

UNAM
1978.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFÍA

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA EN EL
SUBURBIO INDUSTRIAL DE CATAÑO,
PUERTO RICO.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A :

José Seguinot Barbosa

MEXICO, D. F.

1978.

TGg 0416



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A MIS PADRES QUE ME ENSEÑARON
LAS PRIMERAS FORMAS DE CONVI-
VENCIA CON LA NATURALEZA.

CONTENIDO

Introducción

Capítulo I	- La Contaminación Atmosférica	1
	A - Efectos de la Contaminación Atmosférica	2
	B - Sustancias Contaminantes	4
	1. Bióxido de Azufre	5
	2. Bióxido de Carbono	5
	3. Monóxido de Carbono	6
	4. Oxido de Nitrógeno	6
	5. Fluor	7
	6. Silicatos y Oxidos de hierro	7
	7. Aerosoles	8
	8. Partículas sólidas	8
Capítulo II	- Características Geográficas del Suburbio Industrial de Cataño, Puerto Rico	10
	A - Aspectos Naturales	10
	B - Aspectos Socio - Económicos	14
Capítulo III	- Clima Urbano, Microclima y Contaminación en el Suburbio Industrial de Cataño, Puerto Rico	20
	A - Microclima Urbano	20
	B - Microclimatología de Cataño, Puerto Rico	30
	a. Precipitación	30
	b. Temperatura	32
	c. Vientos	33
	d. Evaporación	34
	e. Humedad	34
	f. Nubosidad	34
	g. Calidad del aire	34

Capítulo IV - Contaminación Atmosférica en el Suburbio Industrial de Cataño, Puerto Rico	37
A - Contaminación Industrial	37
1. Contaminación Atmosférica originada por la Industria en Cataño, Puerto Rico	39
a. Principales Industrias Contaminantes	41
1. Placco Company of Puerto Rico Inc.	41
2. Puerto Rico Glass Corporation	42
3. Puerto Rican Cement Company	43
4. Caribbean Refining Company	47
5. Planta Termoeléctrica de San Juan	48
6. Planta Termoeléctrica de Palo Seco	49
b. Sustancias Contaminantes generadas por la actividad Industrial en Cataño.	50
1. Dióxido de Azufre	50
2. Dióxido de Nitrógeno	51
3. Oxidantes Fotoquímicos	52
B - Contaminación por Automóviles en el Suburbio de Cataño	53
a. Contaminación por Automóviles	53
1. Contaminación por Automóviles en Cataño	56
b. Contaminantes derivados del desplazamiento de Automóviles en Cataño	61
1. Monóxido de Carbono	61
2. Hidrocarburos	62

C - Contaminación Atmosférica por Actividad Humana en el Suburbio de Cataño	63
a. Contaminación por Actividad Humana	63
1. Contaminación Atmosférica por Actividad Humana en Cataño	68
D - Efectos de la Contaminación Atmosférica en Cataño	71
Recomendaciones	73
Conclusiones	75
Bibliografía	79

INTRODUCCION.

El hombre, desde sus orígenes, ha estado en lucha constante contra el medio ambiente. Inicialmente éste estuvo sujeto a las fuerzas naturales que regían a la Tierra quedando a merced de fenómenos físicos y biológicos que en ocasiones ni siquiera podía explicar.

Indudablemente la naturaleza condicionó la vida de aquel ser petrificado ante el poder del cielo y de la Tierra. Este poder no solo influyó sobre la formación fisiológica sino que trascendió el nivel filosófico y cultural.

A través del tiempo, el hombre fue superando sus debilidades frente a la naturaleza. De forma irreversible éste se ha sobrepuesto al poder cosmológico trascendiendo los límites de la geósfera y de la atmósfera en busca de unos conocimientos que parecen no tener límites.

Desde momentos anteriores al neolítico la capacidad de imposición sobre el ambiente ha sido la forma más aceptada para describir la relación hombre naturaleza. Precisamente la razón que lo distingue como especie, geográficamente hablando, es la capacidad de modificar la naturaleza ajustándola a sus condiciones y necesidades.

Esta transformación de las relaciones entre el hombre y su ambiente es diametralmente opuesta a la que tuvo lugar durante períodos antropológicos pasados (paleolítico inferior y superior). Ayer la naturaleza determinaba el destino del hombre, mientras que hoy el hombre determina el destino de la naturaleza.

Si el hombre es quien se superpone a las relaciones naturales, a éste le corresponde la responsabilidad de utilizar y conservar los elementos que la naturaleza le ofrece. Esta es la única forma en que puede ase-

segurar su existencia, no destruyendo la fuente que contiene la energía necesaria para la existencia de la vida.

El conocimiento científico ha sido la técnica por excelencia que hemos utilizado para sobreponernos a la naturaleza. Por medio del análisis del estudio y de la cuantificación, el Homo sapiens ha superado los estrechos márgenes que anteriormente lo limitaban.

Básicamente, todas las ciencias explican de una forma u otra la naturaleza. Las ciencias naturales se limitan a explicar la naturaleza por sí misma y las ciencias sociales concentran su actuación mayormente en el aspecto humano, aunque no pueden obviar el aspecto natural.

La Geografía como ciencia de enlace unifica las ciencias naturales y las ciencias sociales bajo un mismo fin que consiste en explicar las relaciones mutuas entre el hombre y su ambiente.

Esta investigación comparte ese enfoque de hombre-naturaleza, explicando la relación existente entre éste y uno de los elementos naturales más importante, el aire.

Este trabajo intenta describir los efectos ecológicos de la contaminación atmosférica en el suburbio industrial de Cataño, Puerto Rico. Es un proyecto regionalista que no solo analiza los aspectos naturales del deterioro ecológico sino que, siguiendo la metodología cualitativa de la Geografía, describe y explica los factores y efectos sociales que origina una disminución en la calidad del aire.

El tema reviste gran importancia para aquellas regiones que han alcanzado un desarrollo económico desmedido sin planificarlo. Además el proyecto representa una exposición que sirve de modelo de los problemas ecológicos que se presentan en las sociedades capitalistas tecnológicamente avanzados.

Probablemente, este modelo pueda ser comparado con otros de estructuras económicas diferentes, de tal forma que sea posible apreciar las técnicas y la metodología en que se resuelven los problemas ambientales de acuerdo a la estructura económico política.

La metodología usada en esta tesis está basada en los objetivos fundamentales de la Geografía. En ella se puede encontrar el modo de estudio descriptivo, analítico, empírico.

La tesis en general consta de cinco capítulos. El primero de ellos se intitula "La contaminación atmosférica". Aquí se realiza una exposición general de los conceptos fundamentales referentes a la contaminación atmosférica.

El segundo capítulo, "Características geográficas del suburbio industrial, de Cataño, Puerto Rico", es una exposición de los aspectos naturales y sociales que comprenden la región de estudio. En los aspectos naturales se analiza la localización, topografía, geología, suelos, hidrografía, clima, vegetación, fauna y ecosistemas naturales. En los aspectos socioeconómicos se analizan las actividades económicas, desarrollo urbano, población, infraestructura y recursos humanos.

En el tercer capítulo, se estudian las condiciones microclimáticas del suburbio de Cataño. Este comienza con una exposición general sobre microclimatología urbana en la que se aplica cada uno de los siguientes parámetros al área de estudio; precipitación, temperatura, vientos, evaporación, humedad, nubosidad y calidad del aire.

El cuarto capítulo es el más importante, pues en él se explica el objetivo fundamental de este trabajo que es evaluar el nivel de contaminación atmosférica en Cataño, Puerto Rico. El capítulo se divide en tres par-

tes, que describen la contaminación atmosférica originada por la industria, por los automóviles y por la actividad humana. Cada una de estas partes consta de una exposición general del subtema y una aplicación del mismo a la región de estudio de acuerdo a las sustancias contaminantes y sus efectos sobre la salud humana.

Las conclusiones sintetizan en forma general las ideas fundamentales que han sido desarrolladas en el contexto.

Muchas de las tablas y gráficas han sido tomadas directamente de libros, otras han sido creadas y procesadas por el autor de acuerdo a los datos ofrecidos por diferentes instituciones.

La bibliografía resume los libros más importantes respecto al tema, tanto en la lengua hispana como inglesa. Son libros conocidos por el autor que han sido utilizados en trabajos, conferencias y seminarios que el mismo ha llevado a cabo.

En resumen, esta tesis es el resultado del esfuerzo realizado por el autor, su directora de tesis y otros compañeros por llevar a cabo una aportación positiva a nuestra sociedad y por contribuir al conocimiento de las técnicas de interpretación y análisis geográfico.

La Contaminación Atmosférica

Posiblemente, la contaminación atmosférica esté en relación directa al desarrollo económico de una región. De aquí que se plantee la necesidad urgente de mantener un alto nivel en la calidad del aire, ya que éste juega una función vital en el desarrollo biológico que se lleva a cabo sobre la superficie terrestre.

Para valorar adecuadamente la importancia que reviste el estudio de la contaminación ambiental basta recordar que "diariamente nuestros pulmones filtran unos 15 kg. de aire atmosférico, mientras que sólo absorbemos 2.5 kg. de agua y menos de 1.5 kg. de alimentos".¹

Hay contaminación en el aire cuando se presenta una variación importante en la proporción de sus constituyentes o por presencia de alguna sustancia susceptible de provocar efectos perjudiciales o de crear molestias a los seres vivientes.

Los efectos de la contaminación atmosférica producida de modo natural por una erupción volcánica, por el incendio de un fuego o por una tolvanera no pueden compararse con aquellos originados por el advenimiento de la era industrial, caracterizada por sus efectos nocivos hacia la salud y la vida humana.

Las circunstancias atmosféricas influyen de manera determinante en la distribución de la contaminación atmosférica.

Sin duda alguna, la difusión de impurezas está

¹La Contaminación, (Barcelona, España 1973, Editorial Salvat; página 31.

determinada por los cambios de vientos, de temperatura y de precipitación existentes.

De los diferentes parámetros meteorológicos es el viento el más importante. El viento puede dispersar los agentes contaminantes emitidos en una zona determinada, e incluso transportarlos lejos de su punto de emisión; su dirección y velocidad están en función de los cambios de temperatura.

La precipitación por su parte, puede dispersar los contaminantes conduciéndoles principalmente a fuentes hidrológicas y finalmente, al océano. La misma está determinada por condiciones locales de los vientos, y orográficas o de relieve.

Hay otros factores meteorológicos que influyen asimismo en la contaminación atmosférica. La radiación solar, por ejemplo, interviene en la formación del "smog". La humedad influye en la transformación del trióxido de azufre en ácido.

El conocimiento de todos estos factores a nivel microclimatológico, es indispensable para el estudio de los niveles de contaminación de los núcleos urbanos e industriales.

A. Efectos de la Contaminación Atmosférica

Los efectos que ocasiona la contaminación atmosférica son difíciles de cuantificar, aunque no difíciles de apreciar. Estudios realizados sobre una amplia base de población señalan que el aire afecta del 3 al 5% de la misma y que un 35% de las enfermedades y ausencias al trabajo, en algunas regiones críticas, son debidas a enfermedades respiratorias.²

Entre las enfermedades de que acusa a la

²Ibid; página 43

contaminación del aire se incluyen las lesiones broncopulmonares: bronquitis, asma, enfisema y cáncer del pulmón.

El asma consiste en ataque de tos con ahogos ocasionados por inhalar alguna sustancia a la que el paciente es alérgico. Es producido por sustancias naturales como el polen, pero también puede ser producido al inhalar sustancias tales como bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y particulados.

La bronquitis crónica afecta a los bronquios, que son los grandes tubos que llevan el aire a los pulmones haciéndolos segregarse moco hasta taparse. Entre las sustancias que originan bronquitis se incluyen los mencionados bióxido de nitrógeno, monóxido de carbono y particulados. Además se incluyen el bióxido de azufre y algunos contaminantes metales como el berilio que ocasiona Fibrosis Pulmonar.

Cuando una persona padece de enfisema las bolsas de aire llamadas alveolos, por las que los pulmones pasan el oxígeno a la sangre, se vuelven rígidos y se inflaman segregando pus y moco. Esta enfermedad es originada, básicamente, por las mismas sustancias que dan lugar a la bronquitis y el asma. El enfisema es causante de más de 12,000 muertes anuales en Estados Unidos.

Muchos médicos consideran que existe una relación directa entre el cáncer y la contaminación atmosférica. Investigaciones recientes han llegado a establecer que existen sustancias activas cancerígenas en varios hidrocarburos (benzopireno y metilcolantreno) emitidos por los gases de escape de los vehículos de motor.

La contaminación puede afectar las funciones vitales de las plantas tales como nutrición, crecimiento y reproducción.

El bióxido de azufre afecta los pinos y otras

coníferas, causando estragos en algunos bosques. El fluor afecta al mecanismo hormonal de crecimiento de las coníferas, impidiendo la regeneración natural de los bosques.

Una mínima concentración de ozono puede destruir una cosecha o perjudicar cualquier cultivo.

Los animales domésticos y silvestres también pueden verse afectados por la contaminación. La acción nociva de ciertos contaminantes ha sido puesta de manifiesto en los bovinos, caballos, ovejas, gusanos de seda, abejas y en el perro que es una de las especies más afectada, pues muestra a menudo trastornos respiratorios producidos por la contaminación.

En otras ocasiones los animales son afectados al ingerir vegetales que contienen productos contaminados.

La contaminación no sólo se limita al hombre, a las plantas y a los animales, sino que también afecta al patrimonio histórico de una nación. Muchos monumentos expuestos a la interperie son atacados por humos y ácidos, siendo especialmente grave la "Sulfatación de las Calizas".³

Los compuestos de azufre, por ejemplo, dañan a las rocas, metales y otros materiales porque cuando el azufre se oxida, reacciona químicamente con la humedad y con los elementos de las rocas para formar ácidos que hacen que éstas se desgasten.

Los vapores de azufre también corroen el hierro, acero, el cobre, el cuero y las telas.

B. Substancias Contaminantes

Existe más de un centenar de sustancias contaminantes en la atmósfera. Entre las más importantes

³Desgaste de la roca por efecto erosionante de los ácidos que producen los contaminantes.

se pueden mencionar:

1. Dióxido de Azufre

Es uno de los contaminantes más habituales y representativos del aire de nuestras ciudades. Procede de la combustión de carbonos e aceites minerales utilizados en la producción de energía, en la industria y en la calefacción doméstica, y puede llegar a contener azufre en un 5%.

Al ser quemados dichos combustibles, el azufre es liberado a la atmósfera en forma de dióxido de azufre o gas sulfuroso, SO_2 .

El principal peligro que representa el dióxido de azufre son las reacciones químicas que bajo ciertas condiciones (humedad, ambiente) transforman el dióxido en trióxido de azufre, SO_3 , dando lugar al nacimiento de aerosoles de ácido sulfúrico, $SO_4 H_2$. Estos aerosoles son sumamente peligrosos ya que se acumulan en los tejidos del hombre, los animales y las plantas, disminuyen la visibilidad, originando el fenómeno conocido como "Smog" y son altamente corrosivos.

2 Dióxido de Carbono

Proviene de la combustión de compuestos orgánicos generados por la industria, las plantas generadoras de electricidad o por las combustiones domésticas.

Es el causante del deterioro de los edificios hechos de roca caliza y de mármol. Forma con el óxido de calcio carbonatos solubles en agua.

El porcentaje en la atmósfera del dióxido de carbono ha aumentado en 15%, debido a la intensidad del tráfico aéreo y la potencia de los reactores nucleares. Dicho aumento podría ser el culpable de un recalentamiento de la atmósfera terrestre.

3. Monóxido de Carbono

El monóxido de carbono es un gas asfixiante que por lo general está acompañado de otras sustancias contaminantes como hidrocarburos y óxidos de nitrógeno.

Es nocivo a la salud humana. Cuando se combina con la hemoglobina de la sangre forma lo que se conoce médicamente como carbohemoglobina, lo que reduce el oxígeno disponible.

El monóxido de carbono es producido por las combustiones incompletas, en particular los de la siderurgia, las refinerías de petróleo y los vehículos de motor.

De acuerdo a estudios recientes los autos envían anualmente al aire aproximadamente 66 millones de toneladas de monóxido de Carbono, 12 millones de toneladas de hidrocarburos, 6 millones de óxido de nitrógeno, 150,000 toneladas de aldehídos, 500,000 de compuestos de azufre y otras muchas de ácidos y partículas.⁴

Las concentraciones del monóxido de carbono y de otras sustancias emitidas por los vehículos de motor varían considerablemente según las condiciones de utilización del vehículo.

4. Oxido de Nitrógeno

Se incluyen aquí el bióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de nitrógeno (NO) y los pentóxidos de nitrógeno (N_2O_5).

Los óxidos de nitrógeno son producidos por los motores de combustión interna, los aviones, los hornos, incineradores, el uso excesivo de fertilizantes, los

⁴Jame Marshall, El aire en que Vivimos, (Mexico D.F. 1972, Editorial Diana); página 57.

incendio de los bosques y las instalaciones industriales.

Además de los óxidos de nitrógeno existen otros compuestos derivados del nitrógeno, que actúan como agentes contaminantes. Ejemplo de ellos son los nitratos de peracilo, descritos por primera vez en la atmósfera de Los Angeles. Se forman mediante unas complejas reacciones fotoquímicas que conducen a los óxidos de nitrógeno y olefinas a concentraciones elevadas, bajo los efectos de una fuerte iluminación. Dichas sustancias son irritantes y causan daño a la vegetación.

5. Fleur

Contaminante mineral que por lo general se presenta en forma de ácido cerroso.

El principal derivado del fleur es el plomo, que proviene de los vehículos de motor, donde se añade a la gasolina para impedir detonaciones. En cada litro de gasolina puede haber hasta un gramo de derivados de plomo.

La fuente principal de la contaminación de plomo es una materia antidetonante del petróleo, pero también contribuyen las fundiciones de ese metal, la industria química, los plaguicidas y los automóviles. Se trata de un tóxico que afecta a las enzimas y altera el metabolismo celular, acumulándose en los sedimentos marinos y el agua potable.

6. Silicatos y Oxidos de hierro

Los silicatos están presentes en la atmósfera contaminada de los alrededores de las fábricas de cemento, desde donde se desprenden peligrosas lloviznas que corroen la pintura y carcomen el metal.

Los óxidos de hierro se originan mayormente en las zonas siderúrgicas. La industria de metales

extrae del suelo hierro y otros metales puros y sus aleaciones. Es en este proceso de aleación y refinamiento donde se escapan al aire una serie de contaminantes, entre los que incluyen los óxidos de hierro.

Los óxidos de hierro son oxidantes fuertes que destruyen los materiales, causando decoloración de los mismos.

7. Aerosoles

Se incluyen aquí a todo un grupo de sustancias que permanecen suspendidas en el aire en forma líquida o gaseosa.

Son originados mayormente de las actividades domésticas, del uso excesivo de plaguicidas y de las emisiones industriales.

En su mayor parte son ácidos o compuestos altamente corrosivos capaz de causar graves daños hombre a los animales y la vegetación, debido a que se acumulan en los tejidos internos de los mismos.

En los humanos obstruyen las vías respiratorias, quedando depositados en los pulmones y causando enfermedades crónicas, asma bronquial, enfisema y otras.

En los materiales causan suciedad y deterioro. Además disminuyen la visibilidad, dependiendo el tamaño de la partícula y de la cantidad de luz presente, y sirven como agente catalítico para el desarrollo de reacciones fotoquímicas.

8. Partículas Sólidas

El polvo al igual que todo tipo de partículas sólidas que se depositan en las grandes aglomeraciones urbanas, constituye un capítulo aparte.

Las principales fuentes de contaminación por partículas sólidas son las combustiones domésticas

e industriales, los fuegos, la quema a campo abierto de los desperdicios sólidos y en menor escala los automóviles.

El polvo que se precipita está compuesto principalmente por partículas superiores 10-12 micras.

Durante la respiración sólo la mayor parte de las partículas gruesas quedan retenidas en las fosas nasales, llegando las demás a los pulmones.

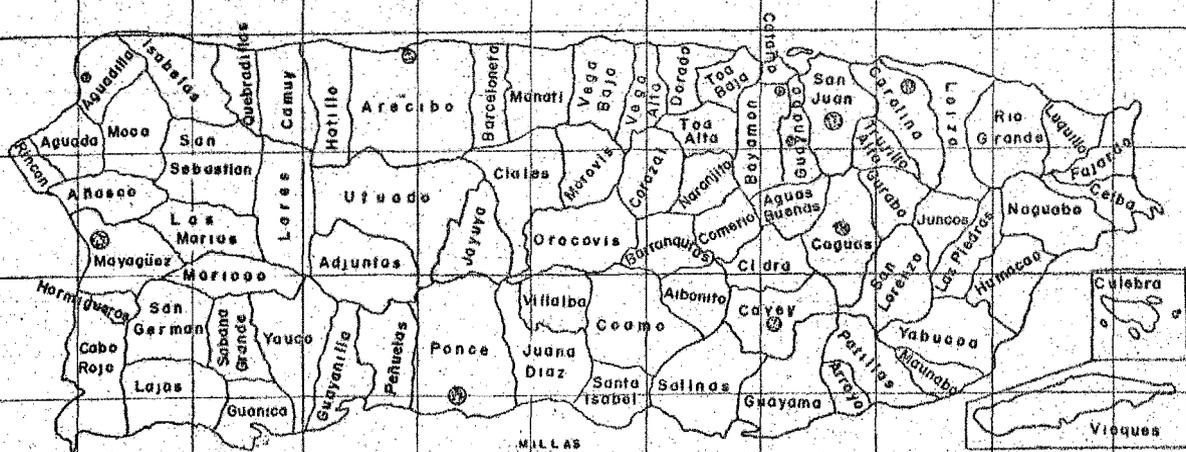
La importancia cuantitativa de este tipo de contaminación es muy grande. Basta señalar que se ha calculado que el promedio de partículas de polvo, depositadas cada año en 1 km² asciende a 276 toneladas en Londres y a 390 en Osaka (Japón).⁵

⁵La Contaminación, op. cit.,; página 39

I ICaracterísticas Geográficas del SuburbioIndustrial de Cataño, Puerto RicoI. Aspectos Naturales

Cataño es el municipio más pequeño de los setenta y ocho que comprende la isla de Puerto Rico. Está localizado al norte del país y al oeste de la ciudad capital, San Juan, a 18° N de latitud y 66° W de longitud (ver figura 1), al norte lo delimita el Océano Atlántico, al este la Bahía de San Juan, al sur los municipios de Bayamón y Guaynabo y al oeste el municipio de Toa Baja.

