

MINISTERIO DE LA INDUSTRIA BASICA
INSTITUTO DE GEOLOGIA Y PALEONTOLOGIA

PROYECTO

**ESTUDIO GEOLOGO AMBIENTAL INTEGRAL DEL
MUNICIPIO ARROYO NARANJO.**

Autores:

Gricell Correa García
Santa Gil González
Beatriz Rodríguez Basante

Ciudad de la Habana, 1997

INDICE

	Página
I.- Introducción.	4
II.- Generalidades	5
III.- Fundamentación del Proyecto	7
IV.- Metodología y volumen de los trabajos.	8
4.1.- Trabajos de recopilación de Información.	8
4.2.- Fotointerpretación geologo - geomorfológica.	9
4.3.- Trabajos de campo.	9
4.3.1.- Itinerarios de reconocimiento.	9
4.3.2.- Levantamiento para la determinación de fuentes contaminantes.	10
4.3.3.- Muestreo de aguas superficiales y subterráneas.	10
4.3.4.- Muestreo de rocas.	10
4.3.5.- Muestreo de aire y polvo.	11
4.3.6.- Muestreo de hidrocarburos.	11
4.3.7.- Muestreo geoquímico.	11
4.3.8.- Trabajos geofísicos.	12
4.3.9.- Análisis de laboratorio.	13
V.- Trabajos de gabinete.	15
5.1.- Resultados esperados.	15
5.1.1.- Mapa fotogeológico.	15
5.1.2.- Mapa de recursos minerales.	15
5.1.3.- Mapa de suelos.	15
5.1.4.- Mapa hidrólogo - hidrogeológico.	15
5.1.5.- Mapa de amenazas geológicas.	15
5.1.6.- Mapa de uso y ocupación del territorio.	15
5.1.7.- Mapa de contaminación.	15
5.1.8.- Mapa de localización de puntos de muestreo y mediciones geofísicas en fuentes contaminantes estudiadas.	16
5.1.9.- Mapa de los resultados geoquímicos y geofísicos en las fuentes contaminantes estudiadas.	16
VI.- Parte Económica	18
VII.- Bibliografía	21

I.- INTRODUCCION

El medio ambiente contempla la indisoluble relación entre los componentes naturales y la acción del hombre, estableciendo una dinámica propia de transformación del medio físico.

El medio físico, objeto de la geología, puede ser entendido como el conjunto de los materiales terrestres (suelos, rocas, agua, aire) y tipos naturales de energía (gravitacional, solar y otras) incluyendo las modificaciones resultantes de la acción biológica y humana.

La geología ambiental ha surgido como un método más específico de estudio del medio ambiente. Este consiste en la aplicación de los principios y conocimientos geológicos a los efectos producidos por la interacción del hombre con el entorno natural.

Dentro de los estudios geológico ambientales desde principios de los años sesenta se puso de manifiesto una línea de trabajo, la cual se mantiene en la actualidad con los estudios de evaluación general cuya finalidad es llevar a cabo un análisis y diagnóstico de una zona dada (desde el ámbito supra natural al local) con el objetivo de planificar la ubicación de actividades humanas en la misma, con un mínimo de deterioro del medio y un mejor aprovechamiento de sus posibilidades.

Esta es la finalidad que se persigue con el presente proyecto, la de lograr una valoración lo más objetiva posible de las condiciones geológico ambientales del territorio, que sirva de punto de partida para el desarrollo adecuado del municipio Arroyo Naranjo y su repercusión negativa sobre el ambiente.

II.- GENERALIDADES.

Ubicación.

El municipio Arroyo Naranjo se encuentra ubicado en la parte centro meridional de la provincia de Ciudad de La Habana, ocupando un área de aproximadamente 83 km². para un 9% del área total de la provincia; colinda por el norte con el municipio Diez de Octubre, por el este con los municipios de San Miguel del Padrón y Cotorro, por el oeste con el municipio Boyeros y por el sur con la provincia de La Habana.

Relieve.

Desde el punto de vista físico geográfico, la mayor parte del municipio está enclavada en las llanuras y alturas del norte de la Habana y la otra parte, la más meridional, en la llanura Ariguanabo - San Juan - Almendares.

