



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE CIENCIAS

" Posibles causas de mortandad de aves
acuáticas de la Presa de Silva,
San Francisco del Rincón, Gto."

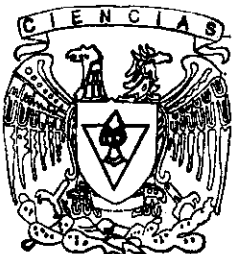
T E S I S

Que para obtener el título de

B I O L O G O

p r e s e n t a

MARTHA ANGELICA RAMIREZ TABCHE

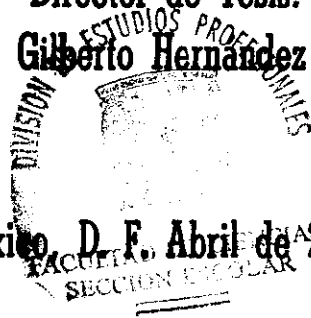


FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

Director de Tesis:

Dr. Gilberto Hernández Silva

México, D. F. Abril de 2000





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.

Agradezco al Dr. Gilberto Hernández Silva por su apoyo y confianza en la dirección del presente trabajo. Así mismo al Dr. Mario Ávila, su asesoría y apoyo, para la realización del mismo. A la Dra. Laura Martínez Tabche, cuya información fue muy valiosa para la conformación de la investigación. Y por último agradezco a la Fundación Ecológica de Guanajuato A. C.

A MI MADRE

POR SU INCANSABLE EJEMPLO DE LUCHA

A MI PADRE

**POR SER MI MAESTRO
POR SER MI GUÍA**

A MI ESPOSO

POR ENSEÑARME QUE LA TENACIDAD ES EL COMIENZO Y EL FINAL.

A MIS HIJAS:

**María Alejandra
María José
Martha Paola**

**PORQUE A TRAVÉS DE ELLAS VISLUMBRO UN CAMBIO EN ESTA NUEVA GENERACIÓN
CON IDEAS FRESCAS, PERO CON ARRAIGO CULTURAL
CON EJEMPLO DE LUCHA, PARA HACERLA REALIDAD
Y CON LA ESPERANZA E ILUSIÓN DE UN MUNDO DONDE TODAVÍA; EL CAFE DE UNA
TIERRA FÉRTIL, EL VERDE DE UN LAUREL Y LA TRANSPARENCIA DE UN RÍO,
FORMEN PARTE DE SU SENTIR... DE SU PATRIA.**

A MIS HERMANOS:

**VIRGEN Y ENRIQUE
POR SU CARIÑO Y CONFIANZA**

**EDUARDO Y MARISOL
CARLOS Y LIGIA
ALEJANDRO Y ROCIO**

**POR EL EJEMPLO DE CRECER JUNTOS Y LUCHAR POR UN OBJETIVO
"VIVIR"**

GRACIAS A TODOS

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE BIOLOGA

“Posibles causas de la mortandad de aves acuáticas en La Presa De Silva, San Francisco del Rincón, Guanajuato”.

Martha Angélica Ramírez Tabche

Abril de 2000

ÍNDICE

I. Resumen	3
II. Introducción	4
III. Objetivos	7
Hipótesis	
IV. Descripción de la zona de estudio	8
V. Biología de las aves acuáticas	14
VI. Metodología	18
VII. Resultados	
A. Registro y mortandad de las diferentes aves acuáticas en la Presa de Silva	23
A.1. Identificación de las especies de aves acuáticas en la mortandad	26
A.2. Estimación de la mortandad en las dos especies más representativas	26
A.3. Observaciones clínicas de aves moribundas	29
A.4. Hallazgos Anatómopatológicos macroscópicos	29
A.5. Hallazgos Histopatológicos.	30
B. Identificación de probables causas en la mortandad	
B.1. Factores infecciosos (epizootias)	32
B.2. Botulismo	33
B.3. Toxicidad del cromo	34
B.4. Bioconcentración, bioacumulación, biomagnificación	36
B.5. Fuentes naturales de cromo en la zona	37
B.6. Fuentes antrópicas de cromo en la zona	39
B.7. Comportamiento del cromo en el medio ambiente	43
B.8. Concentración de cromo reportadas en agua, sedimentos y suelos de la zona	44
VIII. Discusión	50
IX. Conclusiones	58
X.- Bibliografía	61

