-Residuos Sólidos Industriales (R.S.I.) procedentes del Sector Secundario (actividades transformadores y sistemas de depuración): 10%.

-Residuos Sólidos Urbanos (R.S.U.) procedentes del Sector Terciario (actividades domiciliarias, distribución de servicios, agrupaciones urbana y consumo): 10%.

En nuestro trabajo investigamos este último grupo (R.S.U.) que aún representando un pequeño porcentaje sobre el total, su retirada puede ser problemática (por la gran dispersión) y su eliminación (son menos tóxicos que los industriales o mineros pero no son tan fácilmente reintegrables al ciclo natural como los agrícolas) puede generar agresiones al medio ambiente en general.

#### 4.- LA PRODUCCION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

La cantidad de residuos urbanos que se generan por habitante y día es uno de los indicadores de nivel de vida de un país, pues existe una correlación positiva entre el nivel de desarrollo económico y la cantidad de residuos que se producen, de la misma forma que existe una vinculación cualitativa entre el hábito, el nivel de consumo y la composición de las basuras. Hecho constatado en la provincia de Barcelona (MARIMON, R. (1980).

Según este autor, las tasas de producción de R.S.U. en nuestro país son de 0.219 a 0.401-0.438 T.m. por habitante y año (0.6 a 1.1-1.2 Kg. por habitante y día). Correspondiendo los pesos menores a núcleos urbanos pequeños cuya principal dedicación es la agrícola, y los pesos mayores a las zonas residenciales en aglomeraciones urbanas<sup>1</sup>

Produciéndose también variaciones en el peso según el status social de los barrios de las grandes ciudades, con tasas de 0.237-2.273 T.M./Hab./año (0.65-0.75 Kg./Hab./día) para los de menor nivel de vida, y tasas a veces superiores a la producción máxima señalada en los barrios más residenciales, 0.511 - 0.547 T.m./Hab./año (1.4-1.5 Kg./Hab./día).

Teniendo en cuenta los datos aportados sobre las ciudades españolas en materia de producción de residuos<sup>2</sup> se pueden clasificar éstas en los siguientes grupos:

-Más de 1.000.000 hab.	0.33 T.m./hab./año, (0, 9 Kg./hab./día).
-Superior a 100.000 hab.	0.28 T.m./hab./año, (0.75 Kg./hab./día)
-Entre 20.000 y 100.000 hab	0.24 T.m./hab./año, (0.65 Kg./hab./día).
-Menos de 20.000 hab.	0.20 T.m./hab./año, (0.55 Kg./hab./día).

Estos datos orientativos al compararlos con los de la ciudad de Málaga, que es nuestro ámbito de estudio, nos da una idea de su situación en materia de R.S.U..

<sup>1</sup> Barcelona en 1976 con 4498.000 T.m. anuales y 1.8 millones de habitantes, produce 0.277 T.m./Hab./año. En Francia se produce por término medio 0.280 T.m./Hab./año.

<sup>2</sup> El informe general "El Medio Ambiente en España" (1976) editado por la Subsecretaría del Gobierno aporta los datos oficiales sobre producción de R.S. a partir de la pág. 395.

Málaga, con una población de 503.000 habitantes (Censo 1981), produjo 147.094.420 Kg. de basuras ese año, lo que supone 0.8 Kg./hab./día.

## 5.-MATERIAL Y METODOS

### 5.1.-Base de datos

Para la elaboración de este análisis se partió de los datos obtenidos de las hojas de pesaje diario de los camiones encargados de la recogida de basuras del Servicio de Limpieza del Excmo. Ayuntamiento de Málaga.

