

CAPÍTULO 5

BASE DE DATOS GEOGRÁFICA ACUÍCOLA.

5.1 Aplicaciones para el SIG Acuícola

Dentro del marco del proyecto VLIR-ESPOL, el propósito del desarrollo del SIG Acuícola es servir de base para la implementación de un Sistema de Alerta Epidemiológica que derive en una Herramienta de Manejo Ambiental para ayudar a la sostenibilidad, en el largo plazo, de la actividad camaronera.

El SIG, en este contexto, se empleó como una herramienta analítica para estudiar los patrones temporales y espaciales de distribución de las patologías presentes en los sistemas acuícolas del Golfo de Guayaquil, así como para el manejo y análisis de datos históricos de producción y enfermedades en ellos.

El prototipo del Sistema de Información Geográfica para el sector acuícola del Golfo desarrollado por el componente 4.3 del Proyecto

VLIR-ESPOL contiene información de parámetros epidemiológicos y de producción, no obstante entre las expectativas creadas en torno a él están el poder expandir estas aplicaciones, integrando el conocimiento y capacidad multidisciplinarios de las instituciones involucradas en el proyecto y de todas aquellas que generan y administran datos e información en el Golfo de Guayaquil. Así algunas de las posibles aplicaciones del SIG acuícola, si se lo continuase elaborando sobre las funcionalidades implementadas actualmente, son:

- Producción de mapas temáticos; que despliegan información desde simple hasta altamente elaborada como mapas de distribución espacial de camarónicas, producción, enfermedades, variables ambientales, o de ponderación de multi-parámetros, mapas coropléticos, etc., identificados en el tiempo.
- Herramienta de análisis para estudios de planificación y uso de los recursos (manglares, áreas salinas, cuerpos de agua, semilla, etc.), para evaluación del impacto ambiental de la actividad acuícola
- Apoyo a la organización, ejecución y seguimiento de un monitoreo ambiental (fauna, vegetación, suelo, aire, agua, etc.)
- Inventario de recursos y biodiversidad
- Zonificación y Ordenamiento territorial.

- Interfase de entrada/salida a simuladores físicos o ambientales a nivel local y regional

La primera de estas aplicaciones, enfocada a la creación de mapas de variables oceanográficas y escenarios históricos en el Golfo de Guayaquil utilizando los datos e información disponibles en varias fuentes, se considera un aporte significativo para lograr una mayor comprensión de los fenómenos y factores que interactúan en él, logrando a la vez un mayor rendimiento de la Herramienta de Manejo Ambiental como tal. Concordando con la filosofía del SIG acuícola, el trabajo realizado, consistente en la sistematización a cierto nivel de las fuentes de información recuperadas de variables fisicoquímicas del Golfo y que culmina con la elaboración de mapas temáticos, se ejecutó con el objetivo de ofrecer una ayuda valiosa para el manejo integrado de la información disponible en estudios previos, dado que el análisis de los aspectos epidemiológicos y de producción de los sistemas acuícolas, en que se centró el SIG acuícola, necesita nutrirse con el conocimiento del escenario en que estos se desenvuelven, representado éste por las variables biofisisicoquímicas del entorno. Así mientras el SIG acuícola maneja información de camareras del Golfo, enfocando su desempeño en dos aspectos específicos, ya mencionados, esta tesis trabaja y busca incluir en el

análisis, información sobre las variables del entorno, especialmente las del medio acuático.

El SIG implementado en este trabajo hace uso de ciertos elementos gráficos que, como punto de partida, son comunes con el SIG acuícola. Aunque la manipulación de los elementos gráficos difiere de acuerdo a los objetivos planteados en cada estudio, es oportuno mencionar que ambos SIGs trabajan con las mismas referencias geográficas –mapas vectoriales idénticamente proyectados- y por tanto inmediatamente correlacionables (aplicados los convertidores o traductores actualmente disponibles con los programas de mapeo electrónico).

Las “variables” que se han seleccionado para ser representadas en mapas temáticos son aquellas de las que se obtuvieron series espaciales o temporales de datos y las que cuentan con “documentación” útil para su validación y que pueden ser atribuidas con mayor confiabilidad a una posición y tiempo y por lo tanto incorporadas a un Sistema de Información Geográfica.

Parte de la información existente no es cartografiable, por lo que además se crearon mapas temáticos con conexiones a textos de interés sobre determinados temas y que son útiles para lograr una comprensión mayor de determinado fenómeno o estado de las cosas

en la zona de estudio. Este modo de representación gráfica de la información está orientado hacia el concepto del desarrollo de una biblioteca digital. Una vez obtenidos los mapas temáticos se realiza un análisis cruzado de la información espacialmente representada, explotando así uno de los “puntos fuertes” del SIG, desde su conceptualización en los años 1990 [27].

5.2 Definición del modelo cartográfico

El modelo cartográfico utilizado para preparar los mapas temáticos lo integran un mapa base, obtenido de la base geográfica del Proyecto SIG Guayas Salado y otros archivos gráficos complementarios, entre los que están dos imágenes satelitales y mapas de referencia (límites políticos). Sobre uno ó la combinación de ellos se superponen las capas de información obtenidas de la recopilación de datos y las generadas a partir de ellas. Los archivos de la base de datos geográfica contienen objetos gráficos de tipo punto, lineales y poligonales.

El mapa base llamado semilla_limpia.tab es un mapa de líneas que delimita el área de estudio, fue obtenido del cruce de varios mapas que cubren sectores parciales del área del Golfo.

En la tabla 7 se presenta la documentación de los mapas del modelo cartográfico básico empleado para construir los mapas temáticos.

Tabla 7
Modelo Cartográfico

NOMBRE DEL ARCHIVO	DESCRIPCION	SISTEMA DE COORDENADAS	TIPO/ DATO	ELEMENTO	ELEMENTO GRAFICO REPRESENTADO	ESCALA	FUENTE	AÑO
Ecuador_ptcu.tab	Digitalizado en mesa a partir de un mapa impreso	UTM_PSAD 56	D	Líneas	Límites	1:50000	ND	ND
GGES_ESTACIONES.tab	-----	UTM_PSAD 56	D	Puntos	Puntos georeferenciados	ND	Proyecto Gis Guayas Salado	1996
zonas PabloJorge.tab	-----	UTM_PSAD 56	D	Líneas	Límites de zonificación	1:50000	Proyecto Gis Guayas Salado	1999
zonasgolfo_lines.tab	Digitalización sobre pantalla de rásters obtenidos del escaneado de hojas IOA impresas. Se emplearon mapas de más detalle para mejorar la fidelidad en algunos sectores, el resultado es un "híbrido".	Geográficas	D	Líneas	Línea de costa Golfo de Guayaquil	1:100000	Proyecto Gis Guayas Salado	1997
compcol_15M.tab	Imagen satelital, escalada		D	Pixel 15 m	Píxel	1:30000	Clirsen, Landsat TM7, pancromático	2001
compcol.tab	Imagen satelital, escalada y georeferenciada		D	Pixel 30 m	Píxel	1:100000	Clirsen, Landsat, pancromático	Nov., 1998

D: Digital

ND:No determinado

5.3 Parámetros cartográficos

De forma sencilla las características que permiten definir a un sistema de coordenadas, se conocen como parámetros cartográficos. En todo proceso de constitución de una base de datos geográfica es indispensable definir desde el inicio el sistema de coordenadas que se utilizará para normalizar la información cartográfica.

Esto permite, en el caso de información residente en un sistema de coordenadas diferente al adoptado por el proyecto, implementar o ejecutar la conversión de coordenadas apropiada, logrando de esta forma normalizar la información cartográfica en lo que a su sistema de coordenadas se relaciona.

La proyección, elipsoide, meridiano central, paralelos de origen, origen de coordenadas, etc., son parte de las características que deberán ser conocidas o acordadas con anticipación a la integración de los datos cartográficos.

Los parámetros cartográficos empleados en el desarrollo de la base cartográfica son:

Proyección: Transversa Universal de Mercator (UTM)

Elipsoide: Provisional SudAmerica de 1956

Meridiano central: 81°

Paralelo de origen: 0°

Origen de coordenadas: 10 000 000 N y 500 000 E

5.4 Metodología de trabajo

En este apartado se ilustra el proceso de manipulación de las fuentes de información desde su obtención hasta su integración en un marco general de análisis utilizando tecnología SIG, para que permita efectuar inferencias por medio de la elaboración de mapas temáticos de las variables representadas.