El relieve se caracteriza por la presencia de llanuras y terrazas acumulativas y erosivo - acumulativas, medianas, ligeramente onduladas y planas o abrasivas y abrasivo - denudativas, colinosas con alturas de 80-90 m ó 100-120 m. La pendiente oscila mayormente entre 0.5 y 5 grados alcanzando valores de hasta 10 grados en las zonas colinosas.

Hidrografía.

La red hidrográfica está constituida en parte por la cuenca del río Almendares y por los ríos de pequeño cauce como Pancho Simón, Guareana y Orergo.

Suelo.

Los suelos son del tipo ferralíticos y fersealíticos, cuarcíticos, amarillos y rojos típicos, y los pardos grisáceos húmicos carbonáticos; predominando los del primer tipo.. Por su

composición se consideran arcillosos y muy arcillosos y aquellos suelos que han podido ser estudiados son considerados del tipo productivo. El área en su gran mayoría está urbanizada

Vegetación.

La vegetación presente está constituida por pastos con focos de cultivos, sabanas naturales y vegetación secundaria (bosques, matorrales y comunidades herbáceas).

Condiciones climatológicas.

El clima es tropical con verano relativamente húmedo (de sabana). Los vientos más persistentes son los alisios reforzados por brisas marinas, la velocidad media anual de los vientos en los meses de invierno y verano son de 15.9 y 13 km./h respectivamente. La media anual de las precipitaciones oscila entre 1400 - 1600 mm. La humedad relativa puede existir en un 85 -95 % y la evaporación alcanza valores medios anuales de 1 800 a 2 200 mm.

Consideraciones socio - económicas.

El municipio cuenta con una población de 198 840 habitantes para una densidad de población de 2 384 hab/km² .

Entre las industrias enclavadas en el municipio se encuentran: la pasteurizadora “Luis Pasteur”, la fábrica de levadura “Bolivia” y la fábrica de pilas “Yara” entre otras. Además cuenta, aproximadamente, con una decena de vaquerías y como centro turístico más importante el Parque Lenin.

III.- FUNDAMENTACION

Con este proyecto se pretende estudiar los principales problemas ambientales presentes en el municipio Arroyo Naranjo, de manera tal que el resultado del mismo nos brinde los elementos necesarios para el mejoramiento de la vida y el desarrollo socioeconómico del territorio, tomando como base el estudio geólogo ambiental con la caracterización de los componentes del medio ambiente afectados por la comunidad,

La existencia de diversas fuentes contaminantes, la proliferación de focos insalubres son, entre otros, problemas a los cuales debe prestársele la debida atención por su impacto ambiental.

IV.- METODOLOGIA Y VOLUMEN DE LOS TRABAJOS.

4.1.- Trabajos de recopilación de información .

En esta primera etapa, se hará una revisión de toda la información existente sobre el municipio Arroyo Naranjo en aquellas instituciones vinculadas con los objetivos de nuestro trabajo teniendo en cuenta , las características geológicas, hidrogeológicas, climatológicas, y edafológicas, el tipo de flora y fauna, los factores socioeconómicos y culturales, así como el reconocimiento de las fuentes contaminantes principales presentes en el territorio.

Para el buen desenvolvimiento de esta etapa de trabajo se necesita la cooperación de las instituciones propietarias de la información:

- Instituto de Suelos.
- Comité militar territorial.

- Planificación física provincial.
- DAU municipal.
- Recursos hidráulicos.
- Instalaciones municipales de salud pública.
- Consejos populares.
- Instituto de Medicina del Trabajo y otros.

En esta etapa el equipo de trabajo estará constituido por los siguientes técnicos.

CATEGORIA	CANTIDAD	TIEMPO (mes)
Investigador auxiliar	1	0.5
Investigador agregado	2	1.5
Aspirante investigación	1	1.5
Geólogo grupo XIII	3	1.5
Geofísico grupo XIII	1	1.5
Geólogo grupo XI	2	1.5
Geólogo grupo IX	1	1.5

4.2.- Fotointerpretación geólogo - geomorfológica.

La utilización de éste método se proyecta con el objetivo principal de estudiar la geología, geomorfología, zonas de amenazas geológicas, uso de los suelos, función, recursos minerales, flora etc. La escala de las fotos variará de 1: 37 000 a 1 : 26 000, en dependencia de la disponibilidad de las mismas. Estos trabajos constituyen un método sencillo y práctico y contribuyen a la obtención de un volumen considerable de información.