Municipios de Puerto Rico (Figure 1.)



☼ CIUDADES PRINCIPALES

Jose Seguinot Barboza

67°10' 67°00' 66°50' 66°40' 66°30' 66°20' 66°10' 65°50' 65°40'

18°-30'
18°-20'
18°-10'
18°-0'

MILLAS
0 5 10 15 20

Cataño está ubicado, topográficamente hablando, en la región fisiográfica del Llano Costero del Norte. Esta es una región verdaderamente llana, interrumpida solamente por algunos obstáculos rocosos y dunas de arena.

El Llano Costero Norte se caracteriza por la presencia de pantanos y ciénagas y por la deficiencia del drenaje. La región donde está localizado Cataño es un valle aluvial rodeado por una Zona Kárstica.

Geológicamente, Cataño corresponde a la formación de las calizas del terciario, posteriores a la etapa volcánica cretácea y a la revolución antillana. Finalmente, corresponde al desarrollo de los valles costeros del Plioceno debido a sumersiones y levantamientos de la corteza sobre el nivel del mar.

Los suelos de Cataño son zonales, determinados por el clima, correspondiente a las regiones húmedas y sudhúmedas del país. Incluye suelos de "aluvión", transportados, de profundidad considerable, de color pardo, de reacción ácida y generalmente fértiles, propios para el cultivo de la caña de azúcar; suelos de "turba", jóvenes, compuestos de materia orgánica, ricos en humus, pobres en minerales y de carácter salino; no son propios para el cultivo, pero bien drenados, pueden tener alguna utilidad económica y suelos de "arena", compuestos de areniscas y con muy poca utilidad económica.

Los suelos de Cataño han sufrido gravemente el efecto de la erosión; tanto fluvial, aerolar como antrópica. Algunos, por su naturaleza son poco productivos, han sufrido las consecuencias de un lavado constante, debido a la gran cantidad de precipitación y además han sufrido las consecuencias de una sustitución y compactación,

por la actividad humana, producto de la alta densidad poblacional de la región.

Como parte de los cuerpos de agua interiores comprende varios ríos, que se intersecan por medio de una captura. Estos son: Río Guaynabo, Río Hondo y Río Bayamón. Estos ríos nacen en la Cordillera Central, cruzando las colinas y lomas húmedas del norte para atravesar el Llano Costero. Muchas zonas del llano son tan bajas que el drenaje es muy deficiente dando lugar a la formación de pantanos y ciénagas.

Entre los cuerpos exteriores de agua, caben mencionar la bahía de San Juan que bordea el municipio en la parte oriental y el océano Atlántico que delimita al suburbio en la parte norte.

El clima de Cataño se puede clasificar como tropical marítimo, determinado por las corrientes predominantes de los vientos alisios y por la influencia de las brisas de mar a tierra.

El promedio de precipitación anual oscila en los (1,200 mm) y el promedio de temperatura en 25.5°C.

Como microclima urbano, Cataño ha sufrido modificaciones atmosféricas producto del creciente desarrollo industrial que abarca la región.

La vegetación desarrollada en Cataño es mayormente vegetación introducida y adaptada por el hombre. Como zona urbana predomina la vegetación herbácea y de pastizales.

La vegetación original, debió haber estado caracterizada por la flora del bosque de la costa húmeda. Entre las especies de esta provincia ecológica se incluyen corozo (*Acrocomia Media*), mago (*Hernandia Sonora*), algarrobo (*Hymanea Courbaril*), ausubo (*Manilara Bidentata*), roble blanco (*Tabebuia Heterophylla*) y otros.

Debido a la influencia antrópica, a los cambios climáticos y edáficos la vegetación natural ha evolucionado y ha sido sustituida.

Con la destrucción de la flora desaparece la fauna silvestre. No existe fauna silvestre en Cataño a excepción de algunas aves migratorias que se albergan en las zonas de mangles alrededor del suburbio, y de algunos reptiles y anfibios en las zonas de pantanos y en los terrenos baldíos, no utilizados económicamente.

La fauna marina era de las más ricas del país aunque ha disminuido en proporción igual al aumento poblacional y la contaminación ambiental. La pesca, que en ocasiones representó la base económica de muchas familias, hoy solo representa un método de "liberación de energía urbana" y deportes.

El desarrollo de los ecosistemas está condicionado a la calidad del medio ambiente. En Cataño podemos mencionar algunos sistemas marinos y de ríos, dunas de arena y otros paisajes naturales.

Los mangles están localizados en la parte oriental del municipio. Estos comprenden una extensión aproximada de dos kilómetros cuadrados. Representan una fuente importante en la procreación de peces y en el albergue de la vida silvestre, principalmente de aves y reptiles.

El río Bayamón desarrolla una zona de ciénega y pantano en la parte baja de su pendiente, dejando depósitos aluviales en el litoral costero próximo a Cataño. Estos pantanos a pesar de que en ocasiones representan peligros a la salud humana, debido a la intensa procreación de insectos y mosquitos, durante la época de lluvia, son lugares de pesca y recreación.

Las dunas de arenas han sido totalmente exterminadas del paisaje costero de Cataño. La extracción de arena para utilizarse en la

industria de la construcción e ingeniería ha eliminado los montículos que una vez existieron durante toda la costa norte de Puerto Rico. En la actualidad sólo quedan dunas de arena en la región oeste de Puerto Rico; en el municipio de Isabela.

Al momento actual, sólo los ecosistemas marinos se conservan, aunque alterados, con mayor interés. Todos los demás paisajes naturales han sufrido las consecuencias de un desarrollo urbano desorganizado, desorbitado e inaceptable.

B. Aspectos Socio-Económicos

La estructura socio-económica de una región es la fuerza que interrelaciona hombre y medio. Es la mecánica que integra y determina el uso, funcionalidad y composición de un paisaje.

Cataño no está desvinculado de esta ley geográfica, un medio no es otra cosa que el resultado de unas variables naturales y sociales que interactúan mutuamente.

El intenso desarrollo de la ciudad capital de San Juan ha abarcado sus área circundantes, de esta forma Cataño ha recibido el impacto del mayor desarrollo industrial de Puerto Rico.

En el año 1973 se hizo un estudio en la población de Cataño en base a 161 fuentes de empleo y el mismo, reveló que estaban empleados 3,482 obreros; se excluyeron empleados del gobierno y personas con negocio propio. De dicho estudio, se desprende que la industria manufacturera es la mayor fuente de empleo en el pueblo de Cataño (25%). Dentro de la manufactura, la elaboración de productos alimenticios es la primera fuente de empleo y la segunda es la industria de la construcción,¹ la restante población se desempeña en servicios

¹County Business Patterns, 1973--Puerto Rico, American Samoa, Guam and Virgin Island (U.S. Department of Commerce - Bureau of the Census, 1975) Tabla 2, página 33.

comerciales y de reparación, en servicios de transporte y en la administración pública. En la industria minera y en los servicios de ferrocarril y expreso hay una cantidad mínima de fuerza empleada.²

A pesar de que estas actividades han aumentado no representan, aún una fuente indispensable en la economía local. El comercio es la actividad menos significativa de ambas. La mayor parte de la población se nutre del servicio comercial que ofrecen otras ciudades vecinas; como Bayamón, Guaynabo, y San Juan. El transporte es una actividad más dinámica debido a la gran influencia de los desplazamientos cortos que ejecuta la población, ésta no sólo se lleva a cabo por vía terrestre, sino, también por vía acuática.

En el municipio de Cataño, escasa población está empleada en el transporte acuático, en otros servicios de transporte hay cientos de personas empleadas.

En el sector de comercio al por mayor y comercio al por menor, el número de personas empleadas es reducido en relación a otras actividades económicas, tales como la industria y el transporte.³

La actividad agrícola ha sido totalmente rezagada, y la producción ha disminuido casi un 99%. No se cultiva nada a excepción de algunos acres de caña de azúcar. La tabla 1 demuestra la producción de azúcar en los años 1968-1974.

TABLA 1 - AZUCAR PRODUCIDA POR MUNICIPIO Y REGION AGRICOLA
1968/69 - 1973/74
Valor crudo - Tons.

<u>Región y Municipio</u>	<u>1968/69</u>	<u>1969/70</u>	<u>1970/71</u>	<u>1971/72</u>	<u>1972/73</u>	<u>1973/74</u>
TOTAL ISLA ^{1/}	483,497 ^{2/}	459,877	323,373	297,412	254,087	290,689
REGION DE SAN JUAN	14,513	19,142	13,608	17,158	13,698	23,171

²General Social and Economic Characteristics-Puerto Rico (A United State Department of Commerce Publication 1970) Census of Population, p. 478.

³General Social and Economic Characteristic, op. cit; página 478.

Región y Municipio	1968/69	1969/70	1970/71	1971/72	1972/73	1973/74
Barranquitas	20	--	--	--	--	--
Bayamón	82	53	--	--	--	--
Carolina	1,063	1,394	928	1,135	709	1,722
Cataño	43	47	--	--	--	--
Ceiba	330	1,043	1,254	968		1,082

Fuente: Anuario de Estadísticas Agrícolas de Puerto Rico, 1973 -74
* página 48.

La ganadería sufre las mismas consecuencias que la agricultura, en el lugar.

Actividades económicas como la caza y la pesca, que durante un tiempo significaron buena fuente de ingreso a la economía local, en la actualidad sólo se practican como deportes y recreación.

El turismo es una de las actividades, que con mayor planificación, tendría posibilidades de desarrollarse. Hasta el momento no se ha explotado económicamente como fuente de ingreso, aunque existen algunos planes turísticos; como el de Isla de Cabras, islotes localizados al norte de Cataño, y el sistema de lanchas de la Bahía de San Juan.

El municipio ha intensificado su desarrollo urbano durante las últimas dos décadas, debido a las frecuentes migraciones estatales hacia la región metropolitana de San Juan donde existe la mayor concentración económica y administrativa del país.

De acuerdo a los criterios estipulados por James Johnson⁴ y Claude Bataillon,⁵ podemos denominar a Cataño como una zona suburbana

⁴Jame H. Johnson, Geografía Urbana, (Barcelona-España, Ed. Oikos-Tau, 1974); página 177.

⁵Claude Bataillon, Las Zonas Suburbanas de la Ciudad de México, (México D.F., Instituto de Geografía, Unam, página 11.

del área metropolitana de San Juan. Entendiéndose por suburbano o suburbio una zona o área homogénea que crece alrededor de una ciudad.

Como zona suburbana, Cataño comprende un sistema económico y de transporte integrado a la ciudad capital. Cataño no es sólo una ciudad dormitorio o residencial dependiente en su mayor parte de San Juan, sino que también comprende todo un complejo industrial, por lo cual se puede categorizar no sólo como suburbio urbano, sino también como suburbio industrial.

A diferencia de otros suburbios a su alrededor como Guaynabo y Bayamón, Cataño está comprendido por un área continua de una clase social media y baja. Esta población que está dedicada principalmente a las actividades no agrícolas, está compuesta por obreros no diestros y empleados públicos o estatales.

Esta población se desplaza constantemente hacia la región metropolitana de San Juan a través de una serie de movimientos pendulares. La dinámica de estas migraciones internas está complementada por un sistema integrado de transporte y comunicación que entrelaza a la ciudad de San Juan con la región de estudio. La comunicación entre ciertas regiones no sólo se realiza por tierra, sino también por agua por medio de un sistema de pequeños barcos denominados popularmente "Lancha de Cataño."

Al momento actual Cataño representa la zona de transición entre la región metropolitana urbana de San Juan y la región rural del resto del país. Es común encontrar aquí la llamada aureola ruralbana. Es decir, la región de contacto entre el área urbana y el área rural.

Cataño posee una población aproximada de 26,459 habitantes en un área de 12.9 kilómetros cuadrados con una densidad poblacional de

2,070 habitantes por kilómetros cuadrado. La densidad promedio para toda la isla de Puerto Rico es 310 habitantes por kilómetros cuadrado por lo tanto la concentración de Cataño excede por mucho el promedio de la isla.

El promedio de natalidad es de 31.10, uno de los más altos para todo Puerto Rico. El más alto de todo Puerto Rico lo posee el municipio de Orocovis, con 36.73 y el más bajo el municipio de Hormigueros con 18.10.

El promedio de mortalidad es de 6.43, relativamente alto si consideramos que el municipio de mayor promedio de mortalidad es el de Laree con 8.31 y el de más bajo el de Carolina con 3.10.

El crecimiento natural de la población en Cataño es de 2.47, considerablemente alto, mientras que el porcentaje de crecimiento de la población anual entre 1960-1970 fue sólo 0.5, considerablemente bajo en relación al más alto que fue de 10.2 y el más bajo 0.0 en el municipio de Maunabo.

El índice de alfabetismo alcanza unos niveles muy altos, aproximadamente el 82% de la población sabe leer y escribir y un 20% de la población domina el inglés como segundo idioma.⁶

Dentro de las características económicas de la población de Cataño, encontramos un 6.7% de la población desempleada dentro del grupo del trabajador civil.

El porcentaje con ingresos por debajo del nivel de la pobreza en las familias es de 69.5%. Podemos señalar que una cantidad considerable recibe ingresos míseros.

⁶General Social and Economic Characteristics, op cit.; página 350.

Los problemas sociales que más afectan al suburbio son el desempleo, alcoholismo, adicción a drogas, corrupción y el deterioro ambiental.

La infraestructura urbana, construcciones, edificios, carreteras, parques, monumentos, etc., corresponde a una de tipo industrial. Se conservan algunos edificios cuyas características corresponden a la época colonial española, pero la mayor parte son edificios modernos que se rigen por las normas de construcción norteamericanas.

Hay varias zonas pobres en los alrededores de la ciudad que no se rigen por otras leyes que no sean las de la necesidad.

Las carreteras periféricas son de las mejores del país, pero las calles del interior están sumamente deterioradas. Los parques y monumentos no son abundantes y están en muy mal estado. Existen varias zonas de recreación como el, ya mencionado, "Islote de Cabras".

En lo que respecta a los recursos, los naturales son reducidos. Sólo son utilizables los recursos hidrológicos, en la producción de energía, y en una mínima parte los edáficos.

El más importante recurso y el menos utilizado, el recurso humano, podría representar una buena fuente para sostener la producción, pero las estructuras no son las óptimas y, por consiguiente, este gran sector de la población se mantiene marginado de los procesos de desarrollo.

CLIMA URBANO, MICROCLIMA Y CONTAMINACION

EN EL SUBURBIO INDUSTRIAL DE

CATAÑO, PUERTO RICO

A. Microclima Urbano

Con el advenimiento de la era industrial, algunas ciudades han alcanzado un grado de desarrollo exorbitante.

Sin duda alguna, este desarrollo ha afectado la calidad biológica del ambiente y el equilibrio ecológico existente. Las variaciones creadas por el crecimiento urbano no sólo afectan al hombre, sino que afectan la vida animal y vegetal.

Tal vez, la más importante de estas modificaciones es la que se refiere a las variaciones climáticas. La substitución del suelo natural por cemento, la eliminación de la vegetación, la construcción de edificios de considerable altitud y la emisión al aire de miles de sustancias y compuestos nocivos son sólo algunas de las alteraciones biológicas que afectan radicalmente a los climas urbanos.

Debido a su limitación territorial, todo clima urbano se clasifica como microclima. Un microclima es un estado medio de la atmósfera que comprende una extensión aproximada de 10 km cuadrados.¹ Puede clasificarse como microclima cualquier clima urbano o de bosque, de una región pequeña con uniformidad geográfica.

Todo microclima comprende un conjunto de características particulares. En los microclimas urbanos, por ejemplo; son propios el

¹John H. Seinfeld, Air Pollution, (U.S.A., 1975, McGraw Hill Inc.), página 220.

desarrollo de varios fenómenos muy interesantes, tales como; la "Isla Urbana de Calor", las Inversiones Térmicas, las turbulencias, el neblumo o "smog" y otros muchos que son exclusivos de áreas urbanas, industriales y comerciales.

La Isla Urbana de Calor² consiste en un aumento de la temperatura urbana debido a la substitución del suelo natural por cemento, a la producción de calor que generan las actividades domésticas y a la diferencia en temperatura entre la ciudad y la zona rural a su alrededor.

El concreto o cemento absorbe y libera más lentamente el calor que la tierra o suelo natural. Esto ocasiona que durante la noche las temperaturas en cualquier ciudad sean más altas debido a la liberación lenta, por parte del cemento, de toda la radiación que absorbió durante el día.

Además, la temperatura puede aumentar como resultado de la generación de calor adicional debido a los procesos de combustión y energía.

La combustión en la Isla de Manhattan por ejemplo, durante el invierno libera 250 por ciento más calor que las 0.114 calorías por centímetro cuadrado que reciben de sol. La producción anual de calor por combustión en la ciudad de Nueva York es de 7.8×10^{17} calorías, el 77% de esta cantidad se debe a fuentes de calentamientos en habitaciones, oficinas, comercios, etc., mientras que al 23% restante contribuyen la industria, los vehículos de motor y los barcos.³

²Ernesto Jáuregui O., Mesomicroclima de la Ciudad de México, (México D.F., 1971, Instituto de Geografía, UNAM), página 8.

³Ibid; página 9.

Las diferencias en temperatura entre la zona rural y urbana contribuyen igualmente a la formación de isla urbana de calor. Durante la noche el aire en la ciudad está más caliente que el aire en las zonas rurales a su alrededor, estableciéndose diferencias entre la atmósfera urbana y rural.

Una Isla de Calor se desarrolla en condiciones pobres de ventilación y con masas de aire estables, su distribución depende de la velocidad del viento y decrece a medida que nos retiramos del centro de la ciudad hacia la periferia.

Probablemente uno de los efectos que genera la Isla de Calor es el ascenso de masas convectivas de aire.

Las inversiones térmicas se originan como resultado del enfriamiento de una masa de aire, que retiene en su interior todo los contaminantes emitidos en una ciudad, debido a la falta de convección. Una inversión térmica puede ocasionar el envenenamiento paulatino de una población, como ocurrió en Londres en 1952, o la obstaculización de los procesos biológicos de la vida animal.

El neblumo o "smog" incluye una mezcla de gases, humos, desechos químicos, orgánicos y partículas presentes en los climas urbanos. El "smog" reduce la visibilidad, esta reducción depende de la cantidad y naturaleza de las partículas suspendidas en la atmósfera y también del volumen del aire en que este material se encuentra mezclado.

La visibilidad disminuye debido al aumento de moléculas de gas y aerosoles, quienes impiden el paso de luz entre un objeto y el observador y empeoran los contrastes entre el objeto y el fondo. La obstrucción de la visibilidad, por unidad de peso de material suspendido, es directamente proporcional al coeficiente de dispersión y a la concentración de partículas en la atmósfera.

Aunque la mayor reducción de la visibilidad es ocasionada por los aerosoles, el bióxido de nitrógeno (NO_2) también la disminuye; la humedad tiene influencia sobre la visibilidad, pues las partículas higroscópicas al absorber agua, aumenta de tamaño y al hacerlo disminuyen la visibilidad, la disminución de ésta ocasiona efectos económicos negativos en el transporte y en la propiedad pública.

El "smog", por lo general, presenta un ciclo de desarrollo diario, semanal y estacional. Por lo general, la mayor cantidad se expide en la mañana y en las tardes, de acuerdo al movimiento del tránsito.

Las mayores concentraciones ocurren en las noches y madrugadas debido a las inversiones térmicas. Hay mayor concentración en los días laborables debido al despido de partículas y gases fétidos por parte de las industrias y automóviles. Durante el invierno hay mayor concentración de "smog" como resultado del movimiento lento de los vientos.

El neblumo, además de afectar la visibilidad afecta también a la radiación y la insolación. Todos los fenómenos biológicos que se desarrollan en la tierra dependen del equilibrio de calor que el sol emite.

La radiación solar incluye absorción y reflexión, entrada de calor a la tierra, que se desarrolla en forma de ciclo y que comprende la cantidad de luz absorbida nuevamente por el sol, la cantidad de luz absorbida por la tierra, la pérdida de energía a través de la evaporación y convección a la atmósfera, la cantidad de radiación absorbida por la atmósfera y la re-radiación reflejada por la tierra a la atmósfera.

De 100 por ciento de unidades de calor que proviene del sol 47% son absorbidas por la tierra y 34% reflejadas nuevamente al espacio.⁴ (Ver tabla 1)

Tabla 1
BALANCE ENERGETICO DE LA TIERRA Y LA ATMOSFERA

50%	Interceptada por nubes (25% regresa al espacio, 23% a la tierra, 2% absorbida por las nubes)
17%	Absorbida por los gases y el polvo de la atmósfera
12%	Dispersada por el aire (7% regresa al espacio, 5% regresa a la tierra)
19%	Absorbida por la tierra
2%	Reflejada por la tierra regresa al espacio
<hr/>	
100%	

Fuente: John H. Seinfeld, Air Pollution Meteorology; page 109,
Traducción del Autor.

Cualquier grado de contaminación atmosférica hace que la cantidad de luz que llega a las ciudades sea menor. El polvo atmosférico absorbe y refleja gran parte de la radiación emitida a la tierra, cuando el ángulo de Sol es bajo, las partículas atenúan más la radiación porque el trayecto de ésta depende del ángulo de elevación del Sol. De esta forma, suponemos que la radiación solar disminuye para los países de latitud alta y durante el invierno. Las radiaciones más

⁴ John H. Seinfeld, op. Cit.; página 288.

afectadas son las ultravioletas y las menos interrumpidas son las infrarrojas. La radiación solar total recibida es inversamente proporcional a la concentración de humo y partículas suspendidas. (Ver tabla 2) La disminución de la intensidad de radiación tiene efectos negativos sobre el proceso de fotosíntesis, el deterioro de los materiales naturales y artificiales y el goce del bienestar público.