Diariamente, salvo festivos, en estas hojas se consigna los kilogramos de basuras recogida por cada camión, por pesaje en la báscula del vertedero municipal, y el sector donde se ha realizado la recogida. Los datos trabajados se refieren a 1982. Esto se debe a varias razones; la primera de ellas es el hecho de que a partir de 1983 se reestructuró el servicio modificándose el número de sectores, que fueron disminuidos numéricamente pero ampliados en extensión. Por otro lado los sectores empleados hasta 1982 coincidían más con la distribución municipal en barrios establecida en el P.G.O.U. posibilitando poner de manifiesto mayores gradientes de variación, ya que al ampliarse la extensión de los sectores en el 1983, se englobaban zonas urbanas muy distintas por lo que los datos que se obtuvieran responderían a una homogeneización de la variable.

El servicio se realizaba sobre un total de 72 sectores en el casco urbano de Málaga, de los cuales se han empleado 55 para la realización de este trabajo (Figura 1).

Como dijimos al principio, los datos expresaban el peso diario de basuras recogidas en cada sector, lo cual era muy poco operativo para trabajar, por lo que se agregaron a fin de obtener los pesajes mensuales y totales anuales para cada sector.

Por otro lado fue calculada la superficie de estos sectores de recogida, usando un planímetro digital "Planix 7" Tamaya. La superficie, expresada en Hectáreas, se utilizó para poder estimar la producción media por unidad de superficie. También se estimó la población correspondiente a cada sector de recogida; para ello se utilizó los datos de población por secciones electorales (OCAÑA, M. 1984) del Censo 1982, ya que al ser las subdivisiones suficientemente pequeñas era fácil adscribir las a cada sector de recogida.

La escala cartográfica empleada fue de 1:10.000. A partir de estos datos se calculó la densidad media de habitantes y producción media de basuras por habitante y año como podemos observarlo en el Cuadro I.

A partir de estos datos se procedió a cartografiar la producción de basuras por habitante, ya que se consideró que este indicador es el que podría poner de

manifiesto más claramente las diferencias espaciales entre las distintas zonas de la ciudad, ya que partíamos del presupuesto de que salvo contada excepciones la basura producida va a ser de procedencia doméstica o del sector terciario.

La basura de procedencia doméstica va a ser en su mayor parte resultado de la actividad "natural" de la población, entendiendo por natural la actividad relacionada con la alimentación diaria y demás usos domésticos cotidianos, por lo que su composición y cantidad no va a estar sometida a excesivas fluctuaciones. Por el contrario, la procedente del sector servicio y de la actividad extradoméstica de la población sí puede estar sometida a fuertes oscilaciones tanto temporales como cualitativas y cuantitativas, ya que hay que tener en cuenta que una ciudad es una estructura dinámica en la que la población va a desplazarse de unas zonas a otras, desarrollando una actividad productora de residuos en lugares alejados de la zona de residencia. Por tanto, la producción de basuras es en gran medida un indicador de la actividad que se realiza en una zona, de tal forma que cuando se acerque esa producción al nivel de producción doméstica, nos estará indicando que la actividad "residencia" será la dominante, mientras que cuanto más supere este valor, más indicativa será la importancia de actividad relacionada con el sector servicios.

#### CUADRO I

N SECTORES	PRODUCCION SUPERFICIE HABITANTES			PRODUCCIO	
	BASURA	T.m.(Hectáreas)	POR Ha.	POR Ha.	POR HAB.
7-29	3996,100	54,100	134,470	73,865	0,549
34-33	4885,300	62,500	387,466	78,185	0,202
11-30	3752,200	50,500	303,107	74,301	0,245
10-10B	4327,200	49,900	260,515	86,717	0,333
20-20B-9	6539,100	231,200	106,700	28,283	0,265
40-41	3174,000	117,100	85,746	27,105	0,316
17-23	11178,000	75,200	397,681	148,644	0,374
12-19	3997,000	175,800	167,611	22,736	0,136
18-26	5220,600	95,600	228,084	54,609	0,239
18-1	6096,100	86,100	123,452	70,803	0,574
5-13-16-16B	7345,000	40,000	209,870	52,464	0,250
2-3	1816,300	11,300	182,000	160,735	0,883
6-8-35	3808,300	47,300	312,423	80,514	0,258
22-24-25	4743,400	78,900	262,771	60,119	0,229
15-31-4	1800,200	40,000	263,587	45,005	0,171
21+Corte Ing	1333,500	47,900	104,710	27,839	0,266
32B-32	2460,000	52,170	261,703	58,335	0,233
36-42	5940,200	127,800	196,293	46,480	0,237
27-37	5023,600	46,400	456,164	108,267	0,237
39-58	4541,800	135,700	125,606	33,469	0,266
49-50-52	14254,000	91,200	490,000	156,294	0,319