• ÍNDICE DE FIGURAS	PAG.
Fig.1. Ubicación de la presa de Silva, San Francisco del Rincón, Guanajuato.	5
Fig.2. Hidrología del estado de Guanajuato.	7
Fig.3. Sistema hidrológico del río Turbio	9
Fig.4. Distribución comunidades rurales.	13
Fig.5. Rutas de aves migratorias, en la parte norte de América.	15
Fig.5.1 Clasificación de las aves acuáticas según su forma de alimentación.	17
Fig.6. <u>Anas clypeata</u> , pato cucharón, macho y hembra.	17
Fig.7. <u>Oxyura jamaicensis</u> , pato tepalcate, macho y hembra.	18
Fig.8. Estimación de la mortandad de aves acuáticas	24
Fig.9. Comportamiento de normal en las aves temporada migración.	25
Fig.10. Fluctuación <u>Oxyura jamaicensis</u> .	27
Fig.11. Fluctuación <u>Anas clypeata</u> .	28
Fig.12. División entre la subcuenca del río Turbio y San Juan de Otates.	37
Fig.13. Complejo característico de un polifenol.	41
Fig.14. Ubicación presa de San Germán corredor industrial León- San Francisco del Rincón.	42
Fig.15. Comportamiento de la lixiviación del cromo en los sedimentos del embalse.	46
Fig.16. Diagrama de flujo en relación a la migración del cromo en el embalse.	57

• ÍNDICE DE TABLAS	PAG.
Tabla.1. Temperatura y precipitación media anual. Ciudades corredor industrial.	10
Tabla.2. Material Albergue.	21
Tabla 3. Tabla de registro para aves.	20
Tabla.4. Concentraciones de Cromo total, sedimento, lodo y agua de la presa de Silva.	44
Tabla.5. Concentración de Cr reportados en órganos de aves.	47
Tabla.6. Concentraciones de metales pesados en dos especies de plantas de la presa de Silva.	48

• ÍNDICE FOTOGRAFÍAS	PAG.
Fot. 1 Necropsias en aves. Médula ósea.	31
Fot. 2 Necropsias en aves. Moleja.	31
Fot. 3 Niños de la comunidad de Silva, con afecciones en piel y boca.	35
Fot. 4 Montañas de cromatos a un costado de la presa de San Germán.	43

• **ANEXO FOTOGRAFÍAS**

1. Fosas depósito de mortandad de aves acuáticas
2. Ejemplares de anátidos durante la mortandad
3. Somormujo Podiceps nigricollis
4. Pato golondrino Anas acuta
5. Módulo de recuperación en el albergue durante la mortandad
6. Aves recuperadas, en jaula para su transportación.
7. Liberación de aves acuáticas en la presa del Barrial, Guanajuato.

I. Resumen

El objetivo de este trabajo se basa en la comparación, relación e interpretación de datos relacionados con las diferentes concentraciones de cromo, generados durante y después del proceso de mortandad de las Aves Acuáticas en la Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Gto., en el año de 1994.

La metodología que se aplicó en este trabajo se sustentó en la recopilación y manejo de datos practicados por las diferentes instancias involucradas en el problema, comparando la información con bibliografía relacionada con la ecotoxicidad del cromo, biología de las aves migratorias, revisión de las diferentes enfermedades en aves provocadas por bacterias o virus especialmente Botulismo, así como en el manejo y tratamiento de las aves en el lugar de la mortandad.