Tabla 2

RELACION APROXIMADA ENTRE LAS CONCENTRACIONES ATMOSFERICAS DE AEROSOL Y LOS NIVELES DE RADIACION SOLAR RELATIVOS

Concentración de Aerosol $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Radiación Solar Total	% del valor para $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ultravioleta
50	105	104
100	100	100
200	95	92
400	90	77

Fuente: R.D. Ross, La Industria y la Contaminación del Aire, página 82.

Una de las sustancias que más ha afectado la radiación es el dióxido de Carbono (CO_2), este compuesto afecta la radiación, la ascendencia vertical del viento, la temperatura, la presión, la humedad y la evaporación. Un aumento de CO_2 podría ocasionar un aumento en temperatura, ya que absorbe las radiaciones ultravioleta, e infrarrojas reflejándolas nuevamente a la atmósfera y obstaculizando su llegada a la tierra.

De acuerdo a Seinfeld, el CO₂ ha ido aumentando progresivamente. En 1960 su concentración ambiental era cerca de 306 ppm por volumen, en 1970 aumentó a 313 * ppm por volumen en el 2,000 se esperan 379 ppm por volumen.⁵

De acuerdo a Manabe y Wetherald, mientras mayor es la concentración de CO₂, más alta es la temperatura de equilibrio en la tropósfera y cuanto mayor es la concentración de CO₂, menor es la temperatura de equilibrio en la estratósfera.⁶

Hasta hace poco existía un estado de equilibrio entre el desprendimiento de CO₂ y su consumo por las plantas en la fotosíntesis. Este equilibrio se ha alterado debido a un aumento de CO₂ emitido a la atmósfera por quemar cada vez más combustibles fósiles.

Las fuentes del Bióxido de Carbono atmosférico son: la oxidación de materiales orgánicos que llevan a cabo las plantas y animales, la putrefacción de la materia orgánica y la quema de combustibles fósiles. El 50% va a los océanos, la biósfera y otras reservas.

Uno de los elementos climáticos que más alteraciones sufre como resultado de la estructura urbana son los vientos. Estos, al chocar contra los edificios y estructuras son desviados originando una turbulencia. La característica de fluidez del aire, la regularidad o irregularidad de los componentes de la velocidad del viento es lo que se conoce como turbulencia. Cualquier turbulencia envuelve energía y

⁵Ibid: página 135.

⁶Manabe, S. y Wetherald, R.T.J. Atmos. Scien., 24 (1967); página 246.

*partículas por millón

movimiento. Las fluctuaciones de velocidad de una turbulencia resultan debido a las diferencias, en temperatura, presión y al transporte molecular.

Una turbulencia atmosférica es la responsable de la transportación del calor, del vapor de agua y de los contaminantes. Además es la responsable de la mezcla de distintos gases y productos que originan compuestos y fluidos nuevos.

La difusión y el transporte de los contaminantes depende de los movimientos verticales y horizontales del viento, cualquier materia puede ser llevada, depositada o transportada por el viento. A pesar de que el viento es el principal factor en el transporte de los contaminantes, también pueden interferir otros elementos, como la precipitación y la temperatura.

La capa más importante en la difusión atmosférica es la tropósfera. En ella se originan y llevan a cabo las modificaciones creadas por el choque del viento con los edificios y las montañas. Aquí se originan las nubes de polvo como resultado de los impactos de los granos que se mueven por saltación, que es la fuerza que coloca al polvo dentro de la corriente de aire. Una vez elevado del suelo, el polvo sube cada vez más a la atmósfera, impulsado por las corrientes convectivas turbulentas.

La dispersión atmosférica depende de los movimientos de circulación general de la atmósfera; además depende de las estructuras superficiales que sirven de obstáculo al movimiento de los vientos.

El grado de variabilidad del aire, que afecta a la dispersión atmosférica, depende de la velocidad de los vientos, de las condiciones del tiempo y posiblemente de la hora del día.

Los contaminantes de una fuente de emisión son transportados, por lo general, en dirección prevaeciente del viento. A su vez, los contaminantes se pueden desplazar vertical u horizontalmente de acuerdo al grado de variabilidad de los vientos prevaecientes.

La figura 1 muestra la distribución de los contaminantes respecto al centro de una fuente de emisión. Las concentraciones de contaminantes son grandes en el centro y disminuyen exponencialmente a medida que nos alejamos de él. La variabilidad de los vientos determina la concentración de contaminantes en cualquier punto de la fuente y la estabilidad termal.

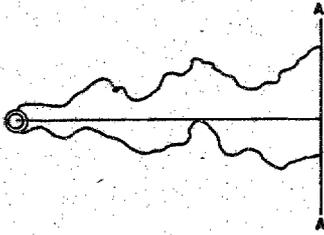
La figura 2, señala la dispersión atmosférica en condiciones de alta y baja variabilidad. En condiciones de pobre ventilación se pueden producir altas concentraciones de contaminantes sobre la superficie terrestre. Los movimientos convectivos y horizontales dependen de la estabilidad, de la estratificación y de los gradientes termales de atmósfera.

El desarrollo exorbitado de cualquier ciudad no sólo afecta al viento, sino que afecta todo el ciclo hidrológico que se lleva a cabo en la región. La humedad disminuye como resultado del rápido escurrimiento del agua, de la absorción del vapor de agua por parte de los núcleos higroscópicos presentes y de la ausencia de vegetación que retenga humedad. La evaporación, por lo general, disminuye debido al rápido escurrimiento del agua ocasionando un aumento en la temperatura.

La alta precipitación en una ciudad es ocasionada por las corrientes convectivas del aire, productos del calor urbano generado de las turbulencias creadas por las estructuras y de la presencia de gran cantidad de núcleos de condensación que absorven la humedad y

aceleran la precipitación. El escurrimiento fluvial disminuye siendo substituido por escurrimiento de alcantarillado, que acelera la velocidad de conducción al mar del agua precipitada, reduciendo de esta forma la infiltración.

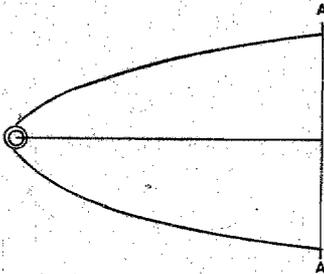
Figura 1



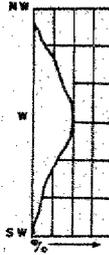
a. fotografia instantanea tomada sobre una "pluma" de humo



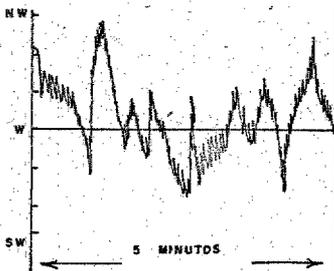
Perfil instantaneo del % de contaminacion en la Seccion A - A



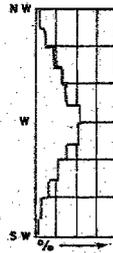
b. 5 min de exposicion sobre una "pluma" de humo.



Perfil de 5 min de % de contaminacion en Seccion A - A



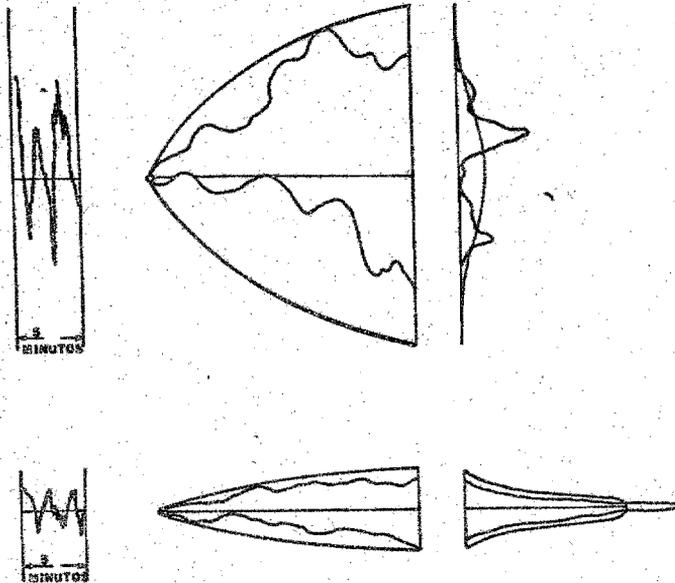
c. record de direccion del viento



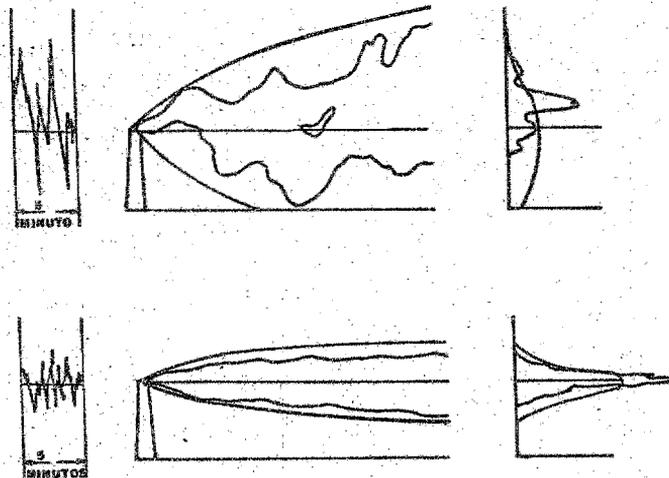
% de frecuencia de direccion del viento en 5 min basado en lecturas cada 300 segundos

Fuente: Air Pollution Meteorology and Transport of Pollutants Colon Jose A, U.S. Weather Bureau, Technical Memorandum no. 14, Junio 1966.

Figura 2



a. Dispersion horizontal y perfil de concentración bajo altas y bajas fluctuaciones del Viento.



B. Disposiciones verticales y perfil de concentración bajo altas y bajas fluctuaciones verticales del viento.

Fuente: Air Pollution Meteorology and Transport of Pollutants Colón Jose A, U.S. Weather Bureau, Technical Memorandum no. 14, Junio 1966.

B. Microclimatología de Cataño

Cataño posee un clima tropical marítimo, característico de las islas tropicales.

Los vientos predominantes del noreste, modificados por los efectos locales de las brisas de mar a tierra y por la topografía constituyen los principales factores en el control de la precipitación y la temperatura.

a. Precipitación

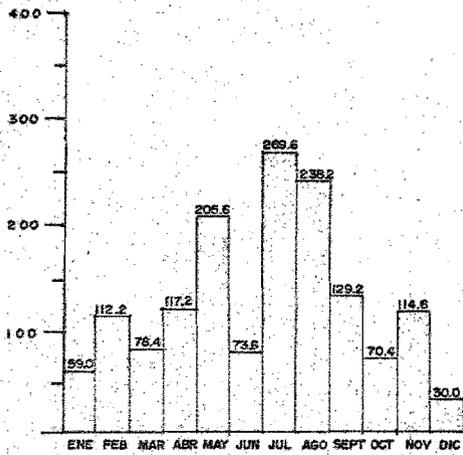
De acuerdo a los datos ofrecidos por la estación pluviométrica, localizada en la Puerto Rican Cement Corporation, la precipitación promedio de Cataño, entre los años 1940-1975 fue de 1600 milímetros anuales.

Los mecanismos que producen esta precipitación son los vientos alisios, los frentes fríos y las tormentas tropicales. Las formas en que se desarrolla es la lluvia y ocasionalmente el granizo. Los tipos de precipitación que predominan son los aguaceros convectivos y de frentes o frontales.

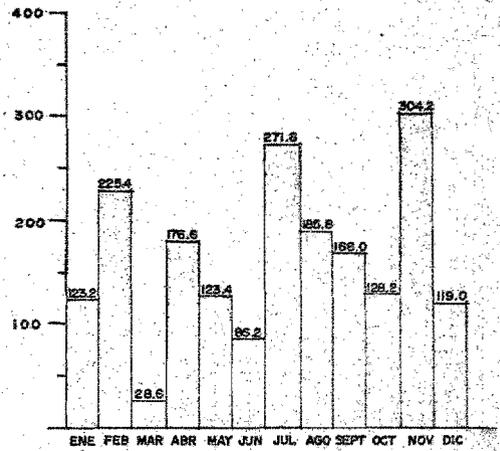
La figura 3, muestra la distribución de la precipitación cada cinco años a partir del 1945. De acuerdo a estos datos, la precipitación en Cataño se desarrolla bajo un modelo bidomal o de Canícula, que contempla dos períodos de máxima precipitación separados por un período de sequía.

Por lo general, una máxima en los meses de abril y mayo, un período seco en los meses de junio y julio y otra máxima en los meses de agosto y septiembre. La precipitación máxima se alcanza en los meses de verano, en ocasiones en los meses de otoño, mientras que la mínima se presenta en el invierno.

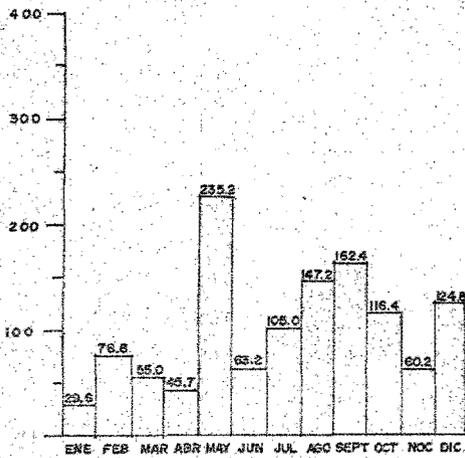
FIGURA 3. Precipitación en el municipio de Cataño entre los años de 1945 a 1975



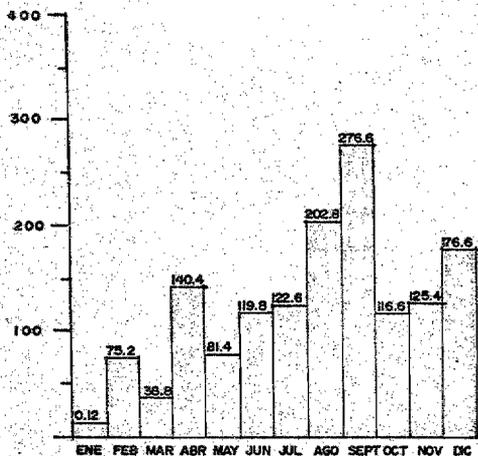
CATAÑO - 1945



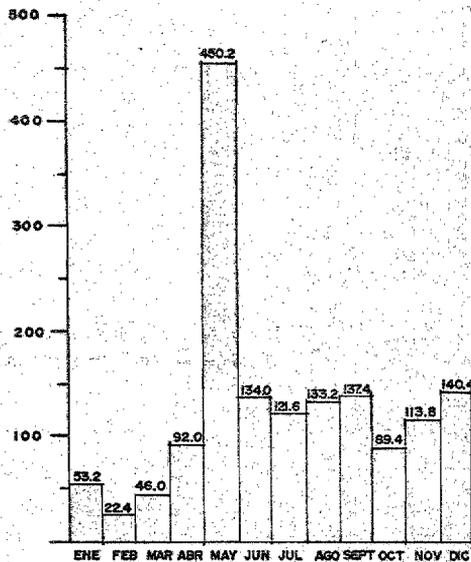
CATAÑO - 1950



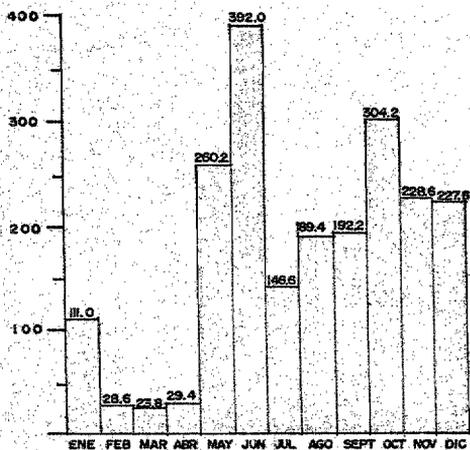
CATAÑO - 1955



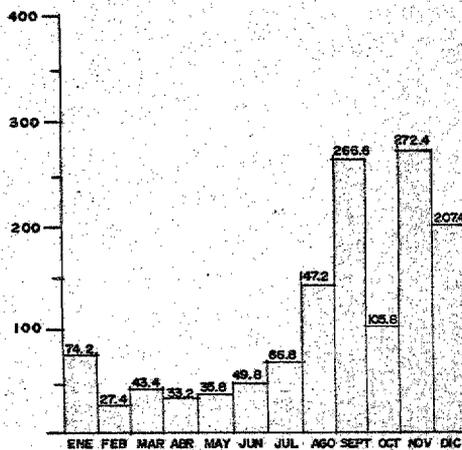
CATAÑO - 1960



CATAÑO - 1965



CATAÑO - 1970



CATAÑO - 1975

En la tabla 3, se resumen las épocas de lluvia y sequía para los años comprendidos entre 1945 y 1975. Según se desprende de estos datos la época de sequía para Cataño casi siempre es el invierno, aunque en ocasiones se presenta en la primavera.

La época de lluvia es el verano, en ocasiones se observa en el otoño.

El patrón de precipitación y periodos secos es muy irregular, por lo cual es difícil determinar la época exacta de máxima y mínima precipitación.

En el año 1970 se presentó la máxima precipitación con (2,124 mm) mientras que en 1955 se observa la mínima con (1290 mm).

TABLA 3

EPOCAS DE LLUVIA Y SEQUIA EN CATAÑO
1945 - 1970

1945

<u>Invierno</u>	<u>Primavera</u>	<u>Verano</u>	<u>Otoño</u>
35.2	78.4	73.6	129.2
59.0	117.2	269.8	70.4
<u>112.2</u>	<u>205.6</u>	<u>238.2</u>	<u>114.6</u>
206.4	401.2	581.6	314.2 = 1503.4

1950

119.0	28.6	86.2	168.0
123.2	176.6	271.8	128.2
<u>225.4</u>	<u>123.4</u>	<u>185.6</u>	<u>304.2</u>
467.6	328.6	543.6	600.4 = 1939.8

1955

124.8	55.0	63.2	162.4
29.6	45.7	105.0	116.4
<u>76.8</u>	<u>235.2</u>	<u>147.2</u>	<u>60.2</u>
231.2	335.9	315.4	339.0 = 1221.5

1960

176.6	38.8	119.8	276.6
12.0	140.4	122.6	116.6
<u>75.2</u>	<u>81.4</u>	<u>202.6</u>	<u>125.4</u>
263.8	260.6	445.2	518.6 = 1488.2

1965

<u>Invierno</u>	<u>Primavera</u>	<u>Verano</u>	<u>Otoño</u>
140.4	46.0	134.0	137.4
53.2	92.0	121.6	39.4
<u>22.4</u>	<u>450.2</u>	<u>133.2</u>	<u>113.8</u>
216.0	588.2	388.8	340.6=1533.4

1970

227.6	23.8	392.0	192.2
111.0	29.4	146.6	304.2
<u>28.6</u>	<u>260.2</u>	<u>189.4</u>	<u>228.6</u>
367.2	313.4	727.8	725.0=2133.4

1975

207.4	43.4	147.2	266.6
74.2	33.2	49.8	105.8
<u>27.4</u>	<u>35.8</u>	<u>66.8</u>	<u>207.4</u>
309.0	112.4	263.8	579.8=1265.0

Total = 11084.7
milímetros

Fuente: Datos ofrecidos por ESSA, Weather Bureau, San Juan,
Puerto Rico y procesados por el autor.

b. Temperatura

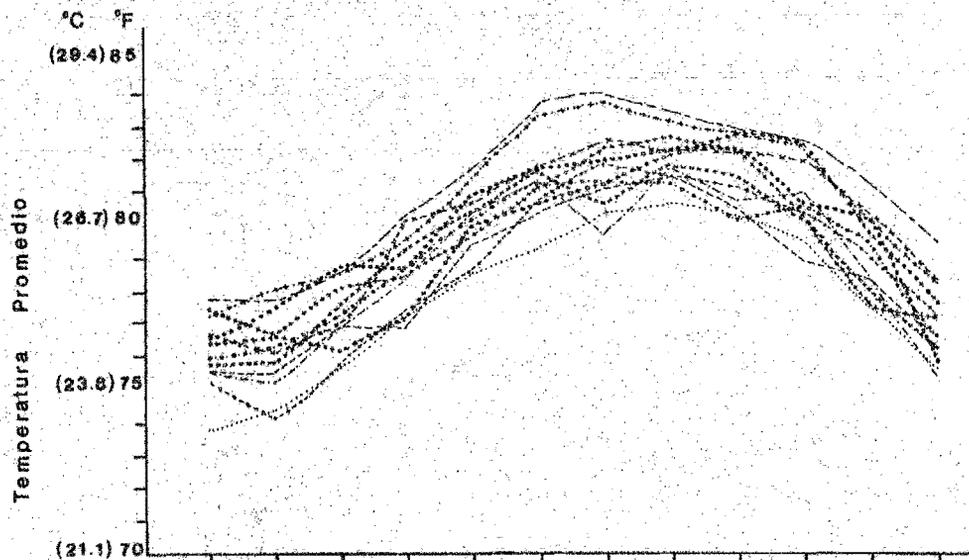
No existen datos específicos de temperatura para Cataño tal y como existen de precipitación, pero debido a su proximidad geográfica utilizaremos los datos de San Juan.

La temperatura promedio anual es de 26.2°C . La oscilación térmica diaria y anual es de las más bajas que se registran en todo el país.

En la ciudad de San Juan las temperaturas más altas se registran en los meses de julio y agosto y las más bajas en los meses de febrero y marzo.

La figura 4, que se elaboró tomando como base los datos ofrecidos por la estación Central Meteorológica del Aeropuerto Internacional de Isla Verde presenta la variación de la temperatura anual a partir de 1952 hasta 1974. De la observación de esta figura podemos concluir que la temperatura ha aumentado en 1.70 centígrados durante el lapso de 1952-1974.