70	3316,500	62,530	100,010	53,039	0,529
51-P. Torre	1920,200	215,700	31,000	8,902	0,289
14-G. Suárez	2624,800	75,400	116,000	36,807	0,299
C.Calderón	1388,000	145,900	19,000	9,510	0,510
51-El Viso	3718,140	325,000	10,000	11,441	1,091
51-Pol. Azucar.	2536,984	214,000	2,000	11,850	6,488

Fuente: Servicio Municipal de Limpieza. Elaboración propia. Año 1982.

## 5.2.-Tratamiento estadístico de los datos

A partir de los datos obtenidos, que se expresan en el cuadro I, se analizó la relación entre los grupos de variables: **producción de basura por Habitante**, a fin de obtener el grado de correlación de éstas, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, así como calcular las ecuaciones de regresión que explicaban la covarianza, es decir la variación de la variable dependiente que es explicada por la variable independiente, aspecto indispensable para comprender la dinámica de producción de residuos sólidos en el medio urbano.

Previamente fue necesario realizar una labor de depuración de los datos a fin de eliminar aquellos datos que por su valor numérico excepcional no podían ser explicados en los términos de las variables usadas; esto era necesario ya que, si bien la interpretación de estos valores anormales, altos o bajos, pueda ser interesante, su papel a la hora de encontrar tendencias es totalmente distorsionador.

Esto se realizó para el cociente **Producción/Habitantes**, ya que éste nos incluye las dos variables esenciales en este estudio. Esta variable presentaba una distribución "normal", en forma de campana gaussiana, de las frecuencias para los distintos valores. Por lo tanto se calculó la probabilidad asociada a cada intervalo de valores de la variable. De esta forma se obtuvo la probabilidad que tendríamos al muestrear la producción de basuras por habitante, en una zona escogida al azar, de obtener un valor excepcionalmente alto o bajo. Se escogió como probabilidad de rechazo la de  $\alpha = 0.05$  (HAMMOND, R., 1980), es decir, que la probabilidad de encontrar una zona con una producción de esas características excepcionales fuera menos del 5% para los valores muy bajos e igualmente menor del 5% para los muy altos, por lo que el 90% de los casos pertenecerían a la distribución.

Por este procedimiento se desechó al sector **2-3,51-El Viso y 51-Polígono Guadalhorce**, los cuales, con valores de producción de 0.883, 1.091 y 6.488 T.m. por habitante y año respectivamente, se encuentran muy alejados del valor medio de producción por habitante, siendo éste de  $X = 0.328$  T.m. por habitante y año.

La desviación típica de la distribución de esta variable también fue calculada, siendo  $\sigma = 0.161$ . Esta desviación típica relativamente baja nos indica que la distribución de valores de la variable estudiada se realiza muy cerca de la media, lo

cual confirma el carácter de excepcionalidad de los valores obtenidos en los sectores desechados, los cuales se alejaban más de dos desviaciones típicas de la media.

$$0.883 > 0.328 + (2 \times 0.161)$$

Por lo que su probabilidad asociada será menor al 0.025, ya que la distribución normal tiene la característica de que el 95% de la distribución de valores se encontrará entre  $X - 1.96 \sigma$  y  $X + 1.96 \sigma$ . Los sectores 7-29 y 28-1, también tenían probabilidades asociadas bastante bajas, sin embargo, éstas eran más significativas que en los casos de sectores anteriores, por lo que se mantuvieron para los análisis posteriores.