Los principales resultados mostraron una clara relación en los cambios que se dan en la especiación del cromo (Cr) en condiciones de pH alcalino y gran cantidad de materia orgánica. Aunado esto a los resultados de los diferentes diagnósticos en patología practicados en las aves muertas por varias instituciones tanto académicas como de gobierno.

Asimismo se hace un análisis detallado de la ecotoxicología del cromo; concluyendo que las concentraciones de cromo reportadas en el área en comparación con los niveles establecidos por normas oficiales, exceden en gran escala llegando a ser lo suficientemente tóxicos según normas oficiales de calidad ambiental, tanto para la vida animal, como para el uso del agua y los suelos de la zona.

II. Introducción

En diciembre de 1994, la sociedad en general, se percató de la mortandad de aproximadamente 30 mil aves acuáticas procedentes de Canadá, centro de Estados Unidos y algunas del norte de Europa, así como también especies de aves residentes. Esto tuvo lugar en la presa de Silva, que se localiza en el municipio de San Francisco del Rincón, Estado de Guanajuato (Fig.1).

Con relación a esta mortandad de aves migratorias se mencionaron varios factores desencadenantes del problema, sin concluir con alguno en especial, por parte de instituciones de gobierno, de laboratorios particulares y grupos académicos a nivel nacional, dando como resultado una causa multifactorial. Mientras que, por parte del Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental, se estableció que la causa de la mortandad fue provocada por botulismo (CCA.,1995).

Este trabajo intenta relacionar las posibles causas de la mortandad de aves migratorias, apoyándose en la base de datos que se ha generado en el área problema; como por ejemplo, el tipo de descargas generadas por la industria en esta zona, la posible ecotoxicidad del cromo que es uno de los contaminantes más utilizados en el área, las posibles rutas de migración del cromo natural y su probable impacto ambiental en el lugar, así como la recopilación y análisis de la información generada a través de los laboratorios que participaron en este problema.

La mortandad masiva de aves acuáticas migratorias fue un suceso de gran importancia, tanto a nivel de las poblaciones de las diferentes especies de aves, como del impacto en los diferentes niveles de organización que conforman un ecosistema acuático como éste, sin olvidar, las repercusiones a corto y largo plazo en la salud de los seres humanos, residentes en el área circundante a la presa de Silva.

La presa de Silva fue construida en 1890 para el control de avenidas; a partir de mediados de 1978 entraron por primera vez aguas residuales al vaso, provenientes de la zona urbana e industrial de León y San Francisco. En 1986 se encontraron las primeras carpas muertas; en 1990 murieron las primeras aves y en la temporada de migración de 1994 se calculó una mortandad aproximada a las 30,000 aves (CCA, 1995).

Alrededor de este embalse se encuentran 5 poblaciones las cuales dependen del agua que se almacena en la temporada de lluvias, más la que se acumula por las descargas residuales; la carga