5.4.1 Recopilación de información

Las fuentes de información disponibles se inventariaron en formato digital (hoja electrónica). Para cada fuente se rescató toda la documentación posible, es decir la metainformación contenida en ella. El resultado de esta primera tarea fue una tabla maestra, presentada en el Anexo A, conteniendo las referencias para cada estudio. De esta tabla es posible identificar el uso potencial para cada estudio sobre la base de sus características principales.

5.4.2 Revisión y selección de referencias cartografiables

La siguiente fase fue la revisión, categorización y selección de las referencias de la tabla maestra, en función de la

documentación disponible y especialmente de la posibilidad de explotarla mediante el SIG. Este paso fue útil para seleccionar los estudios que serían integrados a la base de datos geográfica.

Sobre esta selección se escogieron las fuentes de datos que eran susceptibles de ser representadas geográficamente tomando como criterio de preferencia, principalmente, la existencia de series de datos consistentes (temporal o espacialmente) y la calidad y cantidad de su documentación, ya que el propósito principal de esta tesis es utilizar datos e información previamente generada para elaborar mapas temáticos haciendo énfasis en la documentación de las fuentes.

5.4.3 Creación de bases de datos alfanuméricas homogéneas

Los datos seleccionados para elaborar una base de datos alfanumérica básica, y que se encontraron en soportes variados (papel/digital), se llevaron a formato digital, se normalizó su estructura en archivos de datos independientes, i.e., se crearon archivos en formatos de hojas electrónicas (MSExcel) y de tabla de datos (MSAccess). A continuación se compiló sistemáticamente las fuentes de información originales. El objetivo de este paso fue obtener bases de datos “individuales”

correlacionadas con claves primarias a una tabla maestra de posiciones. Los procedimientos seguidos se detallan en 5.5.

5.4.4 Organización de la información gráfica

La información gráfica recopilada se clasificó de acuerdo a la posibilidad de su georreferenciación. El tratamiento de los datos gráficos varió de acuerdo a las características originales con que se los obtuvieron.

Un párrafo aparte merecen los gráficos del estudio de Stevenson, 1962-1964. Éstos fueron digitalizados a partir de fotocopias mediante un escáner de rodillo y los archivos rasterizados resultantes fueron georeferenciados, utilizando en este proceso la ubicación de cuatro puntos de posición conocida.

En general la información impresa gráfica de interés ha sido digitalizada mediante escáner y guardada en formato de imagen y cuando es posible, porque las referencias lo permiten, ha sido georreferenciada.

5.4.5 Generación de información gráfica

A partir de algunas de las fuentes recopiladas, en especial, los archivos de la base de datos gráfica, se realizó una zonificación del área de estudio, utilizando el mapa base cartográfico y como criterios la batimetría, una zonificación previa y la geografía de los principales canales que forman el Golfo, el resultado es un mapa de polígonos que se emplea en la elaboración de los mapas temáticos.

La creación de mapas de polígonos realizada a partir de mapas de líneas pasó por una serie de procedimientos de “limpieza” de los archivos fuente. Estos procedimientos consistieron en búsqueda de duplicados, saltos, brechas, creación de nodos, etc., en general corrección de errores de los datos. El procesamiento digital de los archivos gráficos se realizó con el programa microestación Geographics. Los polígonos así generados luego fueron transformados al formato de análisis geográfico (MapInfo).

Empleando la misma herramienta, de estudio realizado por Rada [65], se obtuvo un mapa de polígonos representando tres zonas de características sedimentológicas diferentes definidas por este autor.

5.5 Procesamiento de los datos

Se crearon tablas de datos alfanuméricas homogéneas solamente para los estudios (fuentes) en los que se contó con datos “crudos”; en este paso se seleccionaron 11 estudios de la tabla maestra que tuvieron esta característica.

Los archivos individuales creados de cada estudio (archivos MSEXcel) tienen dos tablas correlacionadas entre sí, una de “datos de parámetros” y otra “maestra de posiciones”, la primera fue estructurada en base de datos homogéneas (archivos MSAccess), en tanto que la tabla de posiciones fue exportada al programa de mapeo digital y análisis geográfico (Mapinfo), mediante el cual se representaron en mapas las posiciones tabuladas en la misma, generándose un archivo gráfico para cada estudio.

Fue necesario definir el grado de agrupación o síntesis que requerían los datos para poder representar cartográficamente los escenarios (mapas temáticos) que se plantearon como objetivo. La preparación o sintetización de los datos, requirió de varias etapas que permitieron extraer niveles varios de conocimiento y que se realizaron en MSAccess y Mapinfo, mediante consultas de lenguaje estructurado, dependiendo de las habilidades del usuario la utilización de uno u otro

programa. Así los archivos de datos fueron “procesados” inicialmente en MSAccess para crear los archivos (sub-conjuntos) con los niveles básicos y medianos de abstracción y las consultas estructuradas de MapInfo se realizaron mayoritariamente sobre la estructura de base de datos ampliamente avanzada con MSAccess.

Se creó también una base de datos integrada en la que se reúnen los estudios con parámetros comunes de interés, realizando una previa normalización de las unidades en que éstos están expresados. Datos de 9 de los 11 estudios forman este subconjunto de datos, que se usó para generar mapas temáticos de contornos de variables.

Además de las bases de datos individuales de estudios y de la base integrada, se creó una base denominada “Maestra de estudios”, la cual contiene tres tablas de interés: una tabla de parámetros que reúne el conjunto de los parámetros encontrados en las fuentes, una tabla de estudios que es la tabla general creada como se indicó en el ítem 5.4.1 y una tabla de parámetros por estudios, las tres se enlazan mediante campos clave y de su combinación en consultas diseñadas se puede obtener información sobre las variables de interés en los estudios de la tabla maestra.

En general a partir de estas bases de datos se han derivado otras que resultaron necesarias para la elaboración de algunos de los mapas

temáticos presentados. Para este tipo de deducciones se encontró útil explotar las funcionalidades de MSAccess.

5.5.1 Documentación de los archivos de la base de datos geográfica– base de la librería digital

Como se indicó en el ítem previo, se generó un archivo gráfico de cada estudio representando las estaciones de muestreo georreferenciadas. Los archivos digitales que se generaron de esta manera son de tipo punto y representan las estaciones de monitoreo.

Para algunos casos este proceso se hizo a partir de su tabla “maestra de posición”, en otros fue necesario recurrir a información implícita contenida en la documentación disponible del estudio. Los métodos que se emplearon para la generación del mapa de ubicación de estaciones de los estudios se indican en el ítem siguiente.

En la tabla 8 se presenta un inventario de los datos gráficos obtenidos hasta esta fase y su correspondiente base alfanumérica.

Tabla 8.

Descripción de los archivos gráficos de posición generados para los estudios de la base de datos alfanumérica

Nombre del estudio	Autor-año	Nombre tabla de posición	Fuente
Patterns of phytoplankton distribution related to physical and chemical characteristics of the Guayas River Estuary, Ecuador	Cardenas-1989-1990	Datos de Cárdenas	Gráfico de ubicación de estaciones
Implantación de un GIS en el Golfo de Guayaquil	VUB-INOCAR-ESPOL-1996-1999	Datos_GISGuayaSalado	Archivo digital con coordenadas
Hydro-Sedimentologic Measurements Dry Season 1984 Estero Salado Río Guayas Ecuador	DELFT-1984	Datos_DELFT	Tabla con coordenadas
Monitoreo de la Calidad del agua en afluentes y efluentes de cinco camaroneras ubicadas en la zona del Golfo de Guayaquil (Ecuador)	GUERRERO 1998-1999	Datos_afl_efl_Guerrero	Gráfico de ubicación de estaciones
Condiciones físicas químicas y biológicas del estuario interior del Golfo de Guayaquil durante 1994-1996	INP 1994-1996	Datos_INP_9496	Gráfico de ubicación de estaciones