## 6.-RESULTADOS

### 6.1.- Análisis espacial de la producción de basura

Los datos obtenidos de densidad de población en los distintos sectores de recogida y la producción de basuras por habitante se trasladó a la representación cartográfica de sectores de recogida (Figural). Esta representación fue esquematizada por ordenador, de tal manera que ésta es tan sólo indicativa de la distribución espacial, siendo la escala tan sólo aproximativa.

En la Figura 2 se ha representado la distribución espacial de la densidad de población en el casco urbano de Málaga. Los valores de densidad urbana no corresponde exactamente a la densidad estimada por barrio en el P.G.O.U. de Málaga (LOPEZ CANO, D. 1984), porque los sectores de recogida no se corresponden siempre con las divisiones administrativas ordinarias, por lo que la densidad que les correspondería es función de la densidad de las divisiones administrativas que engloba.

En el cálculo de la densidad de población en los sectores se utilizó la densidad urbana, es decir, el resultado de dividir la población de la división administrativa correspondiente entre el número de hectáreas urbanizadas en dicha zona. Esto se consideró necesario porque podía ocurrir que zonas con igual extensión e igual número de habitantes, por ejemplo, podrían tener distinta superficie urbanizada, esto ocurriría en el caso de que una de ellas concentrara toda la población en una pequeña zona de edificios de gran capacidad mientras que la otra repartiera homogéneamente la población en viviendas unifamiliares. En este caso la densidad real de una y otra zona sería en la práctica muy distinta.

Podemos comprobar en esta figura que existe una gran diferencia de densidad de población entre "Málaga Este" y "Málaga Oeste", presentando esta última, sin excepción todos los núcleos densamente poblados de la ciudad mientras que en la zona Este de la ciudad la densidad de ocupación oscila entre 19 a a 300 Habitantes/Ha. Esta diferencia se pone perfectamente de manifiesto tras la aplicación del

test no paramétrico de diferencia entre distribuciones de rangos de la U de Mann-Whitney (SIDNEY SIEGEL, 1985). En esta prueba se asigna a cada valor, de las distribuciones correspondientes a los dos zonas a comparar, un rango, en escala ordinal de valores (generalmente creciente). El test detecta si la distribución de rangos en ambas muestras es similar o no, en el caso de que una de ellas acapare la mayoría de los rangos altos y, por tanto, la otra, los bajos, esa diferencia es cuantificadas por el test pudiéndose valorar ésta.

En la Figura 3 se cartografió la producción de basura por habitante y año en los distintos sectores de recogida. Como es fácil de comprobar, al comparar esta figura con la figura 2, la distribución espacial de la producción de basuras por habitante sigue una pauta inversa a la de la distribución espacial de la densidad de población, en gran parte de los sectores.

Si consideramos la cantidad de 0.300 T.m./Habitante y año como el valor medio de producción de residuos de origen doméstico para ciudades con una población comprendida entre 100.000 y 1.000.000 habitantes, por lo que valores superiores a éste indicarían una fuente de residuos distinta a la doméstica. Entonces podemos inferir observando la figura 3, que la mayor parte de la actividad generadora de residuos en Málaga Oeste correspondería a los usos de alimentación y mantenimiento de vivienda de tipo familiar de nivel medio-bajo (MARIMON, R., 1980). Esto concuerda con los niveles de densidad de población alta en estas zonas. Salvo los casos correspondientes a los sectores 51-El Viso y 51-Polígono Guadalhorce que presentan una altísima producción de residuos frente a la baja densidad de habitantes. Esto tan sólo se explica por una gran actividad distinta a la de usos domésticos, en este caso industrial y servicios.

Por lo contrario, en Málaga Este se observan valores de producción por habitante bastante superiores a 0,30 T.m./Habitante y año, oscilando estos, en gran parte de los sectores estudiados entre 0.25 y 0.75, encontrándose un valor máximo en el sector 2-3 de 0.883 T.m./Habitante y año. Este sector corresponde al Casco Histórico de la ciudad, donde el sector servicios es el principal foco de actividad, por lo que la fuente de producción de residuos está muy clara. La franja urbana-litoral de Málaga Este, excede el valor medio de 0.300 T.m./Hab./año, acercándose su valor de producción de residuos al descrito para zonas residenciales de alto "standing", con actividad terciaria y población flotante.