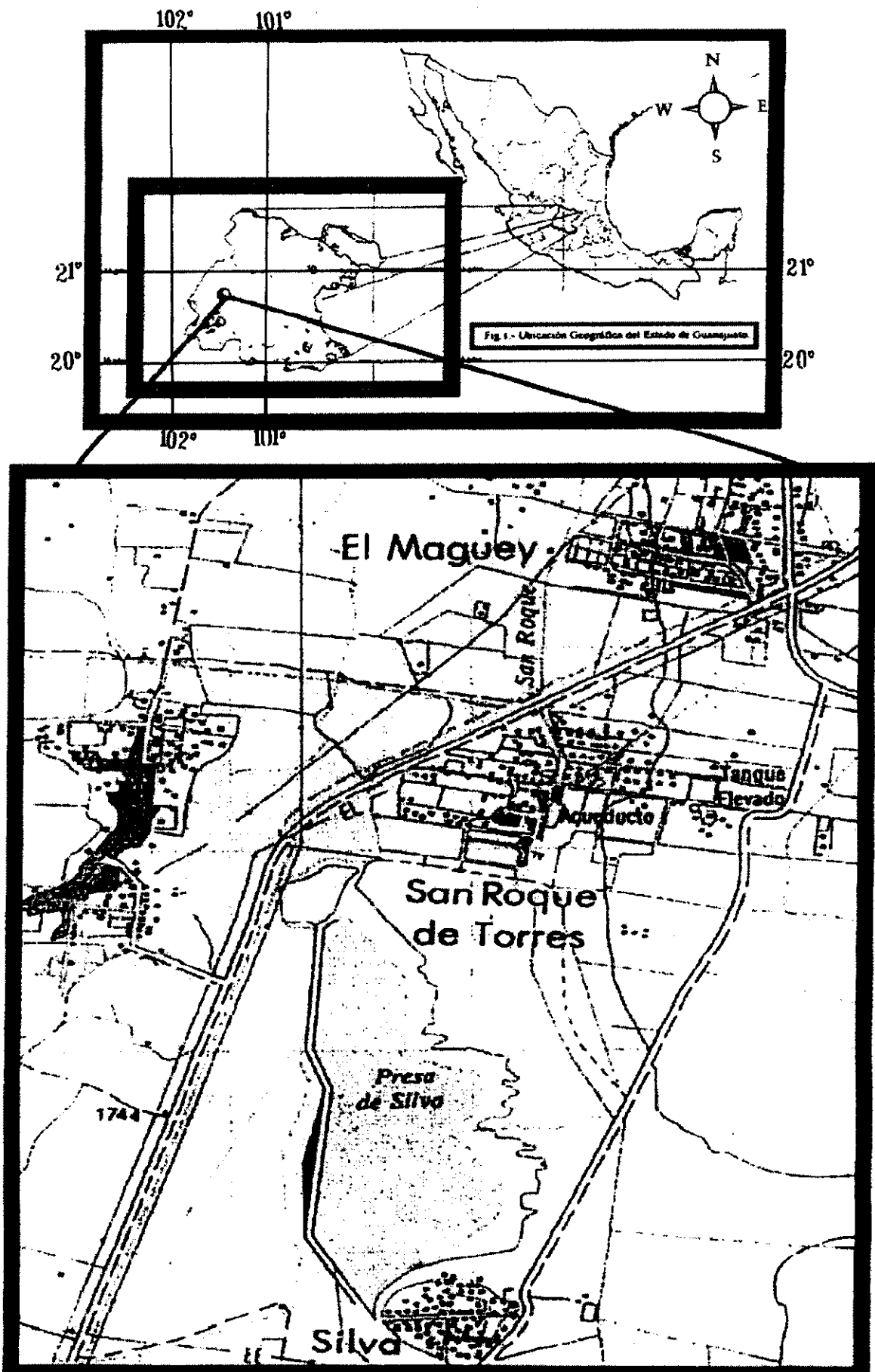


Fig. 1.- Ubicación Geográfica del Estado de Guanajuato.

Fig.1. Ubicación Geográfica de la Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Edo. de Guanajuato. (INEGI, 1990).

pluvial en el embalse alcanza solamente una tercera parte del total de su capacidad. La presa de Silva mide aproximadamente 12 km² con una capacidad de 700,000 m³; es utilizada para regar 1,000 ha sembradas por los campesinos de las localidades Liebrero, San Bernardo, San Roque de Torres, Silva y el Maguey.

Las descargas de aguas residuales que llegan a la presa de Silva provienen en su mayoría, de las ciudades de León y San Francisco del Rincón, uniéndose a la zona del corredor industrial ubicado entre éstas, donde se encuentran fábricas del ramo de la curtiduría y de la producción de químicos. Esta industria ha generado, tan solo en la ciudad de León, aproximadamente 500 empresas, con una población hasta el año de 1995 de 1,000,000 de habitantes y 52, 291 habitantes en San Francisco del Rincón (INEGI, 1997).