La información obtenida será previamente corroborada y complementada a través de un volumen reducido de trabajos de campo. El área a descifrar cubre una superficie de 83 km² .

4.3.- Trabajos de campo.

4.3.1.- Itinerarios de reconocimiento.

Los itinerarios geólogo - geomorfológicos se realizarán con una base topográfica a escala 1 : 25 000, teniendo en cuenta los resultados de la fotointerpretación y otros materiales consultados. En ellos se incluye: la localización de zonas para recursos minerales, puntualización de la geología y la geomorfología del área, de las amenazas geológicas, de las zonas contaminadas y fuentes contaminantes, de los usos y ocupación de los suelos etc. Además se comprobarán algunas interrogantes surgidas durante la etapa de recopilación de datos e información bibliográfica.

Tabla No. 1.1.- Volumen de los trabajos de recopilación de información, fotointerpretación e itinerarios de reconocimiento.

Actividad	UM	Volumen
Recopilación de información	mes	1.5

Itinerarios de reconocimiento	km ²	40
Fotointerpretación	km ²	83

4.3.2.- Levantamiento para la determinación de las fuentes contaminantes.

Se realizarán itinerarios de campo en zonas industriales del territorio, instalaciones de salud pública, áreas insalubres, vertederos, cementerios etc.; estableciéndose el grado de potencialidad de contaminación del medio ambiente de cada una de ellas y se realizarán estudios preliminares en las mismas, incluyendo muestreo geoquímico y algunas mediciones geofísicas donde las condiciones lo permitan.

Los resultados de este levantamiento contribuirán a la evaluación general de la acción de dichas fuentes sobre el entorno.

4.3.3.- Muestreo de aguas superficiales y subterráneas.

El muestreo de aguas superficiales se efectuará en todos aquellos puntos considerados de interés dentro del área de estudio, como son : ríos, arroyos, fuentes industriales y domésticas.

Para el muestreo de las aguas subterráneas se utilizará la red de pozos y fuentes de abasto de agua a la población; aquellas localizadas en las cercanías de las industrias potencialmente contaminantes serán muestreadas con especial interés.

Este muestreo se realizará con el objetivo de determinar el quimismo del agua y de este modo tener un conocimiento del tipo de agua que se presenta en el territorio.

Para este estudio se tomarán 20 muestras de agua superficial y 20 muestras de aguas subterráneas (pozos) a las que se les realizarán análisis químico completo, además de 10 muestras bacteriológicas que preferencialmente se tomarán de las aguas subterráneas. Las muestras para análisis físico - químico serán envasadas en recipientes de 1 litro previamente preparados para el efecto y las destinadas al análisis bacteriológico en frascos estériles suministrados por el MINSAP.

4.3.4.- Muestreo de rocas.

Las muestras de rocas se tomarán una vez determinadas las zonas perspectivas para los recursos minerales del territorio, entre los que encontramos las áreas de materiales para la construcción de viviendas de bajo costo.

La toma de muestras se llevará a cabo mediante el método de puntos, atendiendo a las variedades litológicas y para puntualizar además algunos aspectos geológicos del área.

4.3.5.- Muestreo de aire y polvo.

Si se considera imprescindible se realizará el muestreo del aire y el polvo, para lo que se contactará con el Instituto de Higiene y Epidemiología del MINSAP así como con el Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica del MINBAS.

4.3.6.- Muestreo de hidrocarburos.

La toma de muestras se realizará en los puntos de interés y en zonas de vertimiento de aceites, grasas e hidrocarburos. Este muestreo se coordinará con el CEINPET.

4.3.7.- Muestreo geoquímico.

El objetivo fundamental de este muestreo será la determinación de las concentraciones de los principales elementos químicos tóxicos presentes en los sedimentos de fondo y en los suelos de los alrededores de las fuentes contaminantes seleccionadas para un estudio más detallado.

El muestreo de los sedimentos de fondo se hará en ríos, arroyos, cañadas y en zonas anegadizas para detectar la acumulación de elementos en los sedimentos. El peso de las muestras será de 200 gramos y se tomarán a una profundidad de 20 a 30 cm, siendo envasadas en bolsas de polietileno.