Hemos de especificar que esto no significa que las necesidades de tipo doméstico-residencial en una zona de mayor nivel económico generen mayor cantidad de residuos; puede haber un ligero incremento debido a una mayor actividad de consume concorde a un mayor poder adquisitivo pero las diferencias van a ser más cualitativas que cuantitativas. El mayor factor responsable del incremento de la producción de residuos va a ser la actividad del sector terciario en zonas de baja densidad de residentes y que, sin embargo, pueden actuar como centros donde se traslade por diversos motivos (trabajo, ocio, compras, gestión...), un porcentaje elevado de la población residente en otros sectores, población que va a estar implicada en la producción de estos residuos.



## 6.2.-Análisis estadístico de la relación entre población y producción de residuos.

El otro objetivo del presente trabajo era determinar la relación existente entre la población y la producción de residuos en los distintos sectores investigados (Gráfico 1).

Al representar gráficamente la producción de basuras por hectárea con respecto a la densidad de población se observa claramente que la nube de puntos no sigue una tendencia lineal para la relación entre ambas variables, sino que expresa un incremento con respecto a la producción de residuos por Ha. conforme la densidad de población aumenta.

Este efecto amplificador de la densidad de población sobre la producción de basuras no es extraño, ya que al aumentar la densidad también aumentan las interrelaciones en la población, que se manifestarán en un aumento de los servicios en la zona y un aumento de las relaciones de intercambio de todo tipo.

Al formular la relación entre las dos variables, el mejor ajuste se consiguió con una función polinómica de segundo orden, en la cual el término elevado a la segunda potencia es el que nos va a representar el papel de las interrelaciones dependientes de la densidad de población. Este resultado es totalmente coherente por el expresado por M.O.P.U. 1981, acerca de la relación entre tamaño poblacional de las ciudades y producción de residuos per cápita, observándose una relación creciente entre ambas variables.

Este efecto sinérgico es necesario tenerlo en cuenta a la hora de realizar la planificación del servicio de recogida municipal de basuras, ya que esta planificación habría de realizarse no tan sólo en función de las expectativas de crecimiento de la población, sino que deberá de tener en cuenta el aumento esperable de la densidad urbana.

## BIBLIOGRAFIA

- GARCIA LOZANO, E. (1982): *Los Planes Directores de Gestión de Residuos Sólidos*. Estudios Territoriales, 7, p. 127-145.
- HAMMOND, R. (1980): *Técnicas Cuantificativas en Geografía*. Ed. Saltés. Madrid.
- MARIMON SUNYOL, R. (1980): *Los Residuos Sólidos Urbanos. Análisis de un servicio municipal*. Ed. Moneda y Crédito. Madrid.
- M.O.P.U. (1981): *Gestión de los Residuos Sólidos*. Ed. Dirección General de Medio Ambiente. Madrid.
- LOPEZ CANO, D. (1984): *Sociodemografía de los barrios malagueños*. Exmo. Ayuntamiento de Málaga.
- OCAÑA OCAÑA, M. (1984): *Atlas social de la ciudad de Málaga*. Ed. I.C.E. de la Universidad de Málaga.
- SIEGEL, S. (1985): *Estadística no Paramétrica*. Ed. Trillas. México D.F.