Cabe señalar que en el Estado de Guanajuato existe una demanda excesiva de agua. Un gran porcentaje de agua se pierde o se contamina, sumándose a esto la contaminación de algunos mantos subterráneos debido a la filtración de los contaminantes a través de los diferentes estratos. Para 1987 se tenía una recarga de 1,767 m³ anuales para las aguas subterráneas y una extracción de 2,579 m³ anuales lo que mostraba un déficit de 812 m³ por año, con la consiguiente sobreexplotación de los acuíferos evidenciada por el descenso progresivo de los niveles de agua. Por tal razón, todo el Estado se encuentra en veda para la explotación de aguas subterráneas, ya que la zona norte y centro han sido declaradas zonas de veda rígida; mientras que el sur ha sido declarada zona de veda flexible (C.E.A.G.S., 1995).

Por otro lado, el abatimiento de los acuíferos es cada vez mayor debido a la erosión de los suelos, a la tala y quema del bosque para obtener leña y carbón.

La acumulación de contaminantes orgánicos e inorgánicos en las aguas residuales que descargan directamente en los arroyos o presas son acarreados por los diferentes afluentes, provocando un continuo azolve en los lechos de los ríos o tributarios. Estas aguas residuales no son tratadas ya que en el Estado se carece de plantas de tratamiento adecuadas a los diferentes tipos de descargas que produce la industria (CNA, 1995).

De manera semejante al resto de la República, la mayoría de los ríos en el Estado son de origen pluvial y en casi todos ellos existe una diferencia notable en el volumen de agua que transportan entre

la época de lluvia (aproximadamente entre junio y septiembre) y la época seca del año (C.E.A.G.S., op cit).

El estado de Guanajuato queda comprendido dentro de las regiones hidrológicas: Lerma-Chapala-Santiago, que abarca la mayor parte del Estado (25,590 km²) y Alto Río Pánuco en la zona norte (4,872 km²). La división entre estas dos regiones es un tramo del parteaguas continental ya que una región drena al Golfo de México y la otra al Pacífico. La parte correspondiente a la región Lerma-Chapala-Santiago, es la más importante no sólo por representar el 83% de la superficie estatal, sino por incluir un 98% de su población y, prácticamente, el total de la industria existente. La principal corriente dentro del Estado es el río Lerma, que fluye de oriente a poniente en la región sur; además, el tercio final constituye el límite austral de nuestra entidad con el Estado de Michoacán (Fig. 2).