Figura 4
 Variaciones de temperatura entre 1952-1974 en San Juan, Puerto Rico



1952	1960	1968
1954	1962	1970
1956	1964	1972
1958	1966	1974

Fuente: ESSA Weather Bureau, San Juan, Puerto Rico

c. Vientos

Cataño está regido por el patrón de los vientos alisios y por las brisas de mar a tierra.

Junto con San Juan es uno de los lugares donde se ha registrado mayor velocidad del viento, 28.8 $\frac{\text{Km}}{\text{Hr}}$.

Los vientos soplan en dirección del océano y usualmente, luego de la puesta del sol, sopla del sureste, de tierra a mar.

En la tabla 5, se muestra la dirección prevaleciente del viento en San Juan, la cual es básicamente la misma dirección que en Cataño. El movimiento noreste del viento se origina como resultado de la influencia de los vientos alisios y la dirección sureste como consecuencia de las brisas de tierra a mar.

La tabla 6, presenta el porcentaje anual de la dirección del viento. En su mayoría proviene de la dirección E.N.E. y E.S.E. con periodos de calma que corresponde a un 13.5 por ciento.

La distribución vertical de la velocidad del viento, para las distintas épocas del año en San Juan está representado en las tablas.

La velocidad del viento aumenta a medida que se asciende y las mayores velocidades se presentan en los meses de invierno.

(Ver tabla 7)

TABLA 5

DIRECCION PREVALECIENTE DEL VIENTO EN SAN JUAN-PUERTO RICO

Porcentaje, frecuencia y distribución de los vientos de superficie en San Juan, Puerto Rico

<u>febrero</u>		<u>agosto</u>		<u>anual</u>	
<u>%</u>	<u>Vel.</u>	<u>%</u>	<u>Vel.</u>	<u>%</u>	<u>Vel.</u>
<u>Frec.</u>	<u>Prom. (Km/Hr)</u>	<u>Frec.</u>	<u>Prom. (Km/Hr)</u>	<u>Frec.</u>	<u>Prom. (Km/Hr)</u>
2	20.8	1	17.6	1	17.6
2	20.8	1	17.6	2	19.2
9	20.8	4	19.2	5	24.0
24	22.4	28	22.4	23	22.4
11	19.2	12	19.4	11	19.2
13	14.4	16	14.4	14	16.0
10	11.2	11	11.2	11	11.2
8	11.2	9	11.2	10	11.2
6	8.0	6	9.6	7	9.6
2	8.0	2	11.2	2	9.6
1	8.0	1	11.2	2	9.6
1	8.0	1	12.8	1	9.6
1		1		1	
1	16.0	1		1	16.0
1	17.6	1		1	17.6
9		7		9	

Fuente: Datos ofrecidos por el ESSA, Weather Bureau San Juan, Puerto Rico.

TABLA 6

PORCENTAJE DE LA DIRECCION Y VELOCIDAD ANUAL
DEL VIENTO EN SAN JUAN-PUERTO RICO

		0-3	4-7	8-12	13-18	19-24	25-31	32-38	39-46	Sobre 47	Total	Prom. Km Vel. Hr
N	#	0.2	0.5	0.1	#	0	0	0	0	0	0.9	14.72
NNE	#	0.3	0.9	0.5	0.1	#	0	0	0	0	1.7	17.92
NE	0.1	0.6	2.9	2.7	0.2	0	#	0	0	#	6.4	19.36
ENE	0.1	1.7	11.2	14.9	0.6	#	0	#	0	0	28.5	20.32
E	0.2	2.6	4.9	2.0	#	#	0	0	0	0	9.7	15.52
ESE	0.4	7.2	4.7	1.0	#	#	0	0	0	0	13.4	12.32
SE	0.8	6.8	1.7	0.6	#	#	0	0	0	0	9.8	10.56
SSE	0.7	3.6	1.2	0.6	#	0	0	0	0	0	6.0	11.02
S	0.7	2.8	0.5	0.2	#	0	0	0	0	0	4.2	9.44
SSO	0.2	1.3	0.3	#	0	0	0	0	0	0	1.8	9.06
SO	0.2	1.1	0.3	#	#	0	0	0	0	0	1.5	9.06
OSO	0.1	0.5	0.2	#	#	0	0	0	0	0	0.8	10.24
O	#	0.2	0.1	#	#	0	0	0	0	0	0.3	11.84
ONO	#	0.1	0.1	0.1	#	#	0	0	0	0	0.3	15.68
NO	#	0.1	0.2	0.1	#	0	0	0	0	0	0.5	16.00
NNO	#	0.2	0.4	0.1	#	0	0	0	0	0	0.7	15.84
calma	13.5%										13.5	
Total		17.0	29.1	29.9	22.9	1.1	#	#	#	#	100.0	13.44

Fuente: Datos ofrecidos por ESSA, Weather Bureau, San Juan
Puerto Rico.

TABLA 7

FRECUENCIA Y VELOCIDAD DEL VIENTO
SAN JUAN-PUERTO RICO

Altura	%	Invierno		Primavera		Verano		Otoño	
		Vel. Km Hr	%	Vel. Km Hr	%	Vel. Km Hr	%	Vel. Km Hr	%
1525									
N	3	19.2	1	20.8				14.4	
NNE	6	16.0	3	16.0	+	6.4	2	16.0	
NE	8	24.0	2	16.0	1	20.8	3	25.6	
ENE	15	27.2	3	27.2	5	33.6	6	24.0	
E	37	33.6	20	28.8	32	35.2	27	28.8	
ESE	17	32.0	25	27.2	37	35.2	25	27.2	
SE	6	24.0	20	25.6	20	22.0	14	25.6	
SSE	3	27.2	13	24.0	3	33.6	7	20.8	
S	2	19.2	4	22.4	1	22.4	4	16.0	
SSO	+	11.2	3	16.0	+	11.2	3	14.4	
SO	1	14.4	1	12.8	+	20.0	3	14.4	
OSO			2	12.8			1	16.0	
O	+	35.2	1	12.8			+	19.2	
ONO	+	9.6	1	9.6			1	22.4	
NO	1	22.4	1	20.8	+	54.4	1	11.2	
NNO	1	22.4	1	20.8	+	54.4	1	11.2	
Calma									+

3,050 mts.

N	6	22.4	3	19.2			2	16.0	
NNE	7	22.4	4	12.8	1	16.0	2	19.2	
NE	10	25.6	7	19.2	5	27.2	4	19.2	
ENE	18	27.2	9	22.4	10	22.2	11	22.4	
E	23	32.0	19	24.0	28	32.2	24	27.2	
ESE	7	33.6	12	20.8	29	33.6	18	24.0	
SE	6	20.8	9	20.8	14	32.0	10	20.8	
SSE	3	20.8	6	14.4	8	24.0	5	14.4	
S	3	16.0	7	20.8	3	19.2	4	19.2	
SSO	1	9.6	4	14.4	+	19.2	5	14.4	
SO	3	17.6	5	20.8	1	20.8	5	16.0	
OSO	2	22.4	4	20.8	+	3.2	2	24.0	
O	2	22.4	4	16.0			4	19.2	
ONO	2	22.4	3	22.4			+	14.4	
NO	3	19.2	2	11.2	+	11.2	1	14.4	
NNO	5	14.4	2	14.4			+	8.0	
Calma									

Fuente: Datos ofrecidos por ESSA, Weather Bureau, San Juan, Puerto Rico.

FRECUENCIA Y VELOCIDAD DEL VIENTO EN
SAN JUAN-PUERTO RICO

6,100 mts.	% Invierno		% Primavera		% Verano		% Otoño	
		Vel. Km/Hr		Vel. Km/Hr		Vel. Km/Hr		Vel. Km/Hr
N	8	32.0	4	28.0	2	12.8	5	27.2
NNE	9	36.6	4	25.6	4	14.4	6	22.4
NE	7	33.6	3	24.0	5	22.4	6	25.6
ENE	7	40.0	3	20.8	19	22.4	11	24.0
E	7	35.2	4	25.6	23	24.0	16	25.6
ESE	3	28.8	1	20.8	16	24.0	10	25.6
SE	2	27.2	2	16.0	10	24.0	6	19.2
SSE	2	24.0	2	16.0	5	19.2	5	16.0
S	2	27.2	2	20.8	5	19.2	4	19.2
SSO	2	22.4	5	25.6	3	24.0	4	19.2
SO	5	25.6	7	25.6	3	25.6	6	22.4
OSO	5	22.0	14	32.0	1	28.8	4	20.8
O	9	36.8	21	32.0	1	12.8	6	24.0
ONO	12	32.0	10	32.0	+	20.8	4	22.4
NO	12	32.0	12	28.8	1	12.8	3	22.4
NNO	8	14.4	1	38.4	2	11.2	3	12.8
Calma								+

12,200mts.

N	3	67.2	2	60.8	5	44.8	9	49.6
NNE	1	64.2	+	40.0	4	20.8	9	67.2
NE	1	46.4	1	70.4	5	36.8	7	48.0
ENE	+	20.8	+	118.4	4	27.2	7	52.8
E			+	60.8	4	33.6	2	48.0
ESE					4	28.8	2	38.4
SE					5	28.8	2	25.6
SSE			+	24.0	1	35.2	4	25.6
S	+	24.0			6	27.2	2	41.6
SSO	1	27.2	+	48.0	7	35.2	2	32.0
SO	2	84.8	3	97.6	11	48.0	7	49.6
OSO	13	97.6	18	99.2	11	51.2	10	62.4
O	40	99.2	39	97.6	13	46.4	11	64.0
ONO	23	73.6	23	88.0	11	40.0	9	57.6
NO	11	72.0	10	80.0	7	38.4	10	44.8
NNO	5	60.8	2	73.6	4	48.0	8	51.2
Calma					+			

Fuente: Datos ofrecidos por ESSA, Weather-Bureau, San Juan
Puerto Rico

d. Evaporación

En San Juan el promedio de evaporación anual es 81.59 pulgadas.

En las costas de Puerto Rico la evaporación es mayor que la cantidad de precipitación anual.

e. Humedad

San Juan y Cataño son de las zonas más húmedas de Puerto Rico. La influencia marítima, la frecuencia de las precipitaciones y las temperaturas frescas influyen para el mantenimiento de una humedad relativa alta.

Estudios por períodos de cinco años, resumidos en el boletín número 60-52, U.S. Department of Commerce, 1971, demuestra que temperaturas de más de 84%-50% se presentan en un 1%, por consiguiente Cataño posee una humedad relativa de 80% o más.

f. Nubosidad

En Puerto Rico la mayor nubosidad observada se desarrolla en San Juan. Esta nubosidad se observa entre las 14 y 15 horas.

La variación estacional de la nubosidad presenta dos máximas, en mayo y junio, y nuevamente, en septiembre y octubre. La mínima se desarrolla en el mes de marzo.

La presencia de nubes es mayor durante el día debido a las masas convectivas de aire, y menor durante la noche debido a la disminución de la evaporación.

g. Calidad del Aire

Como consecuencia de las altas concentraciones de particulados y sustancias nocivas, el microclima de Cataño, al igual que el clima de toda la región Metropolitana de San Juan, ha sufrido modificaciones, que aunque difíciles de corroborar cuantitativa-

mente son fáciles de describir cualitativamente.

Dichas modificaciones son: aumentó en la precipitación, aumento de la temperatura, variación en el patrón de los vientos y alteración del ciclo hidrológico.

A partir de 1965, comienza a observarse un aumento en la precipitación que alcanza su máxima en 1970 con 2133.4 milímetros de lluvia. (Ver tabla 3)

Este aumento sólo es explicable en términos de la cantidad de partículas emitidas a la atmósfera, que son removida por un proceso natural de limpieza atmosférica que se lleva a cabo a través de la precipitación.

Los patrones de lluvia son sumamente inconsistentes lo que demuestra que la cantidad de precipitación está determinada por el material particulado emitido. Este sirve como núcleo higroscópico acelerando la condensación y finalmente la precipitación.

La temperatura, al igual que la precipitación, exhibe un patrón inconsistente, con tendencia a aumentar. La temperaturas promedio en San Juan y Cataño, comparadas con otros puntos de circunstancias geográficas similares, son mucho más altas.

La generación de calor, debido a las actividades domésticas, industriales, comerciales y de producción de energía ha constituido la base de la formación de una pequeña isla urbana de calor.

La temperatura comenzó a aumentar en forma considerable a partir de 1960. Es precisamente en este período cuando se comienza a manifestar la transformación económica hacia una sociedad urbana. El aumento, en valores absolutos, desde 1960 al 1974 es de aproximadamente 1.7° Centígrados. (Ver figura 4)

Las variaciones drásticas de las temperaturas diurnas y nocturnas han originado mayor diferencia entre las presiones atmosféricas originando turbulencias atmosféricas, tolvarenas y mayor dispersión de los contaminantes.

Los vientos desempeñan un papel importante en la dispersión atmosférica de los contaminantes de Cataño. Al igual que en San Juan, los vientos soplan en su mayor parte del noreste (27.3%) durante el día y del sureste (13.4%) durante la noche, como resultado de las brisas de mar a tierra y de tierra a mar.

Durante el período diurno los contaminantes emitidos son dispersados hacia el interior, en dirección: Bayamón, Guaynabo y Comerío.

En el período nocturno y en la madrugada, los contaminantes emitidos siguen dirección sureste, hacia el Océano Atlántico, paralelas a la dirección de las brisas de tierra a mar.

Los períodos de calma son frecuentes en las mañanas y en las noches. En las madrugadas se observan grandes acumulaciones de contaminantes que reducen la visibilidad y afectan la salud.

La frecuencia de los períodos de calmas corresponden al 13.5% el más alto para todo Puerto Rico. En los meses de invierno, este porcentaje aumenta a un 16.0% y disminuye en los meses de verano a un 10%.

El período de verano es el de mayor limpieza atmosférica, debido al desarrollo de altas precipitaciones y el de invierno, el de mayor impureza, debido al lento desplazamiento de los vientos y escasas precipitaciones.

Contaminación Atmosférica en el Suburbio
Industrial de Cataño, Puerto Rico

A. Contaminación Industrial

Un país o una región están sujetos a cambios radicales capaces de alterar profundamente las estructuras económicas y naturales correspondientes a la época. Tal vez, el más importante de esos cambios está dirigido a la transformación social de los métodos de producción, es decir, a una substitución de los mecanismos de trabajo vigentes por unos más modernos y prácticos.

La transformación de los métodos de producción implica cambios técnicos que, por lo general, siguen un proceso de evolución ordenado, presentando consigo nuevos cambios económicos, sociales, culturales y posiblemente ideológicos.

La industria, mecanismo de transformación de la materia prima, representa en este siglo la manera más avanzada de método de producción alguna. La industria conlleva en sí misma no sólo alteraciones económicas, sino también cambios ecológicos y humanos. El hombre trata de ajustarse a una nueva complejidad y a un nuevo modelo de vida, que ya no está dirigido a una producción de autoconsumo, sino a una producción internacionalizada.

La industria implica cambios tales como: desarrollo urbano, concentración poblacional, cambios culturales, políticos y estructurales y cambios ecológicos.

Es sumamente difícil cuantificar los cambios en aptitudes, en el comportamiento o la conducta que trae consigo un nuevo modo de vida industrial o un modo de vida urbano. Pero nuestras conciencias indican que el cambio es real y en la mayor parte de los casos somos víctimas de ellos.

"Tal parece que de los verdes prados, amplios valles y praderas, nos dirigimos hacia las anchas calles congestionadas de automóviles; de la soledad, del silencio absoluto, nos dirigimos hacia las ruidosas vecindades de vida agitada; del limpio aire y cielo azulado, nos dirigimos al cielo opaco de nimbus artificiales, de aire fétido y maloliente. De esta forma vamos adaptándonos a un nuevo sistema de vida. Los que nazcan dentro de él no encontrarán diferencia alguna, pues esa será su naturaleza."

La sociedad industrial crea un medio ambiente en el cual los hombres son víctimas de agresiones por parte del medio, como resultado de sus técnicas y formas de organización.¹ La sociedad industrial permite la expansión de los suburbios, la eliminación de modos de pequeños cultivos, la internacionalización del mercado y la degradación de la alimentación, a través de fungicidas, abonos y fertilizantes, debido a la necesidad de una mayor producción.

En la sociedad industrial se pierde el contacto con la naturaleza, se acrecienta la lucha contra el espacio y contra los métodos de acceso y movilización en el espacio, transporte y comunicación, y se adapta a un nuevo objeto de servicios, el automóvil. Sin embargo, mientras más se carga a la ciudad de actividades, más se añora y se desea un lugar de desahogo, el campo, la ruralia, la naturaleza.

El trabajo industrial es la característica esencial de este tipo de sociedad. Dos de los principales problemas de éste son, las condiciones y el acceso al lugar del trabajo. Ambos pueden representar problemas de importancia en la sociedad industrial, pero nunca más importante que el deterioro de la vida humana y ecológica.

¹Pierre George, El Medio Ambiente, colección ¿Qué sé? Oikos-tan Barcelona, 1972, página 98.

Las sociedades industriales son víctimas de sus obras, no sólo en su medio ambiente inmediato, sino también en el conjunto de su espacio vital. El medio urbano que en siglos pasados venía representado por el cólera, el tifus, la tuberculosis y las enfermedades venéreas, hoy lo está por los desechos tóxicos, industriales y domésticos. La atmósfera urbana es un medio de elección para la proliferación y transmisión bacteriana y vírica. Abundan los estafilococos, estreptococos, enterobacterias, etc.²

En síntesis, la agresión industrial se manifiesta de diversas maneras, pero la principal de ellas es el deterioro y desvalorización de la vida, en general, a través de la degradación y contaminación del medio ambiente.

1. Contaminación Atmosférica originada por la Industria en Cataño

En menos de cuarenta años Puerto Rico ha dejado de ser una sociedad rural para pasar a una de tipo urbano. Estas alteraciones han traído como resultado un abandono de la actividad agrícola y un aumento considerable de la actividad industrial y comercial, cambios en la distribución poblacional de la isla,³ y la creación del monstruo metropolitano de San Juan que comprende los municipios de San Juan, Bayamón, Carolina, Cataño y Guaynabo.

Nuestro modelo de desarrollo ha sido importado de los modelos norteamericanos, correspondiendo a intereses externos y fuera de nuestros controles políticos. Pero, a pesar de los inconvenientes, el desarrollo industrial ha sido impuesto sobre nuestra economía y representa en la actualidad la base que sostiene el crecimiento económico de Puerto Rico

²Ibid, Página 100.

³José Vázquez Calzada, "Crecimiento de la Población en Puerto Rico", Universidad de Puerto Rico, Recinto de Ciencias Médicas, Escuela de Salud Pública.

Inicialmente se le dio importancia fundamental al desarrollo de la industria liviana,⁴ debido a que ésta utilizaba mucha mano de obra. Posteriormente se implementó el desarrollo de la industria pesada,⁵ la cual se ha sostenido como la más importante, porque, aunque no utiliza mucha mano de obra, es la que más ingreso genera al gobierno.

Indudablemente es la industria pesada la que más daño y efecto tiene sobre el ambiente. Originalmente ésta se localizó en áreas lejanas de las zonas urbanas (Yabucoa, Guayanilla), pero luego, para facilitar el acceso a los mercados y medios de transporte, se localizó en área y focos industriales como San Juan y Cataño.⁶

Cataño, San Juan, Bayamón y Guaynabo representan el núcleo geográfico que mayor cantidad de industrias posee en el área metropolitana. En Cataño, específicamente, se encuentran aglomeradas industrias de todo tipo, aunque se percibe mayor concentración de industrias pesadas. Cataño posee, además, una intensa actividad portuaria e industrial, mayor que la de cualquier otro punto en el país.

Si sumamos a esta actividad industrial y comercial la actividad humana, el transporte, la combustión doméstica, el desplazamiento de población o migraciones internas, la presión demográfica de la región, los niveles sociales de la población y otras variables, hemos de encontrar en Cataño una de las regiones más deterioradas en términos de la calidad ambiental requerida.

⁴Se refiere a la industria de pieles, textiles, ropa, tabaco, cuero, etc.

⁵Incluye los productos de piedra, cristal, metálicos, químicos, petróleo, y derivados.

⁶E. Willard Millar, A Geography of Industrial Location, (U.S.A. 1971, Brown Company Publisher), página 86.

a. Principales Industrias Contaminantes del Suburbio Industrial de Cataño:

1. PLACCO COMPANY OF PUERTO RICO INC.⁷

En la carretera estatal número 165, km 2.3 de Guaynabo, está situada la Placco Company of Puerto Rico Inc. Esta empresa elabora productos derivados de asfalto y la producción de cartón asfaltado. Anualmente se elaboran 45,000 barriles de derivados del asfalto. La materia prima consiste en asfalto, agregados y arenilla.

Descripción de las Operaciones de la Planta

El asfalto se almacena en tanques horizontales a una temperatura elevada por medio de vapor. El vapor se obtiene de una caldera que opera con aceite número cinco. El asfalto es oxidado en un tanque durante ocho horas. El tanque se mantiene a cierta temperatura mediante un mechero operado con aceite. Los derivados de este proceso se almacenan en tanques. El segundo proceso consiste en la producción de cartón asfaltado. El cartón se utiliza como base y se satura con asfalto caliente. Luego se le añade sílice y otros agregados.

Descripción de las Fuentes de Emisión

1. Caldera - Produce el vapor que suple el calor a las bombas de asfalto y otros tanques del proceso. Una chimenea de 24 pies de altura emana a la atmósfera los productos de combustión del aceite número 5.
2. Tanques de almacenamiento - Se almacena el asfalto y sus derivados, agregados y kerosén. Las emisiones consisten en particulados e hidrocarburos.

⁷Informe sobre las fuentes de Contaminación Atmosférica en los barrios de Amelia, Sabana de Cataño y Guaynabo; Junta de Calidad Ambiental, San Juan, Puerto Rico, 1973, página 9-34.