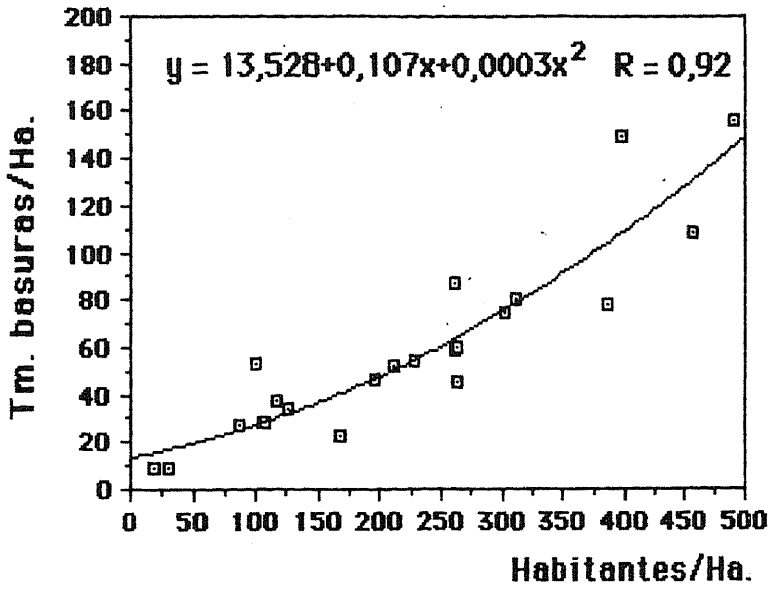


GRAFICO 1

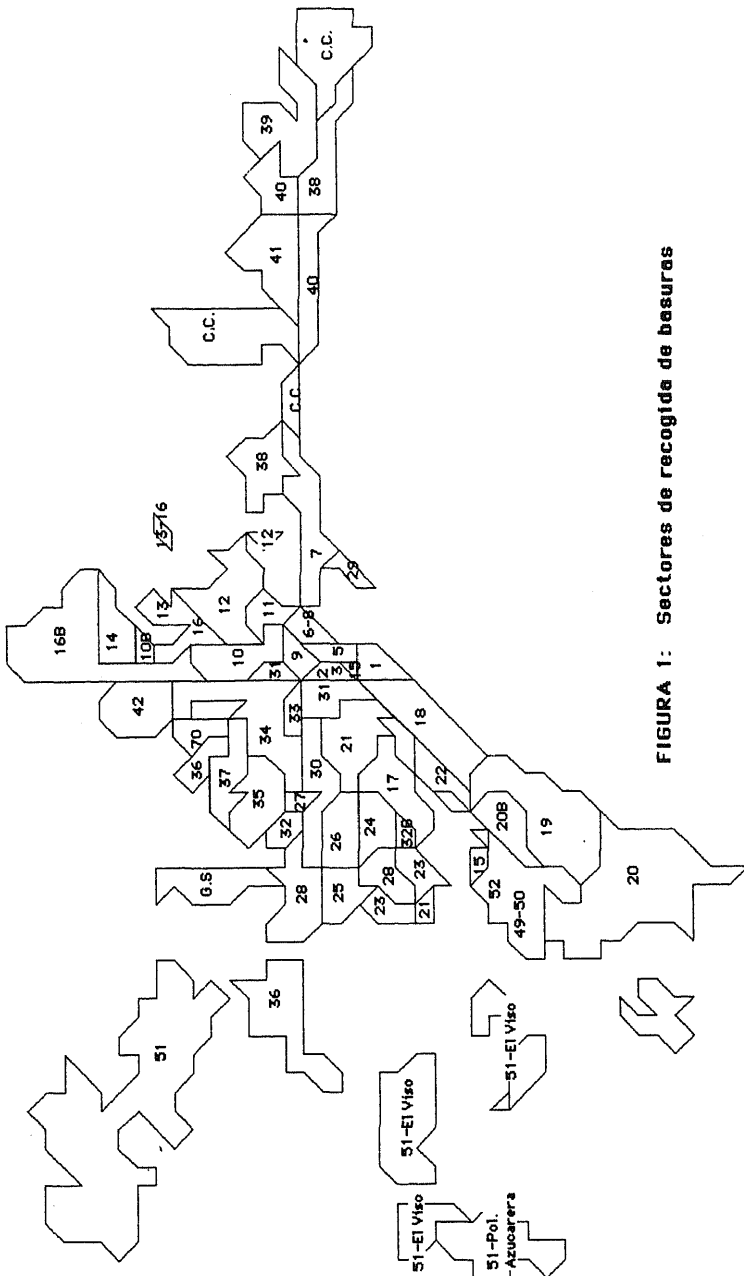


FIGURA 1: Sectores de recogida de basuras

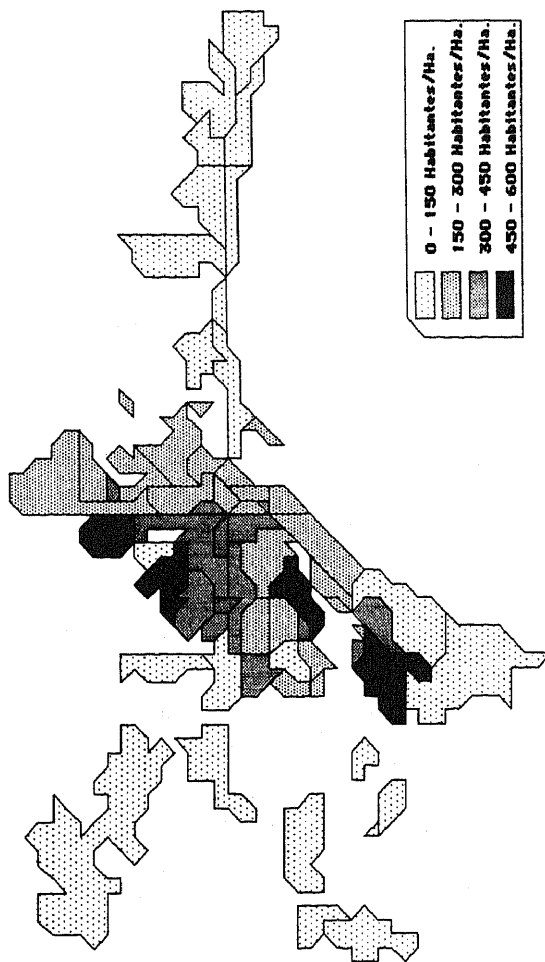