Proyecto CPPS / INP	INP/CPPS 1986	Datos_INP_CPPS_86	Referencias geográficas
Programas de vigilancia y control de la contaminación proveniente de fuentes domésticas, industriales, agrícolas y mineras de las provincias del Guayas y El Oro. Informe de avance del CONPACSE-Fase II	DIGMER-CPPS 1994	Datos_Digmer_94	Grafico de ubicación de estaciones y referencias geográficas
Algunas características químicas de los sedimentos del Golfo de Guayaquil	VALENCIA 1976	Datos_Sedimentos_Valencia	Tabla con coordenadas
Evaluación de la contaminación en un ramal del Estero Salado (Puente 5 de junio-Puerto Marítimo) en base a la demanda de oxígeno (DBO5) calculada por el método manométrico	PIZARRO 1990	Datos_SoniaPi_tesis	Tabla con coordenadas
Estudio de Impacto Ambiental del Dragado del Canal de Acceso al Puerto Marítimo de Guayaquil	INOCAR 1998	Datos_Dragado_98	Referencias geográficas
Un estudio interdisciplinario de la contaminación Marina en el Río Guayas y el Estero Salado	ESPOL-CONUEP 1992-1995	Datos_Río_Estero	Grafico de ubicación de estaciones y referencias geográficas

5.5.2 Implementación de la base de datos geográfica

La obtención del mapa de posiciones para cada estudio (tabla 8) se realizó mediante uno o la combinación de los siguientes procedimientos:

- Se posicionó usando las coordenadas que constaran en el estudio.
- Se posicionó de acuerdo a referencias (boyas, lugares) proporcionadas por el estudio.
- Se colocaron los puntos sobre el mapa base teniendo como referencia el gráfico de ubicación de estaciones que acompaña generalmente al estudio.

Cuando las posiciones se obtienen colocando los puntos sobre el mapa base, es necesario asignarles coordenadas a los puntos, esto se puede lograr usando herramientas del software que permiten extraer coordenadas a partir de objetos gráficos.

A este archivo digital generado para cada estudio, en que se representan las estaciones de monitoreo con objetos punto, se enlazarán los datos alfanuméricos. En general las tablas de datos se enlazan a los archivos gráficos mediante un proceso denominado geocodificación.

El primer paso es leer los archivos de datos en el ambiente de Mapinfo, en lo que se denomina un "browser window". En el segundo paso se asigna coordenadas a los registros de las tablas de datos igualando el código de cada registro de los datos de la tabla de interés con la información de la tabla maestra de posiciones correspondiente. El enlace se realiza por medio de un campo común a las dos tablas, en este caso el campo de enlace se llama ESTACION el cual ya tiene, para cada registro, asignadas coordenadas en la tabla posición.

5.5.3 Enlace en mapas dinámicos

Los objetos mapa (puntos, líneas, polígonos) que en la jerga apropiada se denominan **objetos activos** se asocian con archivos tipo bitmap, un workspace, tablas de MIPro, un programa de MapBasic, documentos de texto o cualquier tipo de archivo ejecutable cuya extensión esté asociada con una aplicación instalada en el sistema.

Para enlazar la información se utiliza la herramienta hotlink, que no es otra cosa que un enlace mediante un campo en la tabla base, en el que consta la ruta del archivo asociado.

5.6 Mapas temáticos

Hay dos categorías de mapas generados, la una corresponde a mapas temáticos de variables elaborados a partir de datos “crudos” con las herramientas que ofrece el software y desarrolladas especialmente para el propósito; el otro tipo son mapas dinámicos que son una forma de representación gráfica de contenidos, información o resultados ya procesados.

La elaboración de mapas temáticos de variables se realizó utilizando subconjuntos o tablas de datos agrupados de cada estudio, el modo de agrupamiento (síntesis) depende del nivel de desagregación de los datos originales y del grado de sinopsis que se quiera representar. Las variables físicas escogidas para representación son Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y velocidad, principalmente. Se incluyeron otras variables físicoquímicas.

Aunque los mapas temáticos no se limitan a representar datos numéricos, todos los que aquí se presentan corresponden a variables numéricas. Entre las posibilidades de representación está el que un mapa puede mostrar más de una variable temática al mismo tiempo y así mismo se pueden tener múltiples mapas temáticos asociados a un mismo mapa base.

Tabla 9

Lista de mapas temáticos generados

Nombre	Tipo	Fuente de datos	Variable temática	Información
Mapa batimétrico	Grilla	Digitalización sobre pantalla a partir de mapas escaneados . Stevenson	Profundidad	Se presentan dos temáticos de dos fuentes diferentes de información. Método de interpolación
		Mapa de puntos ESPOL-INOCAR-VUB	Profundidad	Triangulated Irregular Network (TIN)
Mapa de los Estudios	Valores individuales	Posiciones de los estudios base de datos alfanumérica	Autor-año	
Mapa Corrientes	----	ESPOL-INOCAR-VUB Dragado-1998 DELFT 1984	----	Mapa de líneas generado con *programa de generación de vectores
Zonas golfo por geografía	Valores individuales	Polígonos de canales generados	Nombre_Canal	
Temáticos de OD	Barras	Subconjunto de datos de estudios en bases de datos	Oxígeno disuelto	Varios mapas de OD de los estudios seleccionados
Temáticos de SS	Barras	Subconjunto de datos de estudios en bases de datos	Sólidos suspendidos	Varios mapas de SS de los estudios seleccionados
Temáticos de OD y SS	Barras	Subconjunto de datos de estudios en bases de datos	Oxígeno disuelto y Sólidos suspendidos	Varios mapas de SS y OD de los estudios seleccionados
Grid OD Seca Superficie	Grilla	Selección de Base de datos integrada	Oxígeno disuelto	Se usó la herramienta dispersión de puntos

Nombre	Tipo	Fuente de datos	Variable temática	Información
				previo a la creación de la grilla
Grid pH Seca Superficie	Grilla	Selección de Base de datos integrada	pH	Se usó la herramienta dispersión de puntos previo a la creación de la grilla

*Desarrollado por especialistas del equipo de trabajo del proyecto VLIR. Las rutinas del programa se presentan en el Anexo C. El programa ejecuta la graficación de vectores a partir de un archivo de datos de entrada que contenga los datos: magnitud, azimuth, norte y este.

En la tabla 9 se presentan los mapas-tipo desarrollados, una lista completa con la identificación se presenta en el índice de mapas y los mapas impresos constan en el Anexo B.

5.7 Algunos resultados obtenidos del análisis de mapas temáticos

En este ítem se aborda el análisis de algunos de los mapas generados, contrastando resultados que se extraen de ellos, resultados obtenidos de consultas a la base de datos geográfica e información de referencia consultada.

Abordando el t3pico de acuicultura en el Golfo y partiendo de los mapas tem3ticos obtenidos del estudio de Guerrero, C [32] que considera 5 camaroneras ubicadas en el Estero Salado, estuario interior del GG, se elaboraron mapas tem3ticos de concentraci3n, en afluentes y efluentes, de ox3geno disuelto (Figura 9), s3lidos suspendidos (Figura 10) y nitratos (Figura 11), adem3s de uno sobre el comportamiento de los nutrientes nitrito, nitrato, amonio y f3sforo, en un ciclo de muestreo (septiembre/1998) (Figuras 12a y 12b). El periodo de las mediciones de este estudio correspondi3 con el a3o de m3xima producci3n de camar3n (1998) y con la fase final del fen3meno de El Ni3o y el inicio de La Ni3a (1998-1999), en este lapso ocurrieron anomal3as negativas en temporada seca del a3o 1999, que estuvieron precedidas por anomal3as positivas de menor magnitud del invierno del mismo a3o y, en general anomal3as positivas significativas correspondientes al periodo 1997 – 1998 de El Ni3o (Fuente de Informaci3n: Estaci3n oceanogr3fica El Pelado, Acuiclima, Fundaci3n CENAIM -ESPOL).

5.7.1 Nutrientes y Ox3geno Disuelto

Es visible (Figura 9) que el ox3geno disuelto es mayor en los efluentes como lo se3al3 [32], not3ndose tambi3n que la contribuci3n de ox3geno de 3stos se acent3a en las camaroneras ubicadas hacia el

norte y noroeste del Estero Salado, las descargas de los sistemas acuícolas contribuyen, de acuerdo a estos resultados, a oxigenar las aguas del Estero y del estuario interior en general. Según Guerrero [32], estos resultados pueden atribuirse al diseño de las compuertas de salida y a las altas tasas de fotosíntesis en las piscinas; Torres, F. (comunicación personal) los atribuye a la continua aireación dada a las piscinas durante el cultivo; Chang, J. (ídem) sugiere que las mayores concentraciones de oxígeno en los efluentes estarían dadas por mayores tasas de fotosíntesis favorecidas por la sedimentación de suspendidos debido a la relativa calma del agua en piscinas y canales de desagüe; Cornejo, M.H. (ídem) señala que éste comportamiento fue un hallazgo frecuente en muchas camaroneras en la etapa pre-mancha blanca, i.e., antes de 1998, corroborado también en los resultados de algunos estudios relativos al tema.