3. Calentadores de aceite - Se utilizan dos calentadores de aceite para calentar el asfalto en los tanques de almacenamiento.
4. Oxidador de asfalto - Los vapores producidos en esta unidad se recogen en un separador donde el agua y el aceite se remueven, los gases se incineran y antes de pasar a la atmósfera pasan por un ciclón.
5. Producción de cartón asfaltado - En el lugar donde se mezcla la sílice y el agregado se levanta polvo, que luego es emitido a la atmósfera. El asfalto caliente emana gases.

2. PUERTO RICO GLASS CORPORATION

En el barrio Pueblo Viejo de Guaynabo (carretera de Buchanan a Cataño), está ubicada la Puerto Rico Glass Corporation. Empresa que se dedica a la producción de botellas de cristal. Anualmente se manufacturan 61,000 toneladas de botellas.

Descripción de las Operaciones de la Planta

La materia prima que se utiliza para la manufacturación de las botellas son: (1) arena, (2) cal, (3) nefelina, (4) desechos de cristal.

La cal se seca en un horno y forma carbonato de sodio hidrico. Esta substancia y los componentes de la materia prima se almacenan en "silos" cubiertos. De los silos pasan a una mezcladora a través de correas mecánicas provistas de una cubierta. El resultante de la mezcla se acarrea por medio de calderas móviles a uno de los cinco hornos disponibles. Los hornos están divididos en dos partes. En la primera parte se remueven las impurezas de la materia prima. En la segunda parte se derrite el material.

La pasta resultante pasa a través de conductos cerrados a los moldes. Se aplica aire comprimido a los moldes con la pasta para darles forma a las botellas. Por último, las

botellas se someten a una serie de lavados y refinamientos del proceso antes de empacarse.

Descripción de las Fuentes de Emisión

Existen siete fuentes de emisión en el proceso de la preparación de las botellas.

1. Secado de cal - A través de una chimenea de 75 pies de altura se emiten 40 libras/horas de materia particulada. Luego los gases pasan por un ciclón, esta es la medida de control.
2. Acarreo de materia prima hacia la mezcladora - La transportación de la materia prima es mediante una correa mecánica hacia la mezcladora. La presión arrastra el material hacia la atmósfera a través de una chimenea de 12 pies de altura, que carece de controles para la contaminación.
3. Mezclado de materia prima - Cuando el material cae de la correa mecánica dentro de la mezcladora, la acción centrífuga de la mezcladora impulsa el polvo hacia la atmósfera a través de otra chimenea que no tiene equipo para el control de la contaminación.
4. Purificación y derretido de la materia prima - La materia prima se purifica y luego se derrite en cinco hornos. Los gases de combustión que genera este proceso arrastra 98 toneladas de materia prima particulada hacia la atmósfera por medio de una chimenea. Dicha chimenea no está provista de medida alguna para el control de sus emisiones. También emite bióxido de azufre y bióxido de nitrógeno que provienen de la combustión del aceite Bunker C., utilizado para generar el calor necesario para purificar y derretir.
5. Calentado de las aguas - En dos calderas de vapor se calienta el agua que se necesita para lavar las botellas procesadas. El bióxido de azufre se produce como resultado de la combustión de un aceite de alto contenido de azufre.

3. PUERTO RICAN CEMENT COMPANY INC.

Se localiza en el barrio Pueblo Viejo de Guaynabo.

Esta produce anualmente 513,250 toneladas de cemento gris. La arcilla, piedra caliza y arena es la materia prima, la cual se obtiene de una cantera que está cerca de la planta.

Descripción de las Operaciones de la Planta

La manufacturación del cemento se realiza en tres etapas:

1. Mezcla y molienda en húmedo de la materia prima.
2. Quema de la mezcla de la materia prima ya molida.
3. Molienda del "clinker" o pasta producida al quemar la materia prima molida.

Cuando tenemos la materia prima de la cantera, ésta es procesada en un molino húmedo que no tiene un equipo de control de contaminación. Casi siempre se trituran 2,000 toneladas de materia prima en este molino, que es llevada luego a almacenamiento. El almacenamiento se realiza a través de camiones; estos levantan una gran cantidad de polvo al llevar la materia prima al molino, debido a que las carreteras no están pavimentadas. Luego la materia prima, ya triturada, es almacenada en forma de pasta. Este almacenamiento se lleva a cabo mediante un transportador que contiene una cubierta, pero a pesar de ello, casi siempre el viento arrastra grandes cantidades de partículas.

En la primera etapa, la pasta, que es resultado del material triturado, alimenta los hornos, y esto produce el "clinker". Un precipitador electrostático, junto al vapor de agua y el polvo, aspira los gases de combustión resultantes de la producción del clinker, antes de ser lanzados a la atmósfera a través de una chimenea. En el precipitador

las cargas de polaridad opuestas separan y recogen parte del polvo, contenido en la corriente gaseosa.

Mientras se adhieren las partículas a la superficie de colección, éstas pierden su carga eléctrica y pasan por acción de la gravedad a la "tolva" de colección. Unos sacudidores despiden el polvo adherido a las superficies golpeando las placas de colección a intervalos preajustados. Cuando el polvo de cemento cae en la tolva, un transportador lleva el material hasta un elevador de cubos para descargarlo en el "silo" de recuperación. Desde el silo es descargado el material mediante la fuerza de gravedad hacia los camiones para su disposición final. El polvo captado excede las 74 toneladas por día. La disposición de este material ha creado un problema de serias proporciones que hasta ahora no ha podido ser superado por la Compañía. El clinker, al salir del horno pasa por un proceso de enfriamiento, los gases pasan por un ciclón y luego a la atmósfera a través de la chimenea. El ciclón reduce la velocidad de la materia particulada que arrastran los gases. Esto ocurre cuando los gases fluyen a presión a través de las formas curvas del ciclón en un movimiento centrifugo, en el cual lanza las partículas a las paredes y pierden su velocidad y se depositan. Por el centro del ciclón fluyen los gases resultantes. Este equipo no es muy efectivo para remover las partículas pequeñas. El clinker se almacena al descubierto, emana gran cantidad de materia particulada al ser transportado al molino. El clinker deja una gruesa capa de cemento en el piso al ser pulverizado en los molinos. El mismo proceso ocurre en las fases de las

"norias" que mueven el cemento hacia los silos. Al transportar el cemento a estos silos se emite gran cantidad de partículas. Los molinos finales están equipados con un colector del tipo "lona", con sacos de dacrón tratados con silicna. El polvo de la molienda es aspirado a través del colector y adherido a las superficies interiores de los sacos, para desalojar el polvo y limpiar los sacos se aplica el principio de contra-corriente. Como medida preventiva, en el lugar donde se empaqueta el cemento ha sido instalado un colector de polvo de sacos múltiples. Una aspiradora al vacío recoge constantemente el polvo que cae al piso. Aun con estas medidas se puede observar el polvo en la atmósfera, y ocurren emisiones contaminantes en el empaque y cargado a granel.

Descripción de las Fuentes de Emisión

La planta cuenta con unas 43 fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos. Cada una de las fuentes de emisión está descrita en detalle en la tabla 1. La mayor parte de las emisiones se refieren a particulados, azufre, monóxido de carbono.

Durante el 1972 la Puerto Rican Cement Company dejó saber que acabaría con las operaciones de la planta de Cataño para el 1980. La planta podría cesar las operaciones mediante la disminución gradual de producción a través de los años, hasta el 1980.

TABLA NUMERO 1

FUENTES DE EMISION
 PUERTO RICAN CEMENT COMPANY

FUENTE DE EMISION	CONTAMINANTES	EQUIPO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA
Horno Núm. 1	Particulado, CO, CO ₂ , SO ₂ y SO ₃	Precipitador Electrostático Chimenea de 120 pies de altura
Horno Núm. 2	Particulado, CO, CO ₂ , SO ₂ y SO ₃	Chimenea de 175 pies de altura Precipitador Electrostático
Horno Núm. 3	Particulado, CO, CO ₂ , SO ₃	Chimenea de 150 pies de altura Precipitador Electrostático
Horno Núm. 4	Particulado, CO, CO ₂ , SO ₂ y SO ₃	Chimenea de 150 pies de altura Precipitador Electrostático
Laboratorio	HCl, HClO ₄ , NH ₃ , SO ₄	Chimenea de 28 pies de altura
Caldera	SO ₂	Chimenea de 85 pies de altura
Quemado a Campo Abierto de desperdicios sólidos de la oficina	Particulado	ninguno
Enfriador del Horno Núm. 2	Particulado	Chimenea de 72 pies de altura Ciclón
Enfriador Núm. 3	Particulado	Chimenea de 72 pies de altura Ciclón
Enfriador Núm. 4	Particulado	Ciclón
Respirador del Silo donde se almacena el Cemento	Particulado	Ciclón

Horno para el Secado de la Arena	Particulado, SO ₂	Chimenea de 55 pies de altura Colector de Polvo, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 1	Particulado	Chimenea de 40 pies de altura, Ciclón, lavador de Gases, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 2	Particulado	Chimenea de 55 pies de altura, Colector de Polvo, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 3	Particulado	Chimenea de 60 pies de altura, Colector de Polvo, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 4	Particulado	Chimenea de 55 pies, Colector de Polvo, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 5	Particulado	Chimenea de 60 pies, Colector de Polvo, Presión Negativa
Molino de Cemento Núm. 6	Particulado	Chimenea de 55 pies, Colector de Polvo, Presión Negativa
Operaciones en La Cantera	Particulado	Ninguno
Empaque de Cemento	Particulado	Chimenea de 64 pies de altura, Colector de Polvo (2 Presión Negativa, Aspiradora de Polvo)
Sistema de Enfriamiento del Molino de Cemento Núm. 7 (2 unidades)	Particulado	Chimenea de 60 pies, Colector de Polvo
Sistema de Enfriamiento Molinos de Cemento 3 y 4	Particulado	Chimenea de 60 pies, Colector de Polvo

Criba Vibratoria del Horno para el Secado de Arena	Particulado	Chimenea de 38 pies, Colector de Polvo
Respiradero del elevador que acarrea el clinker a su punto de almacenaje	Particulado	Chimenea de 67 pies, Presión Negativa
Cargado de Granel	Particulado	Chimenea de 42 pies, Colector de Polvo
Ventilador silo de cemento	Particulado	Ninguno
Ventilador silo de cal (2)	Particulado	Ninguno
Ventilador silo de arena (3)	Particulado	Ninguno
Ventilador silo de mezcla lista (4)	Particulado	Ninguno
Elevador de Arena	Particulado	Ninguno
Elevador de mezcla lista	Particulado	Ninguno
Almacenaje de Clinker	Particulado	Ninguno

4. CARIBBEAN GULF REFINING COMPANY

En la urbanización industrial Luchetti en Bayamón está ubicada la refinería de petróleo Gulf Refining Company. Su producción anual es de 12,750,000 barriles de gasolina, tales como: asfalto, kerosén, Bunker C. y otros productos secundarios.

Descripción de las Operaciones de la Planta

La materia prima en este proceso es el petróleo crudo. Es importante en buques, tanques, tanqueros de Venezuela. En el proceso de almacenamiento, el petróleo pasa, por medio de oleoductos, a tanques de gran capacidad. El proceso de refinamiento es iniciado elevando el petróleo a altas temperaturas en calderas: en el proceso de resquebrajamiento catalítico se logran temperaturas más elevadas. Luego se conduce a la columna de destilación en el cual se separan los componentes y se obtienen los productos livianos, la gasolina y los productos pesados como el asfalto. Los productos livianos se pasan por otra torre de destilación y se obtienen los diferentes productos manufacturados por la empresa. Finalmente se almacenan en tanques, y son transportados a su destino final.

Descripción de las Fuentes de Emisión

La refinería cuenta con 32 fuentes de emisión a la atmósfera, y existen 12 tanques de almacenamiento donde emanan hidrocarburos. En la tabla 2 se describen cada una de las fuentes de emisión.

TABLA NUMERO 2

FUENTES DE EMISION CARIBBEAN GULF REFINING COMPANY

Fuente de Emisión	Emisiones	Controles
Tanques de almacenamiento Números 404, 406, 407, 408, 409, 410, 451, 452, 453, 454, 455, 481, 482	Hidrocarburos	techo flotante
Cesa de operaciones o alteraciones en el proceso	Hidrocarburos	mechero
Torre de enfriamiento Núm. 1	Hidrocarburos	chimenea (38.8')
Torre de enfriamiento Núm. 2	Hidrocarburos	chimenea (50.7')
Resquebrajador catalítico	Particulados adheridos, hidrocarburos, óxido de azufre, óxido de nitrógeno, amonia	ciclones chimenea (150')
Caldera de asfalto	bióxido de azufre	chimenea (33' 3")
Caldera de petróleo crudo	bióxido de azufre	chimenea (100')
Caldera de petróleo crudo	bióxido de azufre	chimenea (82')
Caldera para petróleo crudo	bióxido de azufre	chimenea (70')
Caldera para petróleo	bióxido de azufre	chimenea (100')
Calentador para el estabilizador (2 unidades)	bióxido de azufre	chimenea (70')
Calentador para el estabilizador	bióxido de azufre	chimenea (100')
Calentador de plataformas	bióxido de azufre	chimenea (100')
Calentador para el pre-tratamiento	bióxido de azufre	chimenea (70')
Calentador pre-torre de destilación	bióxido de azufre	chimenea (70')
Planta de remoción de azufre	adheridos monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, óxido de azufre, hidrógeno, particulados	chimenea (100')
Caldera para agua en tubos (3 unidades)	adheridos, monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrógeno, particulados	chimenea (50')

5. PLANTA TERMOELECTRICA DE SAN JUAN - AUTORIDAD DE LAS FUENTES FLUVIALES

En Puerto Nuevo la Autoridad de Fuentes Fluviales tiene una planta generatriz de energía, que produce anualmente 3.13×10^9 kilovatios/horas. Esta es la mayor suplidora de energía que hay en Puerto Rico.

Descripción de las Operaciones de la Planta

La planta cuenta con 10 calderas; éstas emiten a la atmósfera bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y particulados. Utilizan el combustible Bunker C. Cuentan también con dos motores tipo "jet" que generan 16.80×10^6 kilovatios/horas al año, utilizan el combustible JP-4 a base de kerosén. Este tiene un contenido de 0.11 por ciento de azufre. Los motores emiten bióxido de nitrógeno y materia particulada.

Descripción de las Fuentes de Emisión

En la Autoridad de Fuentes Fluviales hay medidas para controlar las emisiones contaminantes. La emisión por la caldera se controla por dos sistemas de control de combustión.

1. Una forma automática para interrumpir el flujo del combustible hacia el quemador, si este pierde su fuego.
2. Un segundo sistema a través del mantenimiento entre la cantidad de aire y la del combustible que fluye a las calderas.

El fin de estos dos sistemas es mejorar la combustión del petróleo. También cuenta con un sistema de circuito cerrado de televisión, para que los operadores mediante esto puedan observar la capacidad del humo que está siendo emitido por la chimenea, o para que puedan tomar las medidas pertinentes en una situación anormal. La tabla 3 describe en detalle la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera por cada una de las fuentes.

TABLA NUMERO 3

EMISIONES DE LA PLANTA TERMoeLECTRICA DE SAN JUAN - AFF

Unidades	: SO ₂ (lbs/año)	: NO ₂ (lbs/año)	: Particulados (lbs/año)
Calderas (Balanced draft boilers)	: 40,296,000	: 13,315,200	: 1,284,654
Calderas (Presurizadas)	: 76,650,000	: 3,346,320	: 2,437,995.60
Jet (Motores)	: 4,397,520	: 1,830,840	: 3,810,600
TOTAL	: 121,343,520	: 18,492,360	: 7,533,249.6

6. PLANTA TERMoeLECTRICA DE PALO SECO - AUTORIDAD DE LAS FUENTES FLUVIALES

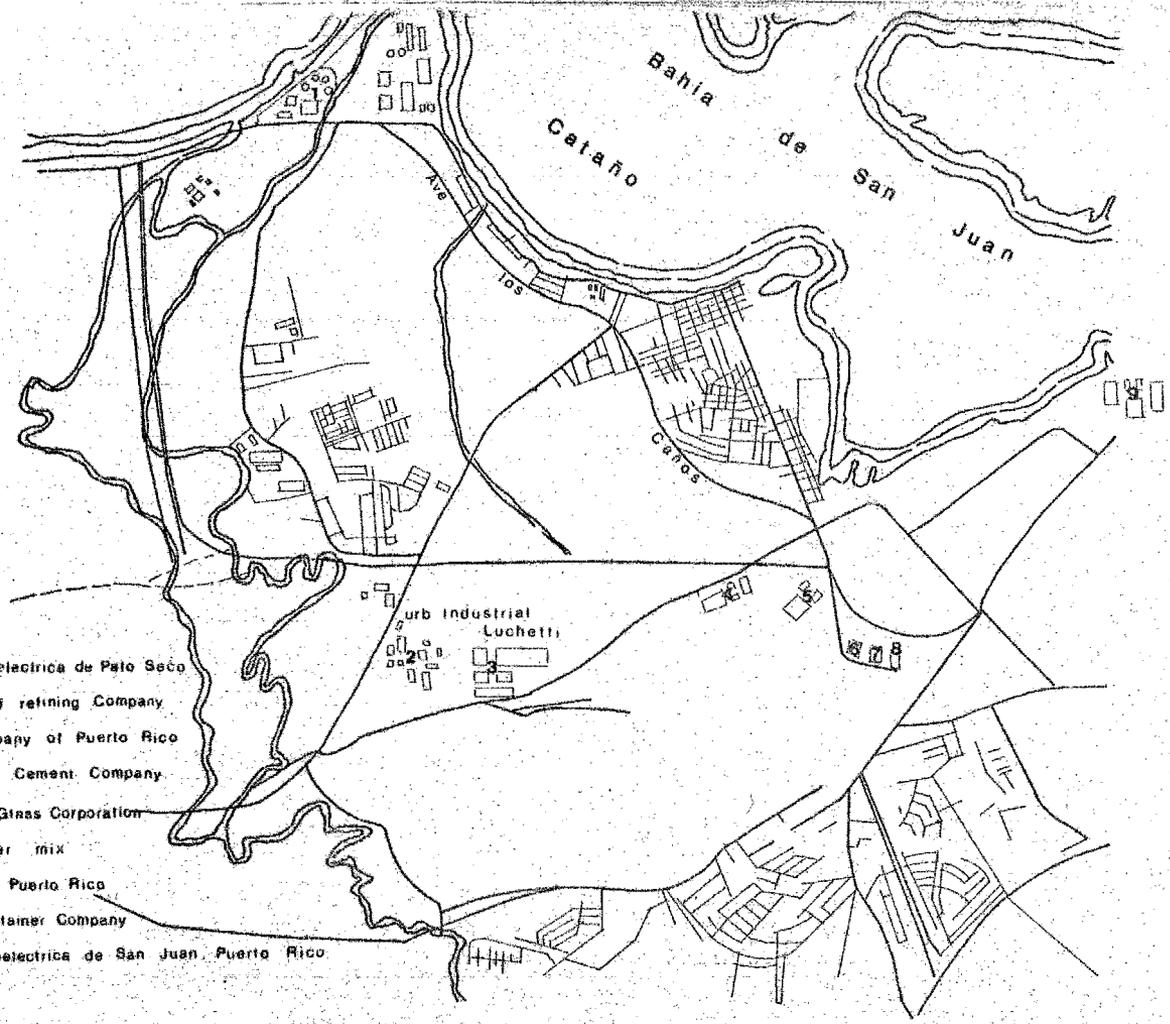
En el sector Palo Seco de Cataño y a expensas del Océano Atlántico está localizada la Planta Termoeléctrica de Palo Seco. Muy cerca de la segunda urbanización más grande de Puerto Rico (Levittown Lakes). Sus emisiones y sus capacidades son similares a las de la planta termoeléctrica de San Juan. Por lo cual la podemos categorizar como una de las fuentes de mayor contaminación atmosférica en la región, principalmente de los contaminantes derivados del azufre.

Además de estas industrias existen otras que provocan menor contaminación en la región, pero que sus casos se encuentran sometidos en la División Legal de la Junta de Calidad Ambiental, por lo cual no han sido sometidos informes sobre sus emisiones. Se incluyen aquí; las empresas Molinos de Puerto Rico, Trigo Master Mix, Caribbean Container Co. y empacadora del Caribe.

Además de estas industrias, existen otros tipos en el área que afectan el nivel ecológico. En el inventario de industrias sometido por las patentes municipales,⁸ se interpreta la gran cantidad de industrias de menor importancia, pero que pertenecen al sector de la industria pesada, química, farmacéutica, petróleo y derivados que contribuyen al deterioro atmosférico.

El mapa a continuación presenta la distribución geográfica de las principales industrias que afectan la calidad del ambiente en la región de estudio.

⁸Patentes Municipales, informes trimestrales que rinden las industrias a cada municipio sobre sus actividades y ganancias. (Ver apéndice I)



1. Planta hidroeléctrica de Pato Seco
2. Caribbean Gulf refining Company
3. Placco Company of Puerto Rico
4. Puerto Rican Cement Company
5. Puerto Rico Glass Corporation
6. Trigo master mix
7. Molinos de Puerto Rico
8. Caribbean Container Company
9. Planta termoeléctrica de San Juan, Puerto Rico

Distribucion de las industrias contaminantes en Cataño, Puerto Rico

b. Substancias Contaminantes Generadas por la Actividad Industrial en Cataño

1. Dióxido de Azufre⁹

En Puerto Rico las plantas de producción de energía representan el 57% de las emisiones de dióxido de azufre, las plantas petroquímicas el 14%, las combustiones domésticas el 14% y la producción de azúcar y la transportación el 6% respectivamente, (ver figura 1).