La determinación de los cambios químicos ocurridos en el suelo se hará a través de muestras tomadas a una profundidad de 30 - 40 cm por debajo de la capa vegetal con un peso de 200 - 300 gramos, las cuales serán envasadas en sacos de tela. La ubicación de los perfiles y el paso de muestreo se precisará según el área estudiada. Tanto las muestras de sedimentos como las de suelo serán enviadas al laboratorio “J. Isaac del Corral” para su análisis químico.

Tabla No.1.2 Volumen de los trabajos de muestreo

Actividad	UM	Volumen
Muestreo de aguas superficiales y subterráneas	muestras	40
Muestras de rocas	muestras	20
Muestras de suelo	muestras	40
Muestreo de sedim. de fondo	muestras	20
Muestreo de aire	muestras	5
Muestreo de polvo	muestras	5

4.3.8.- Trabajos geofísicos.

En este proyecto, utilizaremos la geofísica con el objetivo fundamental de hacer una evaluación preliminar de la contaminación del suelo con metales pesados y/o elementos radioactivos, en aquellos lugares seleccionados una vez concluida la etapa inicial de recopilación de información y reconocimiento del municipio. Para esto proyectamos la realización de itinerarios gamma pedestre integral y levantamiento capamétrico.

La radiometría se realizará en aquellos lugares que se sospeche la presencia de algún elemento radioactivo, ya sea por naturaleza geológica o producto de la actividad antrópica y los levantamientos capamétricos se ejecutarán en los alrededores de aquellas industrias contaminantes del suelo con elementos tóxicos, pues la capametría es un método rápido y barato que permite la detección de concentraciones elevadas de metales pesados en el mismo.

La red o paso de medición se adaptaría a cada situación en particular; pero no excedería en ningún caso los 5m y se trabajará con un capámetro KT-5 y un radiómetro SRP-68-01.

4.3.9.- Análisis de laboratorio.

Para esta fase se proyecta un cúmulo de análisis una vez concluida la fase de muestreo. Para el caso de las muestras de agua, tanto superficiales como subterráneas, se proyectan los siguientes análisis:

- Análisis químico completo para aguas.

Estos análisis permitirán realizar una caracterización de las aguas desde el punto de vista físico - químico de los macro y microcomponentes presentes en las fuentes muestreadas. A partir de los mismos podrán ser reveladas concentraciones anómalas o contaminantes de algún elemento químico tanto en las aguas superficiales como en las subterráneas. El análisis químico comprende la determinación total por residuo seco, la presencia de HCO_3 , CO_3 , SO_4 , Cl , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , además se obtendrán los datos de conductividad, el valor de pH y propiedades organolépticas.

Los análisis químicos complementarios nos darán conocimiento acerca de NO_2 , NO_3 , PO_4 , NH_4 , I^- , Br^- , Fe , Sr , Li , S^{-2} , H_2SO_4 , As , H_3BO_3 , F , Mn , Zn , Cu , Be , Cr , CO_3 , Ni , Al , Sn , Sb , Ba , W , Se . Se determinarán también el Pb , Hg , Cd , etc como elementos tóxicos.

Para el estudio de las especies químicas se utilizarán métodos analíticos clásicos e instrumentales, con técnicas avanzadas como es el caso de la determinación de los metales por plasma inductivamente acoplados (ICP).

- Análisis químico para sedimentos y suelos.

Para el muestreo geoquímico tanto de sedimentos de fondo como de suelo se prevé crear un balance general de los principales elementos tóxicos presentes en las fuentes contaminantes, los cuales serán analizados por el método de absorción atómica.

- Análisis bacteriológico.

Estos análisis consistirán en la determinación de coliformes fecales, coliformes totales y pseudomonas, para establecer las condiciones de contaminación fecal. Para la realización de las mismas se coordinará con el Instituto de Higiene y Epidemiología.

- Análisis para muestras de rocas.

Las mismas comprenden una serie de métodos que caracterizan el tipo de recurso mineral del área de estudio, esta caracterización conllevará a la ubicación de puntos idóneos para la confección del mapa de recursos minerales del territorio, dentro de estos métodos se encuentran.

- Determinación de silicatos.
- Peso volumétrico y absorción.
- Determinación de carbonatos.
- Ensayos granulométricos.
- Pruebas tecnológicas
- Análisis petrográficos

Estas determinaciones también se realizarán en LACEMI.

- Análisis especiales.

Los análisis especiales se le realizarán a las muestras de polvo y aire para la obtención de datos tales como: volumen y concentración de elementos químicos, si durante la ejecución del proyecto se estima necesario se coordinará con el IHEM y con el CIPIMM.