Los promedios anuales de oxígeno disuelto calculados de las lecturas de varios estudios realizados en el periodo 1984-1997 en el GG, mediante consultas a la base de datos geográfica, muestran que las concentraciones de éste a nivel superficial en el Estero Salado tiene picos en los años 1993 y 1997, el primero coincide con uno similar observado en la curva de producción camaronera (Figura 1) y con la ocurrencia de un ENOS de intensidad moderada, el segundo coincide con el año de inicio del evento ENOS más fuerte del siglo pasado,

también es el último año del que existe información en la base de datos considerada. Hay una gran similitud entre el comportamiento anual del OD en el Estero Salado y las precipitaciones anuales en la estación Guayaquil. El valor promedio de los valores anuales de oxígeno en el Estero Salado a nivel superficial es de 5.25 mg/l. En el Río Guayas también se observa un máximo en 1992 pero la tendencia anual es diferente, las concentraciones de oxígeno a nivel superficial disminuyen con el tiempo, el promedio anual del oxígeno en superficie en el Río es de 4.90 mg/l. Los mínimos en Río y Estero corresponden a 1995 y 1997 respectivamente, los dos fueron años cálidos, con pocas precipitaciones el primero y abundantes el segundo.

La concentración de nitratos de los afluentes en y entre camaroneras no muestra un patrón evidente (Figura 11), se observa una gran variabilidad temporal y espacial, sin embargo consistentemente se constata que las concentraciones en los efluentes son menores que en los afluentes en la mayoría de los casos, los promedios por granja camaronera de las concentraciones de este nutriente en los afluentes están entre 0.88 y 0.71 mg/l y en los efluentes están entre 0.61 y 0.52 mg/l. De acuerdo a estos resultados las piscinas se comportan como sumideros de este nutriente, Guerrero, C.(2000) reportó igual comportamiento para los nitritos y el nitrógeno total.

De los mapas de promedios mensuales de nitratos en el estuario

interior en el período 1989-1990, basados en estudio hecho por Cárdenas, W. [10], (Figura 13), se desprende que el nitrato se comporta de manera diferente en los canales del Río y el Estero, las concentraciones son mayores en el Río Guayas y los máximos en cada canal ocurren en momentos distintos aunque siempre en época seca. Estos datos corresponden a lecturas hechas a 3 m bajo la superficie.

Un análisis del mapa análogo basado en el estudio de INP 1994-1996 (Figura 13), muestra que las concentraciones de nitratos en la columna de agua son mayores en el Río, en donde los promedios de los meses similares, de 3 años de muestreo, son menos variables comparadas con las del Estero; de acuerdo a la información extraída de este mapa los máximos en superficie y fondo ocurren al mismo tiempo en Río y Estero, en la época lluviosa (febrero). Las mediciones en el nivel profundo tienen magnitudes mayores que en superficie en al menos 7 de los meses del año para Río y Estero, aunque no se observa relación de este comportamiento con variaciones estacionales. Los años de realización de este estudio: 1994 y 1996, fueron años fríos (TSM: El Pelado-CENAIM) y 1995 fue más cálido pero con pocas precipitaciones (INAMHI).

Consultas a la base de datos geográfica de datos del estudio ESPOL-CONUEP 1992-1995 coincidentes espacial y temporalmente con el

estudio de INP 1994-1996, no muestran la similitud esperada. En los años 1994-1995 tuvo lugar un ENOS débil con la TSM y las precipitaciones ligeramente anómalas, la estación seca de 1994, sin embargo, presentó sostenidamente anomalías negativas de TSM, mas estas alteraciones no parecen ser el origen de la variabilidad de este parámetro.

La distribución mensual de nitratos en el canal del Estero Salado, calculada mediante consultas a la base de datos geográfica integrada por varios estudios en la zona, muestra dos picos, uno en el mes de febrero y otro en noviembre, este último coincide con un pico en la concentración de oxígeno. Para el Río Guayas se presentan además del pico de noviembre picos en los meses de agosto y febrero, los dos primeros coinciden con similares en la curva de oxígeno. La variación anual de nitratos a nivel superficial en el Estero Salado en el periodo 1992-1997, muestra una tendencia a disminuir, lo que apoyaría la tesis de Guerrero de ser las camaroneras sumideros del nutriente. En el Río Guayas el comportamiento anual en el mismo lapso, es de alternar entre altas y bajas. El mínimo en ambos canales corresponde a 1995, año que es el de menores precipitaciones de la serie 1990-2000.

De este breve análisis y de la información existente sobre el comportamiento del nitrato en los ecosistemas acuáticos, que

establece que éste tiene una dinámica más bien biológica, siendo el más estable de las formas inorgánicas del Nitrógeno, gran parte de la varianza de este nutriente estaría asociada con este tipo de fenómenos. Además el Río parece ser una fuente importante de nitratos en el Estero.

Las concentraciones promedio de los nitritos por camaronera en afluentes están entre 0.163 y 0.062 mg/l y en los efluentes entre 0.0704 y 0.0233 mg/l.

De los promedios anuales de las lecturas de nitrito de varios estudios en el Estero Salado, las concentraciones de éste a nivel superficial muestran tres picos, dos de ellos son mínimos y ocurren en 1992 y en 1997 y un máximo en 1996, todos ellos se presentan en oposición al comportamiento de las concentraciones de oxígeno. El valor promedio de los valores anuales de nitritos en el Estero a nivel superficial es de 0.0409 mg/l. En el Río Guayas las concentraciones de nitrito presentan un pico con un máximo en 1996, el patrón anual que se observa es aumentar cuando las concentraciones de oxígeno decrecen y viceversa, la tendencia cambia para 1997 en que decrece junto con las concentraciones de oxígeno. El promedio de los valores anuales del nitrito en este canal es de 0.018 mg/l.

Del mapa de concentración de nutrientes en los afluentes y efluentes de camaroneras en el estuario interior del GG para el mes de

septiembre de 1998 se desprende que las concentraciones de nutrientes en los afluentes de las granjas ubicadas al norte y sur presentan un comportamiento aproximadamente inverso, esto es, mientras en la zona de la Isla de los Quiñónez el nitrato y el nitrito tienen los valores más altos, en las cercanías de la Isla Santa Ana éstos corresponden al amonio y al fósforo.

Para establecer una relación entre las concentraciones en los afluentes con las concentraciones de nutrientes en el GG interno se elaboraron mapas de distribución de nutrientes en superficie para época seca, considerando los valores reportados en varios de los estudios de la base de datos geográfica, esta base de datos que se empleó para generar mapas de áreas incluye estudios que se extienden por un periodo desde 1984 hasta 1997.

En la distribución de nitratos a nivel superficial época seca (Anexo B) se observa la ocurrencia de algunos núcleos de aguas ricas en este nutriente especialmente en la zona donde se encuentran el Canal de Cascajal con el Estero Salado (zona en la que existe un enorme bajo) y que se extiende hacia la Isla de los Quiñónez. Las zonas urbanas del Estero Salado muestran los valores más bajos. En esta consulta a la base de datos geográfica limitada a los meses de la estación seca, julio a noviembre, el rango de valores está entre 0.03 y 7 mg/l.

Los promedios por camaronera de las concentraciones de nitrato en los afluentes para A y B, ubicadas al noroeste de la Isla Santa Ana y en la Isla de los Quiñónez respectivamente, son los que tienen las mayores magnitudes, (cálculo para las campañas de época seca).

El amonio, para el que se generó un mapa de manera análoga (misma base de datos geográfica mismo periodo), se presenta (Anexo B) en concentraciones mayores hacia el sur de Estero Grande; en este sector se presenta un núcleo que se extiende hacia el suroeste siguiendo el eje del canal. Hacia el norte del Estero Grande las concentraciones son más o menos constantes hasta la altura de la boya 66, donde hay un núcleo de alta concentración en el meandro que se encuentra en este sitio. Más al norte los valores decrecen nuevamente, presentándose otro sector de altas concentraciones en el sector urbano del Estero cerca de Guayaquil.