Los límites de emisión nacional que están vigentes en Puerto Rico son:

	<u>Promedio Anual</u>	<u>Máximo 24-hr. concentración</u>	<u>Máximo 3-hr. concentración</u>
Primarios (para proteger la salud)	80 ug/m ³ (0.03 ppm)	365 ug/m ³ (0.14 ppm)	---
Secundarios (para proteger otros aspectos y el bienestar público)	60 ug/m ³ (0.02 ppm)	260 ug/m ³ (0.1 ppm)	1,300 ug/m ³ (0.5 ppm)

"ug/m³" = microgramos por metro cúbico
 "ppm" = partes por millón

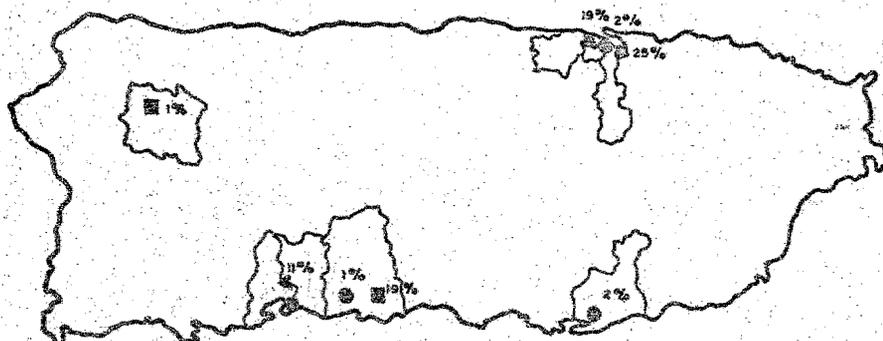
En San Juan y áreas adyacentes se produce el 46% de las emisiones de dióxido de azufre de todo Puerto Rico, (ver figura 1). Esta contaminación proviene principalmente de las plantas de energía de Palo Seco y Puerto Nuevo en Cataño y de la Compañía Petroquímica-Gulf Refining Company.

En la figura 1, se puede apreciar con exactitud el promedio de concentración anual para distintos municipios de Puerto Rico. Cataño posee la mayor cantidad de emisiones de SO_2 con un promedio de 213 ug/m³.

⁹Clean Air for Puerto Rico, Junta Calidad Ambiental, 1972.

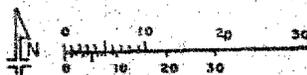
Figura 1

Promedio de Concentracion Anual de SO_2 Por Municipio



LEYENDA:

- Planta Energía ▲
- Planta Petroquímica ●
- Planta Cemento ⊖
- Planta de Azúcar ■



Municipios con los cuales las contaminaciones de SO_2 exceden los niveles nacionales

Concentracion actual en Ug/M_3

Concentracion requerida

	Concentracion actual en Ug/M_3		Concentracion requerida	
	Anual	24 Horas	Anual	24 Horas
Cataño	213	929	64	281
Toa Baja	143	625	52	229
San Juan	94	412	30	133
Guayanilla	85	373	54	235
Guánica	78	339	44	193
Dorado	76	332	28	122

Fuente: Clean Air for Puerto Rico, Junta de Calidad Ambiental 1972

2. Dióxido de Nitrógeno¹⁰

Más de la mitad del No_2 producido en Puerto Rico proviene de la transporatación y de las plantas de energía y petroquímicas.

Los límites nacionales sobre emisiones de No_2 son:

Primarios y Secundarios	<u>Promedio Anual</u>
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.005 PPM)

En la actualidad, existen en Puerto Rico tres estaciones, cuya función es medir las concentraciones anuales de No_2 . Los promedios de concentraciones anuales de No_2 aparecen representados en la siguiente tabla. Como se observará los promedios anuales más altos son para Bayamón, ciudad localizada al sur de Cataño y para Guayanilla y San Juan.

<u>Ciudad</u>	<u>Promedio Anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)</u>		
	<u>1968</u>	<u>1969</u>	<u>1970</u>
San Juan	-	-	49
Bayamón	89	78	94
Guayanilla	53	64	50

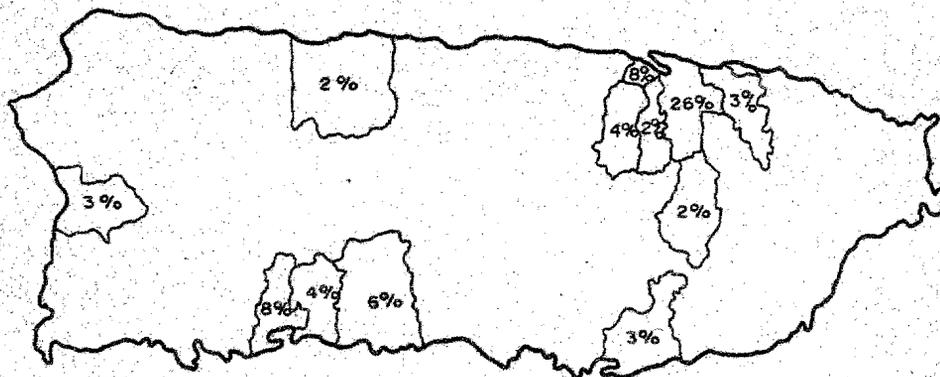
La figura 2 presenta los municipios más afectados por la contaminación de dióxidos de nitrógeno. El patrón de contaminación se concentra nuevamente sobre el área de San Juan y regiones vecinas. Cataño posee un 8% de la contaminación por dióxidos de nitrógeno en Puerto Rico. Esta contaminación de Cataño es generada principalmente por las plantas termoeléctricas, las petroquímicas y las plantas de

¹⁰Clean Air for Puerto Rico, Junta Calidad Ambiental, 1972, p. IV-29.

cemento.

Figura 2

Concentración de Dióxido de nitrógeno por municipios



3. Oxidantes Fotoquímicos

Se incluyen aquí, a todos los contaminantes que se han originado por reacciones químicas de otros compuestos, ya sea por la influencia del sol o la humedad.

Los límites nacionales para las emisiones de estos oxidantes son:

Primarios y Secundarios	<u>Máximo, hora concentración</u>
	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0.08 PPM)

Los oxidantes fotoquímicos no representan un problema grave en Puerto Rico. En los pocos estudios realizados, las concentraciones no exceden de los 110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. De acuerdo a Clean Air y la Junta de Calidad Ambiental las concentraciones más peligrosas se han desarrollado en el área de San Juan, inclusive Cataño.

B. CONTAMINACIÓN POR AUTOMOVILES EN EL SUBURBIO DE CATAÑO,
PUERTO RICO

a. Contaminación Por Automóviles

El automóvil es el símbolo de la sociedad industrial moderna. Mientras la circulación primitiva dependía básicamente de las condiciones físicas del medio, la técnica moderna nos permite librarnos de las mismas, a la vez que nos sujeta a los problemas de costos y rentabilidad.

El automóvil es un medio de transporte individual, instrumental de trabajo y auxiliar en los ratos libres, instrumento y símbolo de la "liberación moderna". Sirve para el transporte de mercancías, es más rentable que el ferrocarril, se desplaza a áreas mayores demostrando una capacidad mayor de adaptación que cualquier otro medio de transporte.

Su aparición fue a finales del siglo XIX, transformando el papel que desempeñaba la carretera. Esta, que a causa del progreso de los ferrocarriles había pasado a un segundo plano, es nuevamente un elemento importante.

El crecimiento de una ciudad depende de los enlaces con las regiones vecinas que proporcionan distintas formas de transportes. El transporte ha movilizado la ciudad. Antes de la Revolución Industrial, la residencia y el lugar de trabajo quedaban relativamente cercanos, posteriormente los habitantes de las ciudades se acostumbraron a efectuar desplazamientos diarios cada vez más largos a sus lugares de trabajo debido al avance técnico del transporte.¹¹

¹¹Jame Johnson, Tratado de Geografía Urbana, (Barcelona, España, Ed. Oikos-tan, 1974); página 60.

El desarrollo de la técnica y de otros mecanismos han permitido el aumento de la velocidad de un automóvil, aunque en ciertos casos la velocidad queda limitada por la capacidad y organización de la carretera. El tráfico por carretera está en función de la densidad de la población y de la actividad económica. De acuerdo a las estadísticas, la circulación es muy activa en las cercanías de las ciudades, en las regiones industriales y en las arterias que unen a las primeras con las segundas.¹²

El tipo de organización económica es causa de determinada desigualdad en la repartición de automóviles. Las democracias populares, cuya industria se dedica preferentemente a los bienes de equipo, construyen pocos automóviles de turismo y dan preferencia a los ferrocarriles sobre el auto o el camión. Situación inversa ocurre en los países de orientación capitalista.

Indudablemente el automóvil ha resuelto muchos de los problemas de las sociedades modernas, sobre todo aquellos problemas relacionados con el "desplazamiento", pero lamentablemente en sí mismo ha generado una polémica que lo destruye; la lucha entre el transporte colectivo y el transporte privado y los problemas de deterioro ambiental.

La contaminación por automóviles alcanza el 60% de la contaminación atmosférica a veces y el 80% de algunas áreas urbanas.¹³

¹²Max Derruau, Tratado de Geografía Humana, (Barcelona, España, 1972, Ed. Vicens-Vives); página 498.

¹³Air pollution, Motor Vehicle, Environmental Protection Agency, (mimeo)

Teóricamente se necesitaban 14.7 libras de aire para quemar una libra de gasolina completamente. Esto es índice de que la combustión en un automóvil es un proceso complejo que comprende la mezcla de una serie de gases a través de los pistones y los cilindros del auto-("The Exhaust System").

Cuando un auto está frío emite a la atmósfera una gran cantidad de hidrocarburos; cuando está caliente, el oxígeno y el nitrógeno se combinan para formar los óxidos de nitrógeno. Los óxidos de sulfuro son emitidos directamente de la quema de combustible.

Gran parte de los hidrocarburos proviene directamente de la evaporación en los tanques de gasolina. Durante el proceso de combustión, quema de combustible del automóvil, se pueden producir cerca de 200 especies moleculares. Cuando éstas son expuestas a la atmósfera, reaccionan químicamente produciendo compuestos químicos, (dehude, acetona, azono, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, ácido nítrico y ácido sulfúrico).

El promedio de emisiones para automóviles en áreas urbanas son 3.5% monóxido de carbono, 900 (PPM) de hidrocarburos y 1,500 (PPM) óxidos de nitrógeno.¹⁴ Se estima que en 1965 el promedio diario de consumo de gasolina en los Angeles fue 7.4 millones de galones, de los cuales 5.7 provienen de los automóviles. Estos 7.4 millones de gasolina o 22,600 toneladas se combinan con 80,000 toneladas de oxígeno atmosférico ocasionando 102,600 toneladas de productos a través de reacciones de los cuales

¹⁴"The Automobile and Air Pollution", U.S. Department of Commerce, A program for progress, October, 1967.

69,500 toneladas son bióxido de carbono y el resto vapor de agua.¹⁵

Los coeficientes de emisión son bajos en las áreas rurales y mayores en las ciudades. Alcanzan su máximo entre las 7-9 A.M. y 5-7 P.M., coincidiendo con el movimiento del tráfico matutino y vespertino.

Por lo general, las emisiones son mayores cuando se corre a una velocidad menor, a 20 M.P.H. Un automóvil aumenta sus emisiones después de las 12,000 millas de movimiento. Las emisiones de un grupo de vehículo varía considerablemente de una ciudad a otra de acuerdo con el clima, topografía, densidad del tráfico, tipo de vehículo, constumbres de manejo y tipos de carretera. En las ciudades altas, por ejemplo, las emisiones son de 30-60% más que en las ciudades bajas.

1. Contaminación por Automóviles en Cataño, Puerto Rico

Puerto Rico por su dimensión territorial es uno de los países más poblados en vehículos de motor, lo que presupone una alta concentración de emisiones contaminantes durante los movimientos de estos automóviles.

Los automóviles, en conjunto con las industrias, constituye una de las primeras fuentes contaminantes. De acuerdo al Informe Ambiental 1973, son los principales causantes de la mayor parte emitida del monóxido de Carbono, de la materia particulada y de los hidrocarburos.

Puerto Rico está llegando actualmente a su primer millón de automóviles. En la actualidad tenemos 900,000

¹⁵ Ayres y McKenna, op. cit.,; páginas 15-16.

autos, de los cuales circulan 875,000 aproximadamente. Durante 1975 fueron registrados cerca de 862,000 de los cuales circularon 850,000. La densidad actual es de 1 automóvil por cada 3 habitantes. Para el año 2,000 se espera una densidad de 1 1/4 por cada 3 habitantes.¹⁶

El problema de la densidad de autos en Puerto Rico está asociado a otros problemas económicos, sociales y culturales que intensifican la complejidad del problema. Por ejemplo, la técnica de organización de nuestras carreteras, basada en la utilización de "semáforos", atrasa el movimiento de vehículos; la planificación de las avenidas no se ajusta a la realidad actual; éstas no resisten el número tan crecido de vehículos. Los modos de manejo y las costumbres culturales también influyen; durante un "embotellamiento" todo se hace aprisa, congestionando las intersecciones. Las familias poseen, por lo general, de tres a cuatro autos, los cuales utilizan individualmente para dirigirse a los distintos lugares de desplazamiento, inclusive utilizan el automóvil para el desplazamiento más breve.

En Puerto Rico la utilización del automóvil se justifica, supuestamente, debido a la deficiencia del sistema de transportación en masa. Nuestro mercado, regido por las reglas norteamericanas, está inundado de automóviles,

¹⁶Datos ofrecidos por el Departamento de Obras Públicas, 1976.

bajo circunstancias tales, que en ocasiones la oferta ha excedido a la demanda. Además el automóvil es símbolo de "Status Social" y de "Liberación".

Puerto Rico es uno de los lugares donde con mayor facilidad se obtiene un auto. No se requiere seguro de responsabilidad. Se asegura que aquí es uno de los lugares donde circulan más autos de segunda, tercera y cuarta categoría. Los conductores insolventes, que son un número considerable, causan millones de daños, tanto a la propiedad pública como privada, no existiendo legislación alguna que obligue a estos conductores a compensar daños. Hay además un número considerable de autos hurtados que entran al país ilegalmente.¹⁷

Estas altas concentraciones de contaminantes se pueden observar con mayor exactitud en las ciudades más grandes, principalmente en el Area Metropolitana de San Juan, en la cual circulan el 75% de los automóviles en Puerto Rico.¹⁸

Cataño está comprendido dentro de esta área metropolitana, por lo cual se puede categorizar como una zona crítica en término de la cantidad de automóviles que se desplaza por la región y la cantidad de contaminantes que éstos, a su vez, generan.

¹⁷ Tony Santiago, "Hacia el gran tapón, un millón de automóviles en Puerto Rico", El Mundo, 28 de noviembre de 1976, San Juan, Puerto Rico; páginas 1A y 16A.

¹⁸ Tony Santiago, op. cit.,; página 1A.

De acuerdo a los datos ofrecidos por el Census Tract¹⁹, la mayor parte de la población en Cataño utiliza el automóvil como método de desplazamiento hacia su trabajo y actividades. Cerca del 36% utilizó automóviles privados; el 44% utilizó transporte público, un 10% caminó a pie y un 7% utilizó otros medios de transporte.

Como se observa, los datos anteriores demuestran que el método de transporte más utilizado es el automóvil y, en segundo término, el autobús.

La mayor parte de los desplazamientos de la población urbana de Cataño se realiza dentro del Area Metropolitana, aproximadamente el 75%. Principalmente al Centro del Municipio de Cataño, con un total de 27%. Un 0.2% se mueve fuera del Area Metropolitana y los porcentajes restantes se mueven a otros municipios; tales como: Bayamón, Guaynabo, Carolina y San Juan.

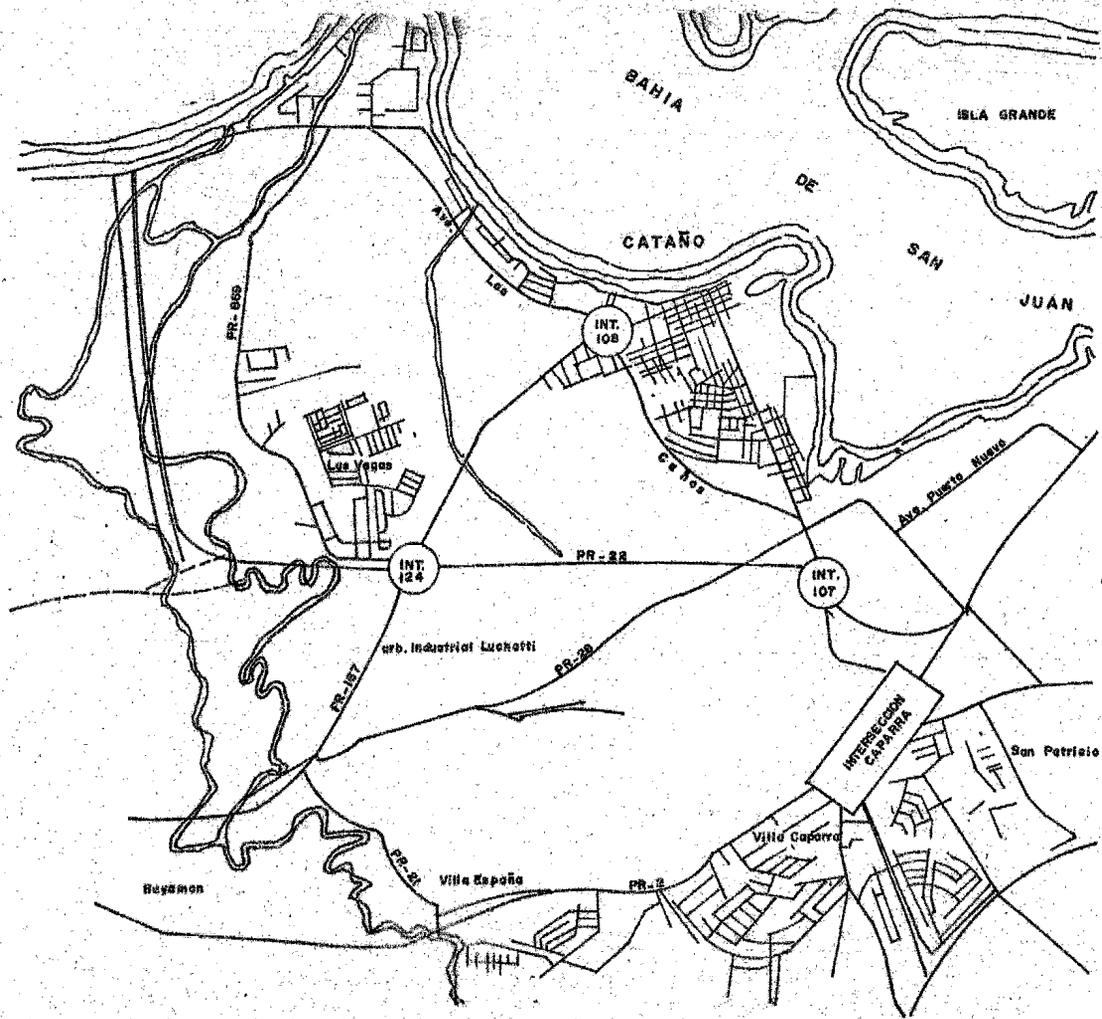
En lo que respecta a la cantidad de automóviles y autobuses que se mueven a través de las principales vías de comunicación del municipio, cabe señalar que diariamente circulan un promedio de 20,000 autos por sus carreteras. El movimiento mayor de automóviles se lleva a cabo en la periferia de la ciudad, disminuyendo a medida que nos acercamos al centro. Este movimiento, a pesar de que es uno de los más bajos en el área metropolitana, es uno de los más altos en todo el país, debido a que en el área metropolitana circula el 75% de los autos de Puerto Rico.²⁰

¹⁹Census Tracts, U.S. Department of Commerce, Características Seleccionadas de los Trabajadores, 1970; página III.

²⁰Mapa de Afluencia del tránsito, vías principales y colectoras, Area Metropolitana de San Juan, Autoridad de Carretera, Estado Libre Asociado, 1974.

De acuerdo al Departamento de Comercio de los Estados Unidos, cada automóvil genera diariamente 3.5% Monóxido de Carbono, 900 PPM de hidrocarburos, 1,500 PPM de Óxidos de Nitrógeno y otras muchas sustancias, podríamos tener una idea de cuánta contaminación atmosférica podrían generar 20,000 autos a lo largo de todo el suburbio urbano e industrial de Cataño

El mapa a continuación señala las vías principales de afluencia del tránsito en Cataño y en algunos sectores del Area Metropolitana y San Juan.



AFLUENCIA DEL TRANSITO EN VIAS PRINCIPALES CATANO, PUERTO RICO

b. Principales contaminantes derivados del desplazamiento de Automóviles en Cataño

1. Monóxido de Carbono

Las causas principales de la contaminación por Monóxido de Carbono en Puerto Rico son los automóviles y los restos que despiden los procesos industriales.

Los límites de emisión de CO para Puerto Rico son:

	<u>Maximo 8-horas</u>	:	<u>Maximo 1-hora</u>
	<u>concentración</u>	:	<u>concentración</u>
primarios y			
secundarios	10 mg/m ³ (9 ppm)	:	40 mg/m ³ (35ppm)

En el área metropolitana se origina cerca del 40% de todo el CO que se despiden en Puerto Rico. La causa fundamental de este hecho es la intensa actividad industrial y el rápido desplazamiento de automóviles. De este 40%, un 2% se origina en el área próxima a Cataño.

La figura a continuación sintetiza las principales fuentes contaminantes de monóxido de carbono y los municipios más afectados por este tipo de contaminación.