Tabla 1.3.- Volumen de los análisis de laboratorio.

ANALISIS	U.M	VOL.
Análisis químico completo de agua	muestra	40
Análisis químico de sedim. fondo y suelo	muestra	60
Análisis bacteriológico	muestra	10
Análisis especiales para polvo y aire	muestra	5
Actividad puzolánica	muestra	4
Determinación de silicatos	muestra	4
Análisis mineralógico	muestra	4
Peso volumétrico y absorción	muestra	4
Determinación de carbonatos	muestra	5
Análisis petrográfico	muestra	20
Agua plástica	muestra	10
Análisis granulométrico	muestra	10
Carbonatos	muestra	10
Análisis microgranulometría	muestra	10
Prueba tecnológica a 950 ⁰ C	muestra	10
Preparación mtras de agua para lab. quím	muestra	40
Prepar. mtras para sedim, fondo y suelos	muestra	60
Prepar. mtras para ensayos granulomét.	muestra	20
Prepar. mtras para peso volum. y absorc.	muestra	4
Preparación mtras para análisis mineral.	muestra	4
Preparación de mtras para prueba tecnol.	muestra	10
Preparación de mtras para análisis petrog.	muestra	20

V.- TRABAJOS DE GABINETE.

5.1.- Resultados esperados.

Dentro de los resultados esperados se incluyen todos los anexos textuales y gráficos, donde se plasmarán los resultados del estudio geólogo - ambiental del municipio Arroyo Naranjo. Estos se confeccionarán una vez concluidas las etapas de recopilación de información y los trabajos de campo proyectados. Todos los mapas se presentarán a escala 1 : 25 000.

5.1.1.- Mapa fotogeológico.

Se realizará a partir de la recopilación de materiales realizados con anterioridad y de la fotointerpretación del territorio.

5.1.2.- Mapa de recursos minerales.

Se tomará como base el mapa fotogeológico y se plasmarán todos los recursos minerales del territorio. Como complemento a este mapa se incluirán en el informe tablas con los resultados de laboratorio y un catálogo de las mismas con sus coordenadas, usos etc.

5.1.3.- Mapa de suelos.

Se plasmará el mapa de suelos del Instituto de Suelos del MINAGRI.

5.1.4.- Mapa hidrólogo - hidrogeológico.

La parte hidrogeológica será en base a la información que se obtenga en el CENHICA.

5.1.5.- Mapa de amenazas geológicas.

Este mapa incluirá los elementos obtenidos de la fotointerpretación geólogo - geomorfológica y los resultados del trabajo de campo, se delimitarán las áreas de amenazas geológicas para la población.

5.1.6.- Mapa de uso y ocupación del territorio.

Este mapa reflejará el uso y ocupación actual de la tierra en el municipio investigado.

5.1.7.- Mapa de contaminación.

Reflejará las fuentes contaminantes y los medios naturales sometidos a la contaminación.

5.1.8.- Mapa de localización de puntos de muestreo y mediciones geofísicas en fuentes contaminantes estudiadas.

5.1.9.- Mapa de los resultados geoquímicos y geofísicos en las fuentes contaminantes estudiadas.

Mostrará las anomalías geoquímicas y geofísicas presentes en las fuentes contaminantes estudiadas.

5.1.10.- Mapa de función.

Reflejará la función seminatural y antrópica del territorio estudiado.

5.1.11.- Mapa de aptitud.

Es el resultado de la interpretación de varios mapas anteriores y ofrece información a ser tenida en cuenta en el reordenamiento del territorio.

Además de todos los materiales gráficos, se confeccionará un informe final que contendrá las memorias explicativas de todos los mapas presentados, así como las conclusiones y las recomendaciones de este trabajo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

1997

Actividad	M	J	J	A	S	O	N	D
Tarea técnica	x							
Confección del proyecto		x						
Recop. de información		x	x					
Interp. de fotos aéreas			x	x				
Muestreo			x	x				
Análisis de laboratorio				x	x			
Confección del informe						x	x	
Reproducción								x

VI.- PARTE ECONOMICA

6.1.- Precio objeto.