En el mapa de contornos de fosfato (Anexo B) estación seca, se destacan concentraciones elevadas desde el centro del Canal del Río Guayas hacia el norte, en el Canal de Cascajal ocurren las concentraciones más bajas y en el Estero Salado se observa una intensificación de las concentraciones desde el sur de la Isla Santa Ana hacia el norte en dirección a Guayaquil.

Las concentraciones de fosfato en el estuario interior del GG de acuerdo al mapa correspondiente (Anexo B) aumentan de sur a norte

en los canales (Río y Estero); en Guerrero [32] las concentraciones promedio de fósforo son mayores en los afluentes de las camaroneras A y D, ubicadas en sectores distintos del Estero, esto puede ser observado en la Figura 12 (que presenta datos del mes de septiembre de 1998), lo cual puede deberse a que estuvieran aún presentes alteraciones causadas al sistema por el ENOS 97-98 y a la ubicación geográfica de las granjas estudiadas.

El nitrito, para el que se generó un mapa de manera análoga (misma base de datos geográfica mismo periodo), se presenta (Anexo B) distribuido homogéneamente en el estuario interior. Los valores más elevados se encuentran al norte, en el Estero Salado, zona urbana.

5.7.2 Sedimentos en suspensión y oxígeno disuelto

El entorno del GG se analiza a continuación en función de los SS, parámetro que por reflejar el equilibrio dinámico en los canales se prospecta como un indicador del comportamiento de éstos. Inicialmente se propone una visión global, i.e. los mapas temáticos y análisis pertinentes se refieren a la ocurrencia de SS u OD sin discriminación del factor marea, y a continuación se establece una comparación entre dos estudios desagregando la información función de la marea.

Las concentraciones de sólidos suspendidos son mayores en el Río Guayas que en el Estero Salado, el promedio anual calculado, de

consulta a la base de datos geográfica, para el primero es casi dos veces mayor que para el segundo. Los promedios anuales de los SS en el Río Guayas muestran un mínimo en el año 1992 y un máximo en 1996, en el Estero Salado se presenta el mínimo en el año 1993 y el máximo en el año 1984; los pulsos mínimos en ambos canales se pueden atribuir al ENOS 92-93 que causó grandes precipitaciones en la cuenca diluyendo las concentraciones de este parámetro en ambos canales en tanto que 1996 y 1984 fueron años de fase fría o La Niña de bajas precipitaciones, por lo que ocurrió el fenómeno contrario. La distribución de los promedios mensuales, considerando toda la columna de agua, en el sistema del estuario interior muestra un máximo de SS en julio y un mínimo en marzo.

Respecto a los sólidos suspendidos en superficie en época seca (Figura en Anexo B) en el Estero Salado se presenta una zona de valores elevados, un núcleo que se extiende desde la Isla de la Seca hacia el sur hasta el Estero Sabana Grande y que se alinea hacia la orilla oeste del canal; otros núcleos notorios de sólidos se encuentran en el Río Guayas a la altura de la Isla Santay, frente a Guayaquil y de las Islas Mondragón y Matorrillos. El mapa de contornos para época lluviosa (Anexo B) muestra altas concentraciones en toda la extensión del Río Guayas.

El análisis de otros de los mapas generados (Anexo B) nos conduce a las siguientes puntualizaciones:

En el mapa de Oxígeno disuelto ESPOL-CONUEP para noviembre/1992, se observa estratificación del oxígeno en el Estero Salado, resultado que confirma lo encontrado en el análisis de varianza de los datos de este estudio efectuado por Vera, T. (datos no publicados). Cárdenas [10], no encontró diferencias significativas entre los valores de OD en superficie y a 3 m de profundidad en el Estero Salado, para el análisis consideró los datos de una estación en el Estero Salado a la altura del Estero Sabana Grande.

En el Río Guayas no habría estratificación de este parámetro, según se observa en este mapa, también corroborado por resultados de análisis estadísticos de toda la serie de datos del estudio de Recalde, S. (datos no publicados).

De los mapas, generados a partir de toda la serie de datos del estudio (ESPOL-CONUEP), se observa que los sólidos suspendidos presentan comportamientos diferentes para Río y Estero, mayores concentraciones son patentes en el primero, en tanto que para ambos canales los valores mayores se presentan en profundidad. Sin embargo el test Anova aplicado, en un estudio preliminar (Vera, T., datos no publicados), a este parámetro reflejó que no habría estratificación vertical en el Estero pero si en el Río (Recalde,S).

Cárdenas, W, [10] de datos mensuales del año 1990 medidos en una estación en el Estero Salado, encontró estratificación de los SS entre la superficie y 3 m de profundidad.

Aunque en el análisis hasta ahora planteado los mapas temáticos elaborados no han incorporado el factor marea por considerar que éste no influye en la distribución espacial y temporal de variables físicoquímicas como los nutrientes (Villalba, 1990) el OD y los SS, en los mapas estudiados a continuación se incluye este factor para evaluar su efecto en la distribución de una de las variables estudiadas: los sólidos suspendidos.

Del estudio de Delft en septiembre-1984 (Anexo B), las concentraciones medias en la columna de agua son mayores en sicigia-flujo con la excepción de dos estaciones ubicadas a la altura del Estero Sabana Grande en las que las mayores concentraciones se presentan en el reflujó de la marea. Los datos desagregados para superficie y fondo muestran que las concentraciones mayores se mueven en sicigia pero pueden ser mayores o menores en flujo y reflujó en función de la ubicación de la estación. Estos resultados coinciden con los gráficos de SS elaborados con datos de GIS Guayas Salado (Anexo B).

Esto es solo un breve análisis de los datos a través de los mapas temáticos elaborados, sin embargo muchas otras utilidades pueden ser derivadas de la base de datos geográfica.

Figura 9.

**CONCENTRACIÓN DE OXÍGENO DISUELTTO
EN AFLUENTES Y EFLUENTES DE CAMARONERAS
UBICADAS EN EL ESTUARIO INTERIOR - GOLFO DE GUAYAQUIL**