FIGURA 2: Densidad de habitantes en los sectores de recogida

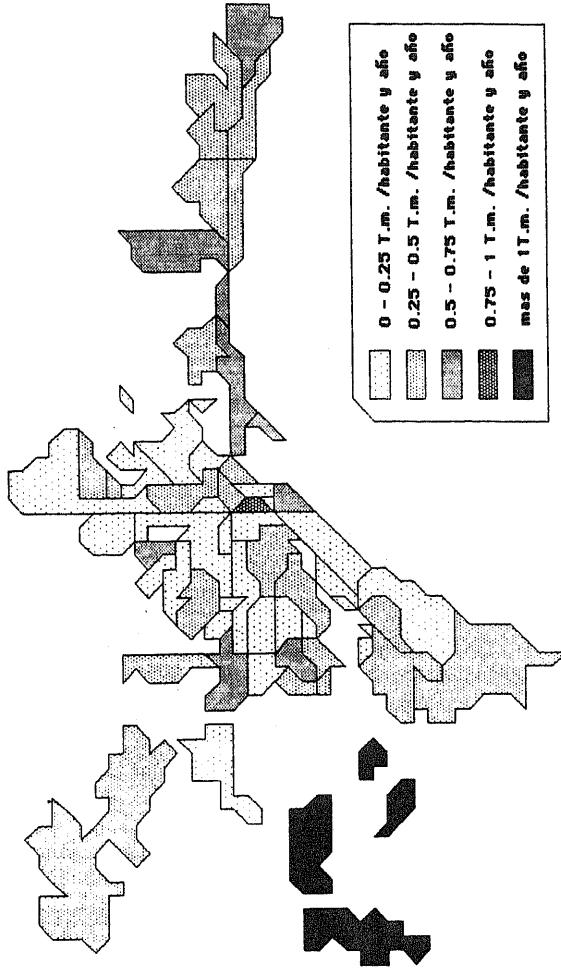


FIGURA 3: Producción de basuras/habitante y año