Estructura	Importe (pesos)
Costo presupuestario	32 413.71
I.- Costos propios	22 919.20
a.- Costos directos	11 651.84
Geología	11 651.84
Confección del proyecto	452.00
Confección del informe	1 599.00
b.- Costos Indirectos	11 267.36
II.- Costos acompañantes	9 494.51
Ganancia	5 386.01
Precio Objeto	37 799.72

6.2.- Cálculo directo.

Para trabajos de gabinete e itinerarios de reconocimiento.

Cargo	Salario básico	Tiempo (mes)	Importe (\$)
Investigador auxiliar (1)	370.00	1.5	555.00
Investigador agregado (2)	340.00	2	680.00
Aspirante a investig. (1)	310.00	5	1 550.00
Geólogo grupo XIII (3)	325.00	6.5	2 112.50
Geofísico grupo XIII (1)	325.00	5	1 625.00
Geólogo grupo XI (2)	295.00	2	590.00
Geólogo grupo IX (1)	265.00	1	265.00

Salario Básico: \$ 7 377.50

Salario complementario: $(7\ 377.50 \times 9.09) / 100 = \$ 670.61$

Aporte a la seguridad social: $((7\ 377.50 + 670.61) \times 14) / 100 = \$ 1\ 126.73$

Gastos de salario: $7\ 377.50 + 670.61 + 1\ 126.73 = \$ 9\ 174.84$

Gasto de combustible: $600\ 1 \times 0.65\ \text{ctvos} = \$ 390.00$

Cálculo Directo: \$ 9 564.84

6.3.- Cálculo de los gastos acompañantes.

Tipo y magnitud del servicio	Argumentación técnica del servicio	Ejecutará	UM	UF	Importe (\$)
Análisis bacteriológico	Det. colis fecal, total y pseudomonas	IHE	mtra	10	663.00
Det metales individuales por absorción atómica	Det. metales tóxicos en suelos sedimentos fondo	LACEMI	mtra	60	2 700.00

Análisis químico general y complementario	Caract. de aguas y deter. de elementos tóxicos.	LACEMI	mtra	40	2 904.00
Ensayo físico mecánico	Prop. física de las rocas	LACEMI	mtra	10	1 852.78
C.D Investig. auxiliar		LACEMI	mtra	1	455.43
Caract.hidrol. aguas sub y superficiales	Caract. hidrol. aguas y del NF	CENHICA	infor.	1	500.00
Muestreo y análisis de polvo y aire.	Det.de elementos nocivos	CIPIMM	mtra	5	419.30
Total de estos costos					9 494.51

6.4.- Cálculo de los gastos de materiales. UM: M.N o U.S.D.

Producto	UM	Consumo	Precio
Papel bond 8.5 x 11	millar	1	12.00
Papel fotocopia	millar	1	8.00
Boligrafos	U	20	30.00
Lápices de colores	caja	1	13.60
Goma de pegar	U	1	1.40
Marking tape	rollo	1	0.75
Porta mina	U	10	10.00
Mina	U	20	3.00
Carpeta miniclip	U	5	10.00
Scotch tape	rollo	1	0.70
Papel gaceta	millar	2	10.00
Libretas	U	10	3.00
Flopy disk	caja	1	9.50
Papel de plotter	rollo	1	52.00
Cartuchos p/ impres.	U	4	140.00
Papel alba	rollo	1	20.00
Files	U	20	10.00
Total	\$		333.95

VII.- BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Cañete Pérez, C. Proyecto Estudio geólogo ambiental integral del municipio Guanabacoa, IGP, 1996.
- 2.-Castellanos Silven, A. Proyecto Estudio geólogo ambiental integral del municipio San Nicolás de Baris, E.G.M Habana - Matanzas, 1997.
- 3.- Colectivo de autores. Recomendaciones metodológicas sobre la evaluación geoquímica de fuentes contaminantes del medio ambiente, URSS, 1982.
- 4.- Durea, Andres. Efecto de los metales pesados contaminantes del suelo sobre la susceptibilidad magnética, Acta universitaria Carolinae No.1 - 2, 1993.

- 5.-González Castro, I. Proyecto Estudio de los impactos ambientales producidos por la planta de cloro - sosa Electroquímica “Elpidio Sosa”, E.G.M Centro, 1996.
- 6.- Santiago K, C. y Repetto F, L. Aspectos geológicos de protección ambiental , volumen 1. UNESCO, 1995.
- 7.- Thornton Iain. Applied environmental geochemistry academic press, Geology series, 1983.