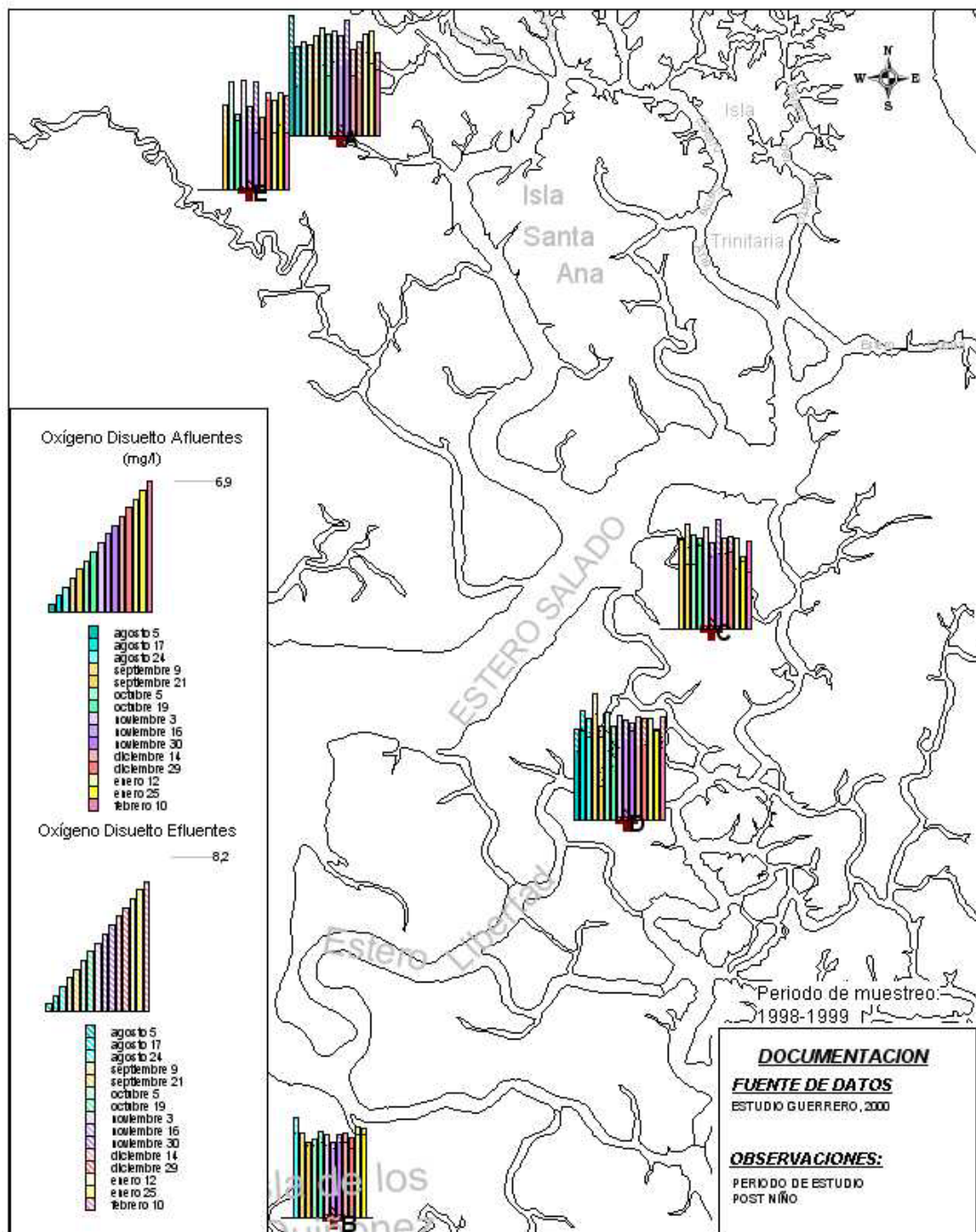


Figura 10.

CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS
EN AFLUENTES Y EFLUENTES DE CAMARONERAS
UBICADAS EN EL ESTUARIO INTERIOR-GOLFO DE GUAYAQUIL

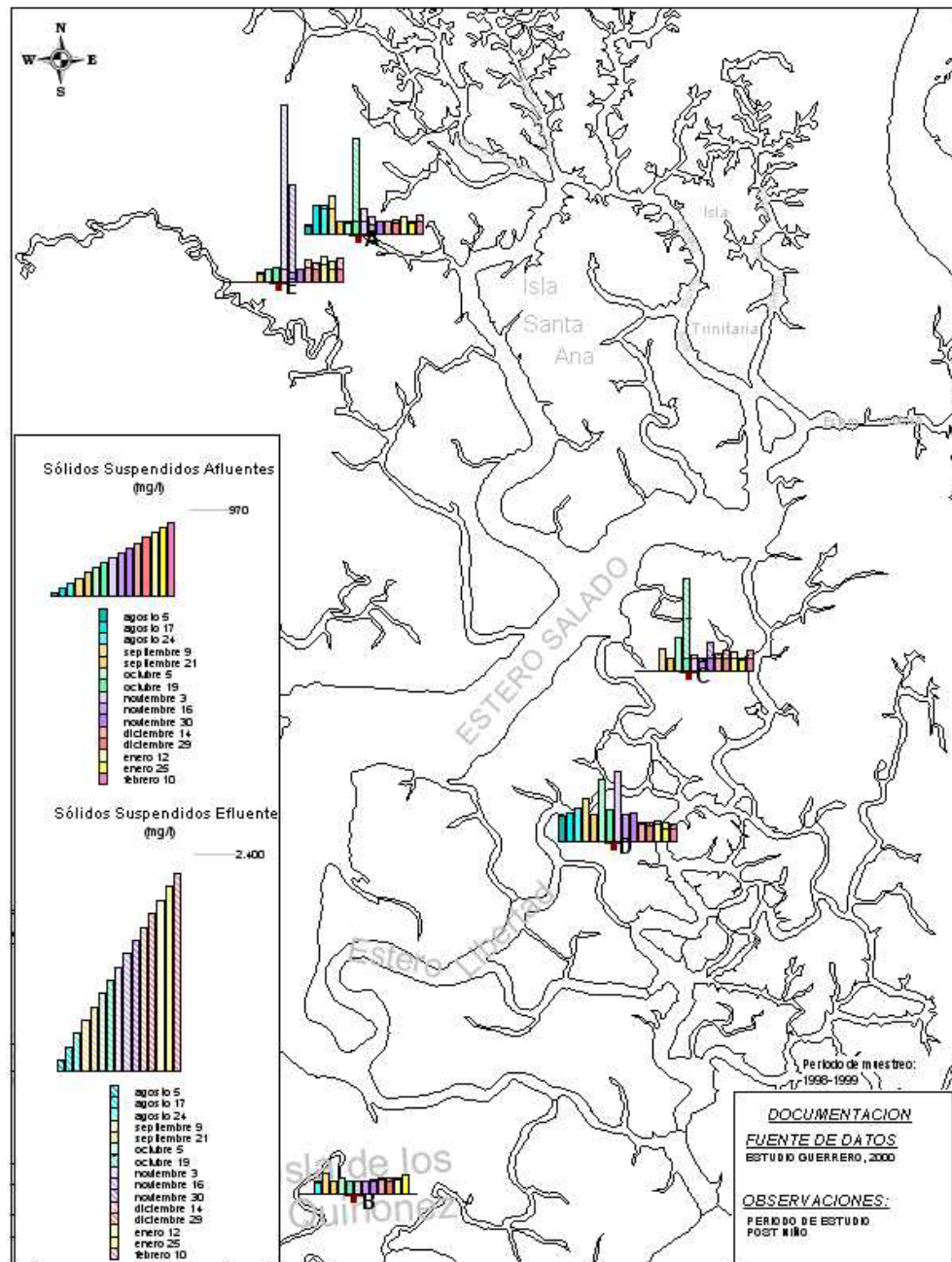


Figura 11.