²¹Clean Air for Puerto Rico... op. cit.; página IV-25

Figura 3

Estimado Emisiones Monoxido de Carbono

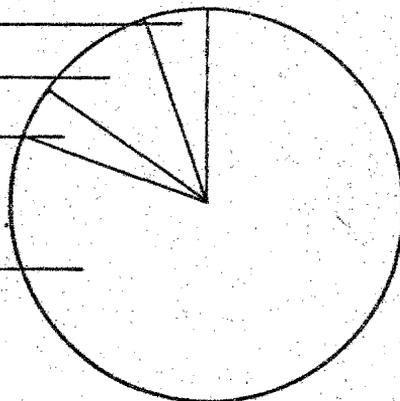
Emisiones Por Fuentes:

Disposicion desperdicios solidos 5%

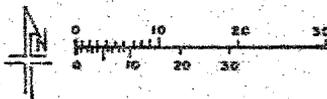
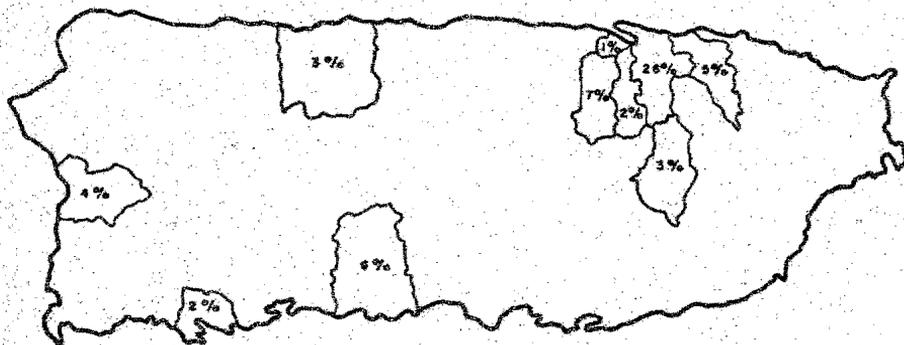
Produccion Azucar 10%

Otros medios de Trasportacion 4%

Automobiles y Camiones 81%



Contaminacion Co Por Municipios



Fuente: Clean Air for Puerto Rico, Junta de Calidad Ambiental 1972

2. Hidrocarburos²²

Las principales fuentes de emisión de hidrocarburos en Puerto Rico son los vehículos de motor y las industrias; específicamente las industrias químicas de pinturas y las plantas de producción de azúcar.

Los límites de Emisión Nacional para hidrocarburos en Puerto Rico son:

Primarios y Secundarios	Maximo 3 horas concentración (6-9 a.m.)
	<hr/>
	160 ug/m ³ (0.24 ppm)

La figura siguiente presenta las principales fuentes contaminantes de hidrocarburos y las regiones más críticas. El área metropolitana de San Juan comprende el 46% de esta contaminación, Guayanilla el 10%, Mayagüez el 4% y Barceloneta el 3%.

Cataño comprende aproximadamente un 2%, que comparativamente es una de las concentraciones más alta para un lugar de poca extensión territorial.

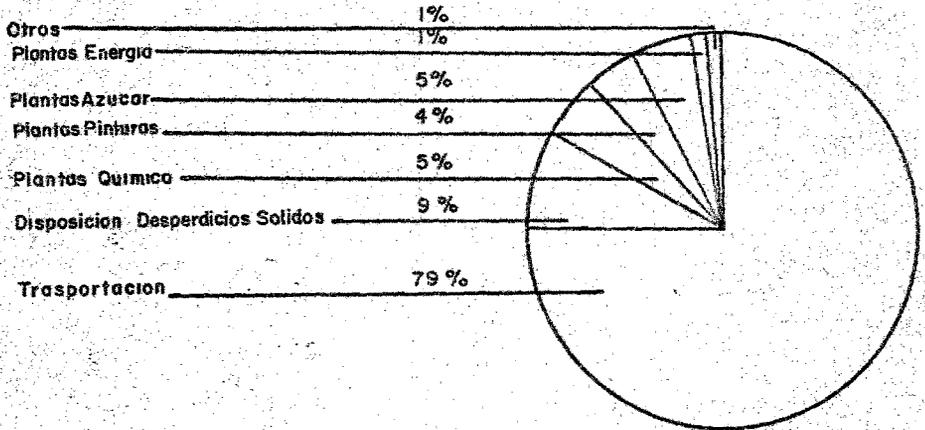
²² Ibid; página

Figura 4

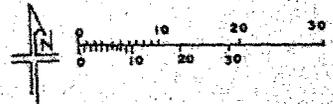
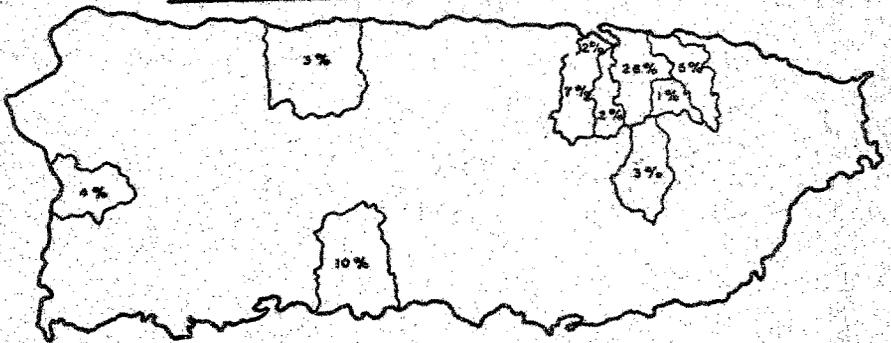
Estimado Emisiones Hidrocarburos

Estimado emisiones anual (1970) : 116,000 toneladas

Emisiones por fuentes:



Municipios donde concentraciones Ho son altas



Fuente: Clean Air for Puerto Rico, Junta de Calidad Ambiental, 1972

C. CONTAMINACION ATMOSFERICA POR ACTIVIDAD HUMANA EN EL
SUBURBIO DE CATAÑO, PUERTO RICO

a. Contaminación por Actividad Humana

Las actividades diarias del hombre generan constantemente un tipo de contaminación ambiental, caracterizado por la presencia de partículas en la atmósfera. Esta contaminación afecta principalmente a los climas de las ciudades ocasionando daños sobre la salud de las poblaciones urbanas y efectos negativos sobre la visibilidad.

La contaminación por materia particulada es originada principalmente por la incineración, por la agricultura, por la quema de bosques, por las combustiones domésticas, por las emisiones industriales, etc. En la tabla siguiente se observa un estimado general de las fuentes de emisión de materia particulada.

TABLA 4

Fuentes de Emisión del Material Particulado Presente en la
Atmósfera

Fuente	Emisiones, Tg de origen antropogénico
Producción de Partículas Primarias:	
Cenizas procedentes del carbón	..... 36.0
Emisiones industriales de hierro y metales	..... 9.0
Combustibles no fósiles, (madera, residuos textiles)	..... 8.0
Combustión de Petróleo	..... 2.0
Incineraciones	..... 4.0
Emisiones Agrícolas	..... 10.0

Fuente	Emisiones, Tg. de origen antropogénico	
Manufacturación de Cemento	.....	7.0
Misceláneas	.....	16.0
Partículas de Sal	1000	
Partículas de Polvo	200	
Partículas Volcánicas	4.0	
Fuegos Forestales	200	
Subtotal	1404	92.0
Conversiones de gas a partículas:		
Sulfuro procedente H_2S	202	
Sulfuro procedente SO_2	.....	147
Nitrato procedente NO_x	430	30
Amonio procedente NH_3	269	
Aerosoles orgánicos procedentes del terpinol, hidrocarburos, etc.	198	27
Subtotal	1099	204
Total	2503	296

Fuente: Jonh H. Seinfeld, Air Pollution; página 83, traducción del autor.

La materia particulada incluye todas las substancias atmosféricas que no son gases: iones, conglomerados moleculares, cristales de hielo, polvo, partículas de humo, gotas de lluvia, polen e incluso insectos. Los aerosoles o materia particulada se originan a partir de la condensación de varios gases, sobre todo aquellos de mucho peso molecular y que contienen materia orgánica. Esta condensación, por lo general,

se realiza a través de un núcleo de sal o partícula sólida.

La materia particulada proviene de dos fuentes, primarias y secundarias. En las primarias se incluyen las partículas que provienen de procesos naturales. Se incluyen en este grupo las gotas oceánicas, las partículas de polvo, de humo y partículas de volcanes. En el grupo secundario se incluyen las partículas que provienen de reacciones químicas de los diferentes gases.

Las reacciones químicas que se desarrollan en la atmósfera a partir del material particulado y los distintos gases originan olores transmitidos sobre la atmósfera a través del desplazamiento molecular.

No hay forma de clasificar científicamente los olores. Las sensibilidades humanas permiten que las personas reaccionen de diferente modo a un mismo olor. Los olores fuertes hacen que no se perciban los débiles.

Los olores complejos de los procesos industriales se deben a una mezcla de compuestos. Por ejemplo, aunque se esté produciendo un solo compuesto como el estireno, los escapes de bombas de las válvulas de seguridad y de los respiraderos van añadiendo vapores a los materiales iniciales, así como otros productos secundarios que todos juntos van a parar al aire. Los estanques de sedimentación de plantas de productos derivados de materia animal crean mezclas de olores todavía más complejos.

Las partículas se pueden clasificar en base a su tamaño y propiedades físicas y químicas. En base al tamaño, tenemos

partículas menores de 0.1 micras, de 0.1 a 1.0 micras y mayores de 1.0 micras.²³

Las partículas de 0.1-1.0 micras se forman por condensación de vapores y productos de combustión. Otras fuentes incluyen el polvo atmosférico y la espuma marina. Las partículas de este tamaño tienen la capacidad de interactuar con la humedad, además se mantienen sobre el espectro visible ocasionando neblina y disminución de la visibilidad. Las partículas de más de 1.0 micras proceden de la aglomeración de partículas resultantes de la combustión, de cenizas, de polvos y de varios productos que provienen de operaciones de desgaste y de pulverización, como los materiales molidos por industrias, vehículos o peatones. Aquí también se incluyen las gotas de lluvia, el polvo y los insectos. Las partículas de aproximadamente 0.5 micras son retenidas por la nariz, mientras que la de tamaños inferiores tienen muchas posibilidades de depositarse en la tráquea o en los pulmones. Las partículas más pequeñas tienden a estar sometidas al movimiento del aire.

En cuanto al peso de las partículas, este depende del contenido químico y se expresa en toneladas por kilómetro cuadrado, y por mes se expresa la "suciedad del aire" en determinada zona.

²³Richard D. Ross, La Industria y la Contaminación del Aire, (México, 1974, Ed. Diana); página 275.

Los núcleos Aitken, por ejemplo, son partículas menores de 0.1 micras. Sirven para la condensación del agua. Su número varía de menos de 1,000 m^3 en el aire oceánico a más de 300,000 en zonas urbanas. Los ciclos de estas partículas varían al cambiar los ciclos de contaminación y fotosíntesis vegetal. No se sabe cuál es su mecanismo de formación, ni tampoco se conocen aún sus efectos.

Los iones, por su parte, son moléculas de gas que adquieren una carga eléctrica positiva o negativa. Debido al efecto de las radiaciones, su promedio de vida es inversamente proporcional al número de partículas diferentes que se concentran en la zona. Se combinan químicamente de forma rápida al entrar en contacto con otras partículas sólidas o líquidas. La conductividad eléctrica de la atmósfera depende del número presente de estos pequeños móviles.

Las partículas se pueden clasificar, a su vez, por su origen. Tenemos de naturaleza continental, esparcidas por los vientos y que resultan en su mayoría de reacciones fotoquímicas entre el ozono y los hidrocarburos. Muchas de ellas son SO_2 , H_2 , NH_3 , O_3 y partículas de las erupciones volcánicas. De naturaleza marina, producto de la evaporación del agua marina. Compuesta principalmente de sal (NaCl). De naturaleza humana, los aerosoles productos del hombre. Se incluyen aquí partículas sólidas de combustiones y procesos humanos.

En los climas urbanos la presencia de aerosoles y partículas es parte integral del conjunto ecológico. En el cuerpo de muchos residentes urbanos se han encontrado partículas finas de plomo procedente de la combustión del metal. En otros

casos la precipitación radiactiva se ha acumulado en los alimentos y los animales, ocasionando peligro a la vida humana.

La presencia de partículas orgánicas tóxicas, tales como los plaguicidas y los hidrocarburos, también ocasionan efectos negativos sobre la vida urbana, principalmente en la salud y la visibilidad. Aunque el número de elementos químicos que se encuentran en la atmósfera urbana es menos de cincuenta, pueden generarse por medio de reacciones, miles de compuestos orgánicos. Entre ellos ya mencionados plaguicidas, hidrocarburos, aerosoles, y particulados.

En el clima urbano la mayoría de las partículas son más pequeñas de 0.1 micras. Por lo cual se tienden a desplazar con mayor facilidad en todo el espectro de cualquier ciudad.²⁴

Finalmente, la existencia de contaminación por partículas y aerosoles en un clima urbano está sujeto a las condiciones de microclima urbano, tales como: dirección y velocidad del viento y la cantidad y regularidad de la precipitación.

1. Contaminación Atmosférica por Actividad Humana en Cataño, Puerto Rico

La quema a campo abierto de desperdicios sólidos es un método usado en Puerto Rico para la disposición de desperdicios. Actualmente hay en operación 60 vertederos de este tipo. Basándonos en esta cifra, esta actividad arroja un estimado de 875 toneladas diarias de contaminantes a la atmósfera de Puerto Rico. Si sumamos a estas emisiones

²⁴Ibid; página 278.

las producidas por los fuegos y conatos (9,514 durante 1973), la quema de cañaverales durante los períodos de corte de caña y las múltiples fogatas esporádicas, tenemos aquí otra considerable fuente de contaminación atmosférica.²⁵

En San Juan la materia particulada es la causa principal de la reducción de la visibilidad. Además de reducir la visión, oscurece y reduce el colorido de los paisajes, especialmente del urbano, e interfiere con la operación segura de las aeronaves y automóviles.

El humo de los vertederos de Cataño y Carolina en ocasiones ha reducido la visibilidad en el aeropuerto de Isla Verde (Aeropuerto Internacional de San Juan) a una distancia de un cuarto (1/4) de milla (.4 Km) de acuerdo a los informes oficiales de control de tránsito aéreo de los Estados Unidos. Por esta razón la quema a campo abierto en el vertedero de Carolina ha sido recientemente suspendida.²⁶

En Puerto Rico la forma inadecuada en que se realizan las actividades de almacenamiento, recolección y disposición final de los desperdicios sólidos está creando un serio problema, no sólo de contaminación atmosférica, sino de degradación ambiental, afectando la salud y el bienestar de la comunidad.

²⁵ Informe Ambiental 1973, Junta Calidad Ambiental, Estado Libre Asociado-San Juan, Puerto Rico; página 58.

²⁶ Ibid; página 61.

Cerca del 90% de las emisiones de particulados en Puerto Rico provienen de fuentes específicas, localizadas en regiones particulares en todo el país; por lo cual podemos señalar que la contaminación generada es un problema local de algunas regiones de la isla. Cerca de un 37% del material particulado proviene de operaciones de arena, grava y piedra. Un 27% proviene de las plantas de cementos, 16% de las industrias azucareras, 9% de combustiones domésticas, 7% de la disposición de desperdicios sólidos, 6% de las plantas de asfalto y 4% de otras operaciones.²⁷

Cataño es la región más afectada de Puerto Rico en contaminación por partículas sólidas y actividad humana. Su promedio anual de 24 hr. se presenta en la tabla 5.

Si comparamos los promedios de Cataño con cualquiera de los promedios para otras regiones de la isla, se observará que los promedios de Cataño no sólo son los mayores, sino que han ido aumentando en forma progresiva. Cataño cumple con los límites nacionales establecidos para proteger la salud (75 ug/m^3 promedio anual y 260 ug/m^3 máxima concentración por 24 horas), pero excede los límites secundarios establecidos para proteger el ambiente y el bienestar público - 60 ug/m^3 promedio anual y 150 ug/m^3 máxima concentración por 24 horas. La tabla a continuación presenta las emisiones por particulados en Bayamón, San Juan y Cataño. Como se observará, las emisiones mayores se encuentran en el municipio de Cataño.

²⁷ Ibid; Tabla 4-1; página 55.

Tabla 5

EMISIONES DE PARTICULADOS
EN VARIOS MUNICIPIOS DE PUERTO RICO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

<u>Ciudad</u>	<u>Promedio Geométrico Anual</u>			<u>Concentración Max. 24 horas</u>		
	1968	1969	1970	1968	1969	1970
Bayamón	104 ^{xx}	85 ^{xx}	104 ^{xx}	171 ^x	267 ^{xx}	229 ^x
Cataño	126 ^{xx}	160 ^{xx}	204 ^{xx}	317 ^{xx}	453 ^{xx}	452 ^{xx}
San Juan	--	77 ^{xx}	85 ^{xx}	--	121	135

xx = Excede los límites nacionales.

x = Cumple con los límites primarios pero excede los secundarios.

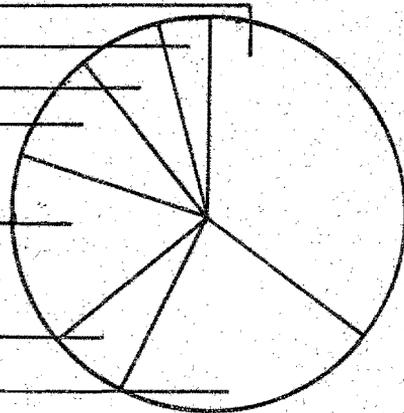
Fuente: Clean Air for Puerto Rico-Commonwealth of Puerto Rico/Office of the Governor; página IV - 15.

Las principales fuentes de contaminación por materia particulada en Cataño son las industrias de cemento, las canteras, las combustiones domésticas y las emisiones de automóviles. (Ver figura 5)

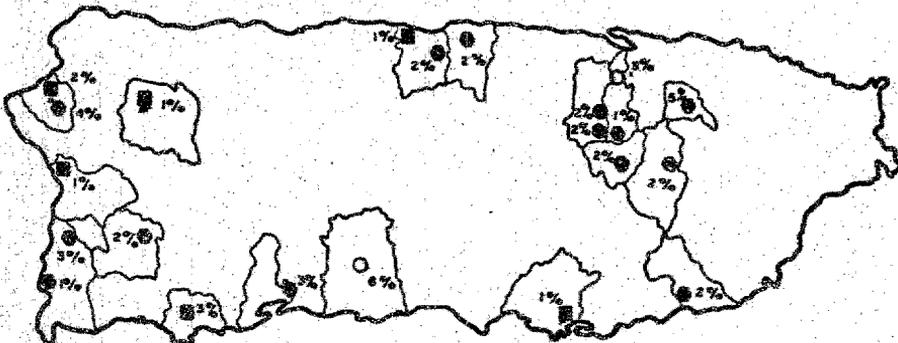
Emisiones Anuales de Particulados

Emisiones por Fuentes

	37%
Arena, Grava y Piedra	4%
Otras Operaciones	7%
Disposicion desperdicios solidos	9%
Quemada de Combustible	15%
Produccion de Azucar	6%
Planta de Asfalto	21%
Planta de Cemento	

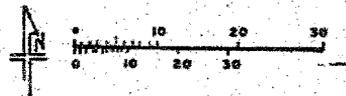


Concentracion por Municipios



LEYENDA :

- ▲ Planta de Energia
- Planta Petroquimica
- Planta Cemento
- Industria de Azucar



Fuente: Clean Air for Puerto Rico, Junta de Calidad Ambiental 1972

D. EFFECTOS DE LA CONTAMINACION ATMOSFERICA EN CATAÑO,
PUERTO RICO

La contaminación puede afectar el patrimonio histórico y cultural de una nación, pero el efecto mayor lo genera sobre la misma especie humana.

La población urbana de Cataño ha sufrido las consecuencias de una contaminación ambiental desmedida. La calidad de la vida ha disminuído, mientras que el peligro de ser víctima de cualquier enfermedad infecciosa ha aumentado.

De acuerdo a un estudio reciente llevado a cabo por el Departamento de Salud, (Programa de Investigaciones del Efecto del Ambiente Sobre la Salud Humana, Secretaria Auxiliar, Salud Ambiental y Protección al Consumidor, octubre 1975, Río Piedras, Puerto Rico), se comprobó que Cataño es una de las comunidades más expuestas a contaminantes industriales.

La tabla 6 resume la distribución de la frecuencia diagnóstica por sector en cifras absolutas y porcentajes y demuestra que Cataño es la región más afectada en términos del estado de salud del hombre.

En todos los sectores el diagnóstico más frecuente corresponde a patología respiratoria con un 39% de los casos evaluados. La siguen en orden de frecuencia los accidentes con 16%, la gastroenteritis con 13% y las enfermedades infecciosas con 9% del total de los casos. En un 16% de los casos no pudo determinarse propiamente el diagnóstico. Los demás diagnósticos fluctuaron entre un 4.2% para la amigdalitis y 0.12% para el cáncer.

En el sector "pueblo", predominaron los problemas respiratorios totalizando un 29% de los casos del sector. Para detalles sobre el diagnóstico, favor referirse a la tabla 6.

Los párrafos anteriormente expuestos sintetizan a manera general el efecto que sobre el hombre ha generado la contaminación atmosférica en Cataño. Estaría fuera de orden volver a insistir en el efecto negativo que sobre otros elementos, como la vegetación, fauna, monumentos y el bienestar público genera la contaminación.

TABLA 6

DISTRIBUCION DE FRECUENCIA DIAGNOSTICA DE ENFERMEDADES POR SECTOR EN
 NUMEROS ABSOLUTOS Y POR CIENTO---SALA DE EMERGENCIA -- 1973

Diagnóstico	Desc.	Sectores						Totales	% del Total
		1	2	3	4	5	6		
	31.20*	13.13	13.40	20.91	15.57	15.42	20.55		
Accidentes	39**	216	84	129	97	31	98	694	16.9
	11.20	13.7	14.04	14.48	13.48	11.94	13.84		
Gastroenteritis	14	215	88	92	84	24	66	583	13.51
Enfermedades	5.60	9.85	6.70	8.91	8.35	12.94	9.01		
Infecciosas	7	162	42	55	52	26	43	387	8.96
	18.40	29.60	31.53	30.63	31.94	30.35	29.14		
Respiratorias	23	487	198	189	199	61	139	1290	30.03
	4.00	3.53	3.35	2.59	2.25	3.48	2.94		
Cardiovascular	5	58	21	16	14	7	14	135	3.12
	1.60	2.67	2.55	3.08	2.25	0.50	2.31		
Afecc. Alergia	2	44	15	10	14	1	11	107	2.48
Enfermedades	2.40	2.55	2.07	1.30	3.05	1.99	2.10		
Mentales	3	42	13	8	19	4	10	99	2.29
	0.80	0.43	0.48	0.65	0.80	0.50	0.21		
Envenenamiento	1	7	3	4	5	1	1	22	0.51
	2.40	2.13	1.59	1.62	2.09	0.99	0.63		
Dermatitis	3	35	10	10	13	2	3	76	1.76
	4.80	4.68	4.94	2.92	3.53	2.49	3.98		
Amigdalitis	6	77	31	18	22	5	19	178	4.12
	1.60	0.30	0.96	0.32	---	0.50	0.63		
Buena Salud	2	5	6	2	0	1	3	19	0.4
	1.80	1.03	1.12	0.32	1.28	1.49	0.84		
Problemas Oculares	1	7	7	2	8	3	4	42	0.9
	0.00	0.24	---	---	0.16	---	---		
Cáncer	0	4	0	0	1	0	0	5	0.1

* En por ciento

** En números absolutos

Fuente: Programa de Investigaciones del Efecto del Ambiente Sobre la Salud Humana, Octubre 1975, Río Piedras, Puerto Rico.