CONCENTRACIÓN DE NITRATOS
EN AFLUENTES Y EFLUENTES DE CAMARONERAS
UBICADAS EN EL ESTUARIO INTERIOR

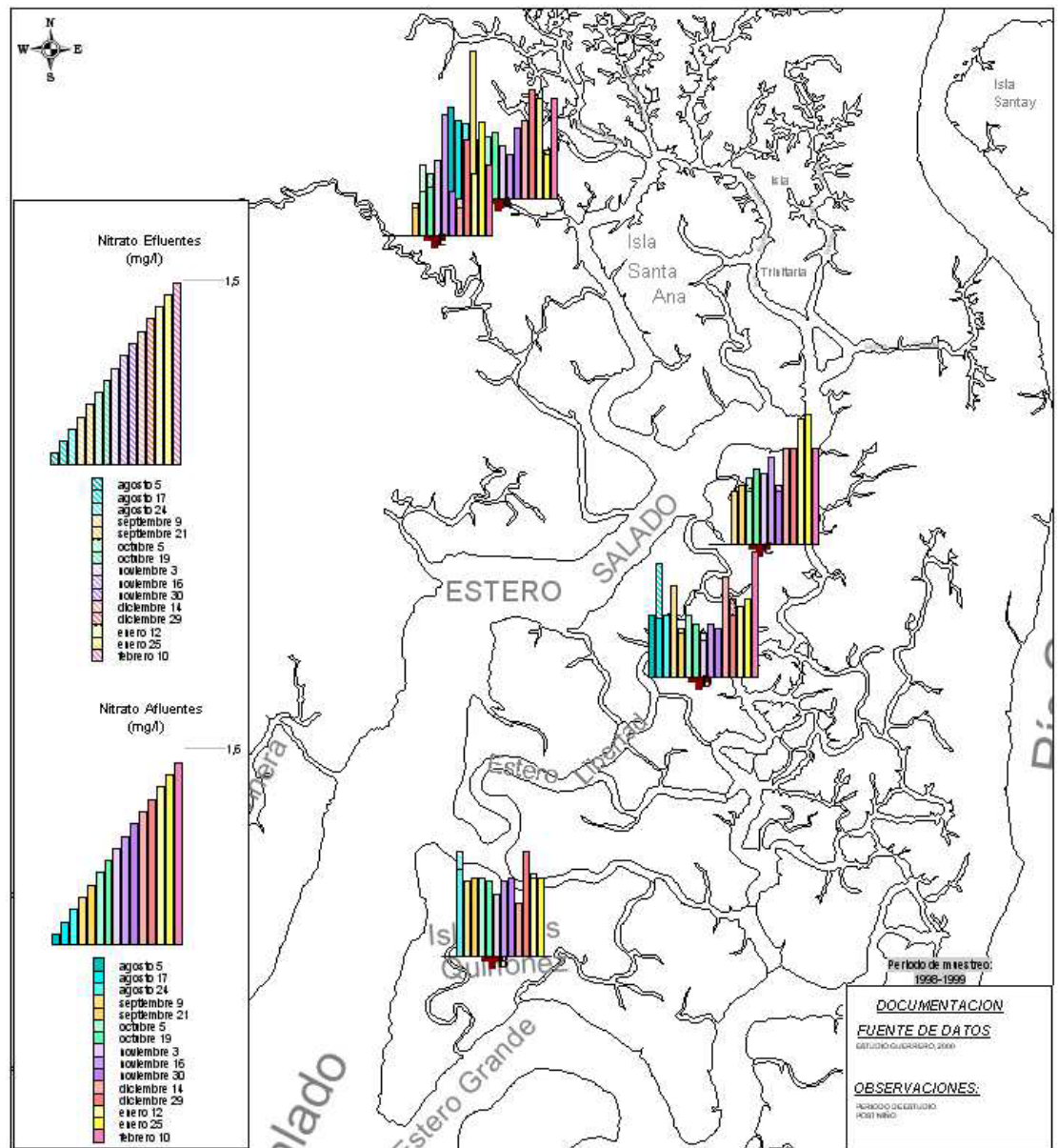
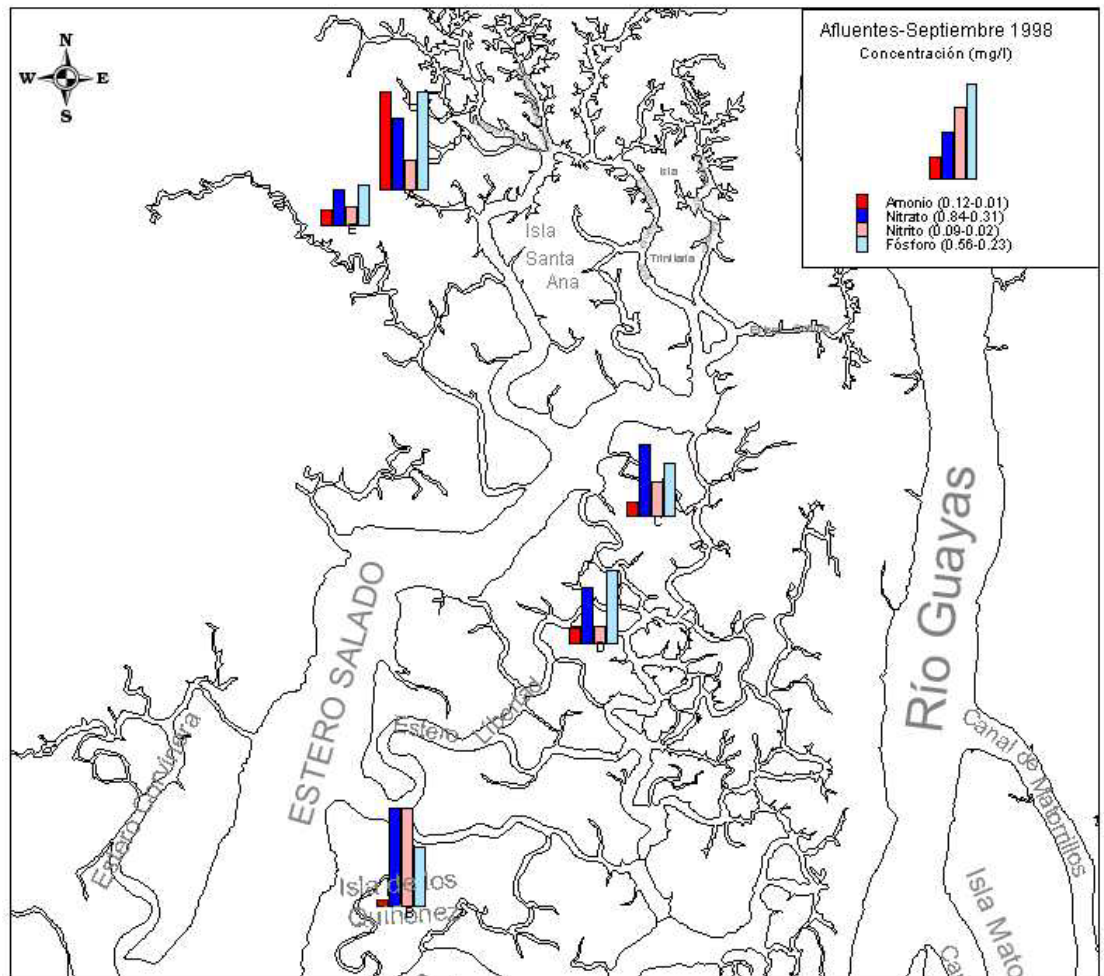


Figura 12 a.

RELACION DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN
AFLUENTES DE 5 CAMARONERAS EN SEPTIEMBRE 1998
ESTUARIO INTERIOR-GOLFO DE GUAYAQUIL

**DOCUMENTACION**FUENTE DE DATOS

ESTUDIO GUERRERO, 2000

CICLO 5: 21-23/SEP/1998

OBSERVACIONES:PERIODO DE ESTUDIO
POST RIBO

Figura 12 b.

RELACION DE LAS CONCENTRACIONES DE NUTRIENTES EN
EFLUENTES DE 5 CAMARONERAS EN SEPTIEMBRE 1998
ESTUARIO INTERIOR-GOLFO DE GUAYAQUIL