RECOMENDACIONES

Es deber de todo geógrafo someter soluciones a los problemas que analiza. Su función no es solo describir y explicar una situación sino que también le corresponde buscar alternativas viables que permitan aminorar o solucionar el problema.

Algunas de las medidas que se pueden sugerir para mejorar la situación ecológica de Cataño son las siguientes:

1. Se necesita orientar a la comunidad respecto a los problemas ecológicos existentes en la región. De esta forma la comunidad puede tomar medidas y controlar individualmente la contaminación, principalmente la contaminación por actividad humana y por automóviles.
2. Es necesario que el gobierno aplique con toda rigurosidad la reglamentación existente en término de los límites de emisiones permitidas para poder disminuir la concentración de contaminantes existentes.
3. Las empresas industriales al igual que las automovilísticas necesitan desarrollar mejores técnicas de eliminación de gases y desperdicios con el fin de mejorar la situación ecológica.
4. Es urgente limitar el número de vehículos de motor que se desplazan a lo largo del área metropolitana. Esto es posible si desarrolla un buen sistema de transportación pública y si se mejoran las vías de comunicación.
5. Se hace imperativo controlar el desarrollo urbano y evitar la eliminación de la vege-

tación y cuerpos de agua y el crecimiento del cemento. Es importante procrear el desarrollo de áreas verdes.

6. Es indispensable evitar el crecimiento desmedido de la población en la región porque es la que recibe los mayores efectos de la contaminación y la que origina parte de ella. Además, Cataño posee un alto índice de densidad poblacional lo que limita el disfrute de una serie de beneficios sociales.
7. Se necesita desarrollar una mayor planificación regional que pueda tomar en consideración no solo los aspectos de ganancia económica, sino también los efectos negativos que el desarrollo trae en esta región.
8. Finalmente, es importante señalar la urgencia de que se lleven a cabo estudios científicos que puedan determinar el nivel ambiental del lugar.

CONCLUSIONES

1. La contaminación atmosférica está en relación directa al desarrollo económico de una región; mientras más avanzado el desarrollo industrial, comercial o de transporte, existe mayor posibilidad de degradación ambiental.
2. El aire es, en conjunto con el agua, el elemento más importante del medio biológico, de aquí la necesidad de mantener un alto nivel de la calidad de éste.
3. La contaminación atmosférica contribuye y, en algunos casos, es causa directa, a las enfermedades tales como la bronquitis, asma, enfisema y cáncer del pulmón. Además, afecta las funciones vitales de las plantas y animales y contribuye al deterioro del patrimonio histórico de una nación por medio de la degradación de monumentos, parques y edificios.
4. Las principales sustancias contaminantes son el bióxido de azufre, el bióxido y monóxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y de hierro, los silicatos, los aerosoles y las partículas sólidas.
5. Las principales fuentes que originan estas sustancias son: la industria, los automóviles, las plantas de energía y las combustiones domésticas.
6. Con el advenimiento de la era industrial los procesos ecológicos han sufrido notables modificaciones. Una de las más importantes es la que se refiere al clima, sobretodo, al clima urbano pues aquí se desarrollan una serie de fenómenos exclusivos tales como la Isla Urbana de Calor, las Inversiones Térmicas, las turbulencias y el "smog" o neblumo.

7. Dado que la economía de Puerto Rico se sostiene fundamentalmente de los ingresos generados por la industria, esta orientación económica ha desarrollado núcleos industriales en Cataño, Bayamón, Guaynabo y en los alrededores de San Juan dichos núcleos representan la mayor concentración industrial que posee Puerto Rico.

8. Cataño es el municipio más pequeño de Puerto Rico, tiene un área de cinco millas cuadradas (**) y alcanza una densidad de población de 5,300 habitantes por milla cuadrada (***), una de las densidades más altas de todo el país.

9. En su aspecto natural comprende una región tropical, llana, de suelos de aluvión, vegetación herbácea, muy pocos cuerpos hidrográficos importantes y ecosistemas naturales profundamente alterados.

En su aspecto social comprende una región suburbana de San Juan caracterizada por una marcada actividad industrial, de transporte y comercio y una rezagada actividad agrícola.

10. Cataño, como parte de un complejo urbano e industrializado ha sufrido profundas variaciones microclimáticas.

11. De acuerdo a los datos analizados, en Cataño la precipitación ha aumentado debido a la gran cantidad de partículas emitidas a la atmósfera, que son removidas por un proceso natural de limpieza atmosférica.

12. Los patrones de precipitación se presentan de forma muy inconsistente, sobretudo en los años de máxima actividad industrial (1965-1975), lo que demuestra que las altas generaciones de contaminantes han alterado radicalmente el clima.

13. La generación de calor debido a las actividades domésticas e industriales y la substitución del suelo natural por cemento han ocasionado un aumento considerable de la temperatura y la formación

** 12.9 km²

*** 2 070 habitantes por kilómetro cuadrado

de una pequeña Isla Urbana de Calor a través de todo el municipio de Cataño y toda la región metropolitana.

14. Las principales industrias contaminantes en Cataño son: Placco Company of Puerto Rico, Puerto Rico Glass Corporation, Puerto Rico Cement Company, Caribbean Gulf Refining Company, Planta Termoeléctrica de San Juan y la Planta Termoeléctrica de Palo Seco.

15. Las sustancias contaminantes que estas industrias generan son: el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y los oxidantes fotoquímicos.

16. Los automóviles constituyen la segunda fuente importante de contaminación atmosférica en Cataño. Aquí circulan el 75% de todos los automóviles que se desplazan en Puerto Rico. Estos automóviles generan suficientes contaminantes como para categorizar a Cataño, como una zona crítica en términos de contaminación por automóviles.

17. Las sustancias contaminantes que generan los automóviles son: el Monóxido de Carbono y los hidrocarburos.

La última, pero no la menos importante fuente de contaminación en Cataño es la actividad humana, que genera la contaminación por materia particulada.

18. Los diversos tipos de industrias, en conjunto con otras variables, como el transporte, la actividad humana, presión demográfica y los niveles sociales de la población hacen de Cataño una de las regiones más deterioradas en Puerto Rico, en término de la calidad del medio ambiente.

19. La contaminación atmosférica en Cataño ha afectado mayormente a la población. Esta presenta altas incidencias y problemas en las vías respiratorias mayores que en otras regiones de Puerto Rico. Además la contaminación ha contribuido al deterioro de los paisajes naturales y urbanos.

20. En síntesis, Cataño es el complejo urbano más deteriorado ecológicamente en Puerto Rico. La causa fundamental de este deterioro es la contaminación atmosférica generada por la actividad industrial, el transporte y la actividad humana.

21. La calidad ambiental de Cataño requiere particular atención y análisis para evitar futuras crisis ecológicas y sobretodo, para mantener en forma integrada el desarrollo biológico de plantas, animales y el desarrollo económico del hombre.

22. Algunas de las posibles soluciones que mejorarían la situación ambiental de Cataño son: mayor planificación industrial y urbana, mayor orientación a la comunidad, mejorar las técnicas de producción industrial y enforzar más efectivamente la legislación existente en dicha área.

BIBLIOGRAFIA

1. A Guide for Considering Air Quality in Urban Planning, National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, Virginia.
2. Air Pollution Advisory, New Letter, March, 1970.
3. Air Pollution Control: Guidebook for management, Edited by A.T. Rossano, Jr. Stamford, Conn., Environmental Sciences Service Division.
4. Air Pollution, Motor Vehicle, Environmental Protection Agency, (mimeo).
5. Alexander, Christopher, La Estructura del Medio Ambiente, Tusquets Editors, Barcelona, 1971.
6. Alva Cendes, Eduardo, "El Espacio en el Estudio del Desarrollo Económico", (mimeo).
7. An Analysis of Automobile Frequencies in a Human Geographic Continuum, Reino Ajo, C.W.K. Kund, Sweden, 1955.
8. Anuario de Estadística Agrícola de Puerto Rico 1973-74, Departamento de Agricultura, Estado Libre Asociado, 1973.
9. Aylesworth, Thomas G., La Crisis del Ambiente, Mexico, Fondo de Cultura Económica - 1974.
10. Aylesworth, Thomas G., This Vital Air, this Vital Water, Men's Environmental Crisis, Chicago, Rawd McNally, 1968.
11. Ayres, Robert U. y McKenna, Alternatives to the Internal Combustion Engine, John Hopkins, University Press, Baltimore, Maryland, 1972.
12. Barret, E.C., Viewing Weather from Space, Praeyer Publisher, New York, 1967.
13. Barry and Charley, Atmosphere, Weather and Climate, Holt Rine and Winston Inc., New York, 1970.
14. Bataillon, Claude, Las Zonas Suburbanas de la Ciudad de Mexico, Instituto de Geografía, Unam, Mexico D.F., 1968.
15. Bates, David V., A Citizen's Guide to Air Pollution, Montreal, McGill and Queen's University Press, 1972.
16. Battan, Louis J., The Unclear Sky, Anchor Book Doubleday & Company Inc., New York, 1966.
17. Bernstein, Peter J., "Salvemos el Aire", El Nuevo Día, (San Juan, Puerto Rico), 6 de marzo, 1977.

18. Bettenheim, Charles, Planificación y Crecimiento Acelerado, Fondo Cultura Económica, Mexico D.F., 1965.
19. Brodine, Virginia, Air Pollution, New York, Hav Court Brice, Jovanovich, 1973.
20. Calvesbert, Robert J., Climate of the States, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1970.
21. Census tracts, U.S. Department of Commerce, 1970.
22. Clarke, George y Leonard, traducción de Miguel Poste, Elementos de Ecología, Ed. Omega, Barcelona, 1969.
23. Climatic Resources and Economics Activity, Geopub Book Service, Oregon, 1974.
24. Colón, José A., "Air Pollution Metereology and Transportation of Pollutants", U.S. Bureau, Technical Memorandum, No. 14, Junio 1966.
25. Commoner, Barry, The Closing Circle. Nature, Man and Technology, New York, Knopt, 1971.
26. Conde Thillet, Mario L. "Contaminación: Enemiga de las Plantas", El Mundo (San Juan, Puerto Rico) 5 de junio, 1977.
27. Corbusier Le, Principios de Urbanismo, Editorial Ariel, Barcelona, 1973.
28. Corrada, Rafael, "Hacia una Estrategia de Desarrollo Urbano para Puerto Rico", Plerus V.C. VI, Num. 1, Junio 1977.
29. County Business Patterns 1973 - Puerto Rico, American Samoa, Guam, and Virgin Island, U.S. Department of Commerce, Bureau at the Census, 1975.
30. Chute, Roberto, traducción de Ambrosio González, Por una Tierra Habitable, Ed. Pax, Mexico, D.F., 1973.
31. Darling, Frank Fraser, Conciencia Social y Medio Ambiente, Editorial Pax, Mexico, D.F., 1972.
32. Davies, S.C., The Politics of Pollutions, Geopub Book Service, 1975.
33. Derruau, Max, Tratado de Geografía Humana, Ed. Vicens-Vives, Barcelona, España, 1969.
34. Detwyer, Thomas R., Urbanization and Environment, Duxbury Press, Massachusetts, 1974.
35. Dillenburger, H., Tu Auto, Ed. Daimon, Barcelona, España, 1967.

36. Discusiones sobre Planificación, Siglo XXI Editores S.A., México D.F., 1975.
37. Dona, W.L., Metereology, Geopub Book Service, Oregon, 1975.
38. Durand Dastes, Francois, Climatología, Ediciones Ariel, Barcelona 1972.
39. Echevarría, L.M., Geografía Humana, Económica, y Política, Ed. Esfinge, Mexico D.F., 1973.
40. Enmiendas Propuestas al Reglamento para el Control de la Contaminación Atmosférica, Junta Calidad Ambiental, 1974.
41. Environmental Quality Handbook for Environmental Impact, Analysis, U.S. Government Publications, Washington D.C.
42. Estael, R.C. y R.O. Buchanan, Actividad Industrial y Geografía Económica, Editorial Lahor, U.S.A., 1970.
43. Gaicochea, Leandro, El Saneamiento del Aire en la Ciudad, Mayagüez, Puerto Rico, 1965.
44. General Population Characteristics Puerto Rico, A United States Department of Commerce Publication, Bureau of the Census, 1970.
45. General Social and Economic Characteristics. Puerto Rico, A United States Department of Commerce Publication, Bureau of the Census, 1970, Census of Population.
46. George, Pierre, El Medio Ambiente, colección ¿Qué sé? Oikos-Tau, Barcelona, 1972.
47. George, Pierre, Geografía Urbana, Ediciones Ariel, colección El Cano, España.
48. George, Pierre, La Acción del Hombre y el Medio Geográfico, Ed. Península, Barcelona, España, 1970.
49. Gilpin, Alan, Control of Air Pollution, Butterworths, London, 1963.
50. González Cabran, Armando, "Saneamiento Ambiental y Salud Pública", Plerus, Vol. 7, Num. 1, Junio, 1971.
51. González Tejera, Efraim, Transportation in Puerto Rico, U.P.R., Río Piedras, Puerto Rico, 1971.
52. Hesketh, Howard E., Understanding Controlling Air Pollution, Ann Arbor, Michigan, 1973.
53. Hacia una Política de Desarrollo Industrial para la Decada del 70, Administración de Fomento Económico, Mayo 1973.

54. Hidore, John J., Physical Geography, Earth System, Scott, Foreman and Company, Illinois, 1974.
55. Industrial Air Pollution Control, Edited by Kenneth Noll, Ann Arbor, Michigan, 1973.
56. Informe Ambiental 1973, Junta Calidad Ambiental, Estado Libre Asociado, San Juan, Puerto Rico, 1974.
57. Informe Contaminación Atmosférica, Barrio Amelia y Sabana, Guaynabo, Junta Calidad Ambiental, San Juan, Puerto Rico, 1973.
58. Informe Económico al Gobernador, Junta Planificación, Estado Libre Asociado, 1975.
59. Informe del Estudio Sobre Función Pulmonar y Contaminación Atmosférica en Playa de Guayanilla, Misión Industrial de Puerto Rico, Río Piedras, 1975.
60. Informe del Gobernador a la Honorable Asamblea Legislativa sobre la Calidad del Medio Ambiente, Estado Libre Asociado, San Juan, 1975.
61. International Congress on Air Pollution; Proceeding of the First International Congress on Air Pollution held in New York City, March 1-2, 1955.
62. Jacobs, Morris Boris, The Chemical Analysis of Air Pollutans, Interscience Publishers, New York, 1960.
63. Jáuregui, Ernesto O., Mesomicroclima de la Ciudad de Mexico, Instituto de Geografía, UNAM, Mexico D.F., 1971.
64. Jones, Enrys, Geografía Humana, Colección Labor, Barcelona, 1974.
65. Lacoste, Yves, Geografía del Subdesarrollo, Ediciones Ariel, Colección El Cano, 1971.
66. La Contaminación, Salvat Editores S.A., Barcelona, 1973.
67. Lechtzin, Edward S., "Imposible para Fabricantes de Carros Cumplir Normas de Calidad del Aire", El Mundo, (San Juan, Puerto Rico), 23 de enero, 1977.
68. Lefebvre, Henri, El Pensamiento Marxista y la Ciudad, Editorial Extemporaneos, Mexico, D.F., 1973.
69. Leighton, Rphilip, Albert, Photochemistry of Air Pollution, New York, Academic Press, 1961.
70. Leobetter, Joe O., Air Pollution, New York, Dekker, 1972.
71. Manabe, S. y Weatherald, R.T.J., Atmos. Scien., U.S.A., No. 24, 1967.

72. Manual Para el Control de la Contaminación Industrial, Instituto de Administración Local, Madrid, España.
73. Márquez, Enrique, El Medio Ambiente, Fondo Cultura Económica, México, D.F., 1973.
74. Marshall, Jame, El Aire en que Vivimos, Editorial Diana, Mexico D.F., 1972.
75. Miller, Willard E., A Geography of Industrial Location, Brown Company Publisher, U.S.A., 1971.
76. Morales, Tomás y Víctor Sánchez Cardona, "Realidades y Perspectivas en el uso de la Energía en Puerto Rico", (Colección P.R.) 1972.
77. Pasquill, F. Atmospheric Diffusion, Vannostrand, Princeton, New Jersey, 1962.
78. Perkins, Henry Crawford, Air Pollution, McGraw-Hill, New York, 1974.
79. Peterson, William, La Población, Colección de Ciencias Sociales, Editorial Tecnos, Madrid.
80. Picó, Rafael, Nueva Geografía de Puerto Rico, Ed. Universitaria, Universidad de Puerto Rico, 1969.
81. Ponencia ante Junta Calidad Ambiental sobre el Reglamento contenido de Azufre en el Combustible que se Quema en Puerto Rico, Misión Industrial de Puerto Rico, Río Piedras, 1974.
82. Puerto Rico 1959 y 1969, Census of Agriculture, U.S. Department of Commerce.
83. Rexach Benitez, Roberto, "Cataño en Manatí," El Nuevo Día, (San Juan, Puerto Rico), 15 de Junio, 1977.
84. Riehl, Herbert, Tropical Meteorology, McGraw Hill Book Co. U.S.A., 1954.
85. Rivera Lucena, Elio, Población en el Area Costanera de Puerto Rico, Programa Manejo Zona Costanera y Departamento de Recursos Naturales, San Juan, Puerto Rico, 1972.
86. Robinson, Joan, Economía de Mercado versus Economía Planificada, Ediciones Martínez Roca S.A., Barcelona, 1973.
87. Roche Velázquez, Mario, Ponencia ante las Camaras Legislativas de Puerto Rico, Vistas Celebradas sobre Intoxicación por Mercurio, Misión Industrial de Puerto Rico, Río Piedras, 1976 (mimeo).
88. Ross, Richard D., Traducción de María Ortiz, La Industria y la Contaminación del Aire, Ed. Diana, Mexico, 1972.

89. Salud Mundial, Revista Ilustrada de la Organización Mundial de la-Salud, mayo 1972 y enero 1976.
90. Sánchez, Molina A y otros, Síntesis de Geografía Física y Humana, Ed. Trillas, Mexico D.F., 1972.
91. Santiago, Tony, "Hacia el Gran Tapón, Un Millón de Automóviles en Puerto Rico", El Mundo (San Juan, Puerto Rico), 28 de noviembre, 1976.
92. Savage, Burke, Coupe y otros, Economics of Environmental Improvement, Houghton Mifflin Company, Boston, 1974.
93. Seinfeld, John H., Air Pollution, Physical and Chemical Fundamental, McGraw Hill Inc., U.S.A., 1975.
94. Shaw, Earl B. Fundamentals of Geography, John Wiley & Sons Inc., New York, 1965.
95. Singer, Paul, Economía Política de la Urbanización, Siglo XXI Editores S.A., Mexico D.F., 1975.
96. Socio Economics Model in Geography, University Paperback, Methuen & Co. LTD, London, 1969.
97. Stern, Arthur Cecil, Air Pollution, Edited by Academic Press, U.S.A., 1968.
98. Southwich, Charles H., Ecology and the Quality of Our Environment, Van Nostrand, New York, 1972.
99. Strahler, Arthur N., Physical Geography, John Wiley & Sons Inc., New York, 1950.
100. Summer W., Pollution of Air, CRC Press, U.S.A., 1971.
101. Szekely Francisco, "Más de 4 y media Tonelada de Smog Contaminan cada día el Aire del D.F.", El Día, (Mexico D.F.), 14 de mayo, 1976.
102. Ti6, Marcos A., "Efectos de Emisiones Industriales en la Agricultura de Puerto Rico", Plerus, Vol IV, No. 2.
103. Tolba, Mostafa K., "Problemas Ambientales y Pobreza" El Día, (Mexico, D.F.), 28 de mayo, 1976.
104. Vázquez Calzada, José, El Desbalance Entre Recursos y Población en Puerto Rico, U.P.R., Dpto. de Economía, Centro de Estudios Demográficos, noviembre, 1966.
105. Vázquez Calzada, José, La Emigración Puertorriqueña ¿Solución o Problema?, Sección Bioestadística, Escuela de Medicina, San Juan, Puerto Rico, agosto 1963.

106. Vázquez Calzada, José, Tendencia y Patrones de la Fecundidad en Puerto Rico, Trabajo leído en la Convención Anual de la Asociación de Salud Pública de Puerto Rico, marzo, 1966 (mimeo).
107. Villamil, José, "Equilibrio Espacial y Planificación en Puerto Rico", Plerus, Vol. VI, Num. 1, Junio, 1972.
108. Vivó, Jorge A., Geografía Física, Ed. Herrero, México, 1975.
109. Vivó, Jorge A., Geografía Humana y Económica, Ed. Patria, Mexico D.F., 1972.
110. Williamson, Samuel J., Fundamentals of Air Pollution Reading, Addison-Wesley, Massachusetts, 1973.
111. Zelinky, Wilbur, Introducción a la Geografía de la Población, Ed. Vicens-Vives, Barcelona, 1971.