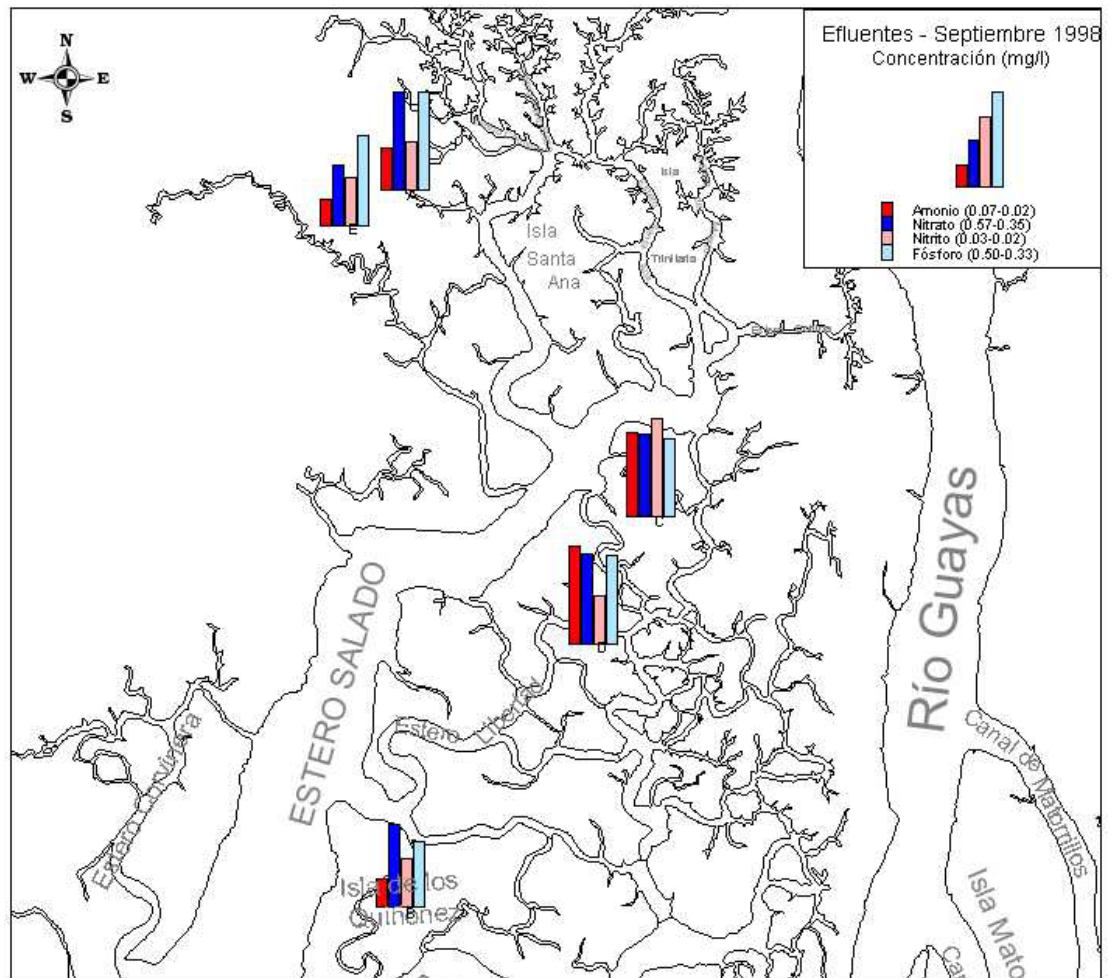
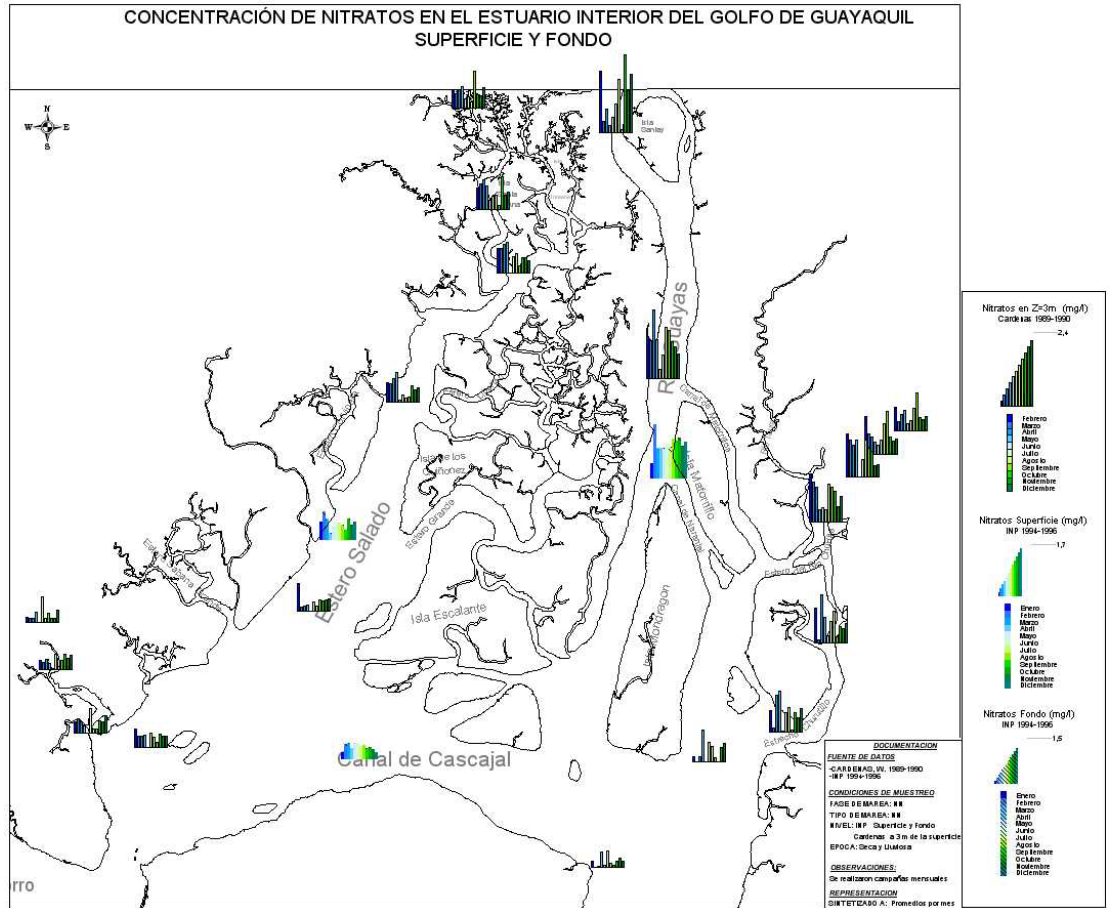


Figura 13.



5.7.3 Comparación de resultados de OD y SS en estudios del GG

Oxígeno Disuelto

De los gráficos del estudio de Stevenson, Figuras 39 y 40 en [71], de isolíneas de distribución de oxígeno en superficie, se extrae que en cuanto a variabilidad temporal en el GG las concentraciones son mayores en la estación seca encontrándose la mayor concentración en el mes de julio, en tanto que espacialmente los valores son mayores en el estuario exterior. De acuerdo a los gráficos de variaciones mensuales de los parámetros, Figura 94 en [71], las concentraciones de oxígeno en el estuario interior estarían relacionadas con los cambios en la salinidad, la temperatura y el aporte fluvial. Mientras las curvas de oxígeno y salinidad presentan un comportamiento paralelo, las de temperatura y aporte fluvial también están mutuamente en fase y se comportan de manera opuesta a las curvas de las primeras. El periodo de este estudio se extendió de 1962 a 1964.

Cárdenas encuentra poca variación estacional del OD en el estuario interior, las medias mayores en magnitud de OD ocurrieron en el Río Guayas. Las lecturas de este estudio se realizaron a 3 m de la superficie, el que es un nivel más profundo al de penetración de la luz, durante estos muestreos los valores promedio de Disco Secchi para

Estero y Río fueron 1.2 y 0.57 m respectivamente. Es probable que las variaciones temporales de oxígeno en este nivel sean menores y sean debidas a procesos de turbulencia asociadas con las mareas.

En el estudio del INP 1994-1996 se encontró variación estacional del OD tanto en superficie como en el fondo, este nivel representado por lecturas realizadas a 3 m de la superficie. Las mayores concentraciones de OD correspondieron al nivel superficial en temporada seca y las menores a la temporada de lluvias y al nivel profundo. En cuanto a variaciones espaciales a lo largo de todo el periodo de estudio el promedio de la concentración de OD fue mayor en el Estero Salado. De los promedios obtenidos de los datos de este estudio se observa que el Río Guayas parece estar bien mezclado, como lo señala [47].

En el estudio de ESPOL-CONUEP el OD en el Estero Salado, en general, presenta diferencias significativas entre superficie y fondo, mientras en el Río Guayas no se da observa este patrón. Revisando el comportamiento en época seca de Río y Estero, las mayores concentraciones de OD se presentan en el Río Guayas mientras que en época lluviosa tales valores se presentan en el Estero Salado. El estuario interior estaría mejor oxigenado en temporada seca ya que el

promedio de los valores de OD en él en época seca es mayor que el de la temporada lluviosa.

Sólidos Suspendidos

Cárdenas encontró un “ligero” patrón estacional de las concentraciones medias de SS en el estuario interior, las concentraciones más altas sucedieron en la temporada seca, con excepción de la fase inicial del periodo de lluvias, en el que se presentaron también altas concentraciones de SS. El valor medio de las concentraciones de SS en el Río Guayas fue aproximadamente 3 veces superior al correspondiente del Estero. Las lecturas medias de Disco Secchi fueron de 0.57 y 1.2 m en Río y Estero respectivamente.

En cuanto a los SS en ESPOL-CONUEP el promedio en el estuario interior para época seca es menor que para época lluviosa. En el Estero Salado los SS son mayores en época seca, en el Río Guayas la carga de SS es mayor en temporada de lluvias. Se observa que los máximos valores en superficie ocurren en enero/94 y febrero/95 para Río y Estero respectivamente.

En el estudio del GIS Guayas Salado 1996-1997, que cubrió una campaña para cada estación climática, los valores promedios en superficie en el estuario interior fueron mayores en abril, estación

lluviosa, los mayores valores de SS en el nivel superficial se encontraron en el Río Guayas, los que comparados con los valores en el Estero Salado representan más del doble de la magnitud para ese cuerpo de agua. Al interior de cada canal el comportamiento difiere mientras en el Estero las concentraciones más altas ocurren en abril, en el Río éstas se dan en agosto, estos datos pertenecen a la fase previa al inicio de las manifestaciones del ENOS 97-98,

En INP 1994-1996 se hicieron lecturas de disco Secchi en el estuario interior, los mayores valores, entre 1.3 y 0.9 m, correspondieron al Estero Salado en época seca. En el Río Guayas el valor mayor ocurrió también en época seca (0.6 m).

En ESPOL-CONUEP los máximos de disco Secchi en Estero y Río ocurrieron en época seca (agosto/94).

Finalmente de una consulta a la base de datos Geográfica se obtuvo una zonificación para SS en superficie, obteniéndose una región de bajos niveles de suspendidos al norte del Estero Corvinera, todos los datos reportan concentraciones menores a 100 mg/l.

Para OD las consultas no revelan zonas geográficas fácilmente definibles.