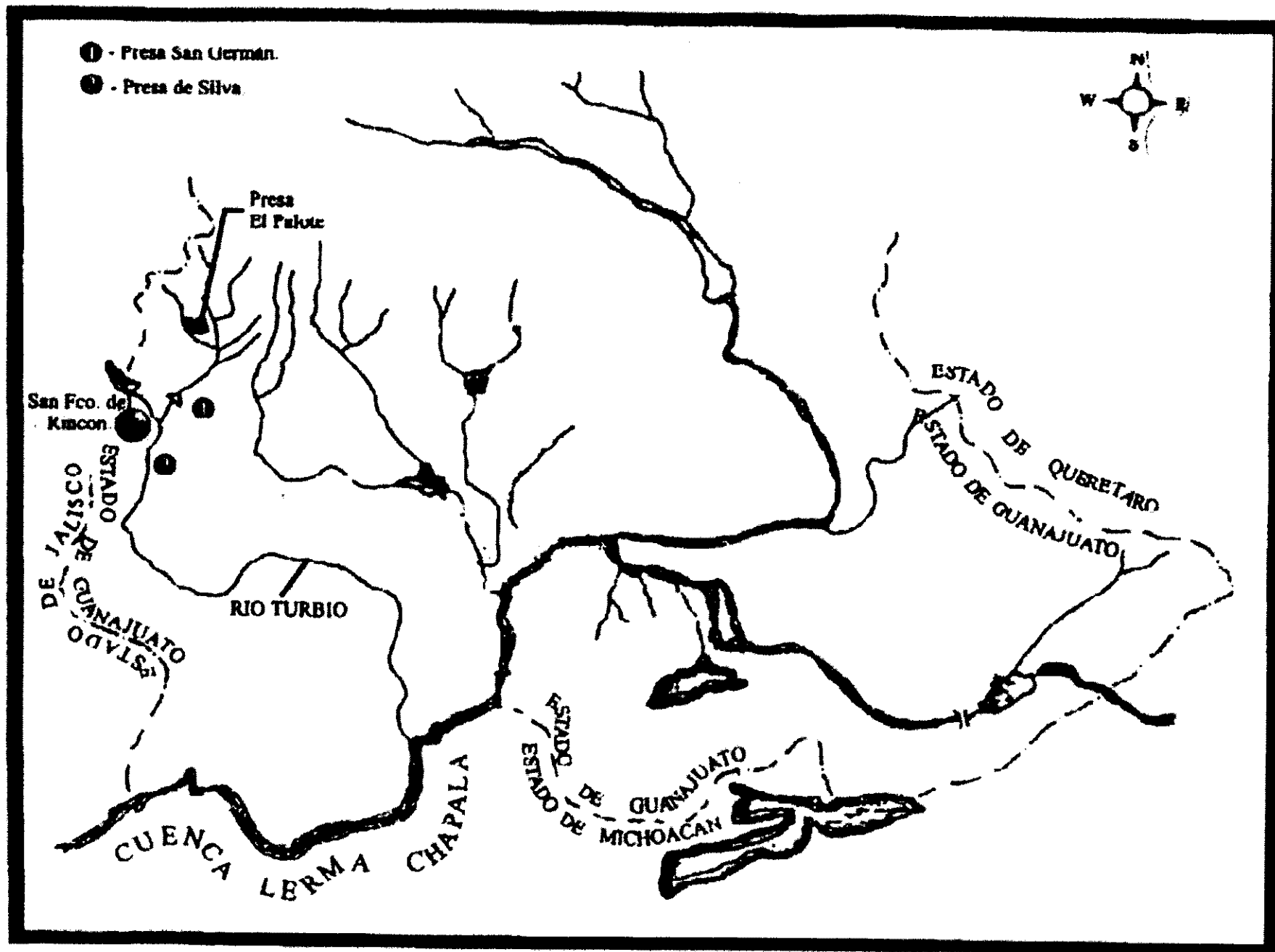


Fig.2. Hidrología del Estado de Guanajuato. (CNA., 1995)

III. Objetivos

Objetivo General:

Plantear algunas causas posibles de la mortandad de aves migratorias en la presa de Silva, Gto. (octubre de 1994 a marzo de 1995).

Objetivos particulares

- a) Elaborar una estimación de mortandad, durante el período de migración, octubre de 1994 a marzo de 1995, con base en el registro de datos obtenidos en campo, de las dos especies más representativas, en relación al número de individuos observados y a sus hábitos alimenticios.
- b) Reconocer posibles rutas de transporte de los contaminantes.
- c) Analizar resultados de estudios patológicos practicados a las aves, así como en las diferentes pruebas de laboratorio en análisis bacteriológicos, y análisis de suelo para metales pesados.

Hipótesis

La hipótesis de este trabajo se apoya en la posible sinergia entre los diferentes iones metálicos, en condiciones de pH alcalino y en un medio de concentraciones altas en materia orgánica, específicamente taninos derivados del curtido al vegetal, lo que podría incidir en la potencialización de uno de los contaminantes de mayor concentración en el embalse: cromo total y sus valencias Cr^{3+} y Cr^{6+} , para formar un quelato.

IV. Descripción de la Zona de Estudio

a) Localización

La presa de Silva se encuentra ubicada dentro de la subcuenca del río Turbio, afluente del río Lerma. El Turbio nace en los límites de Jalisco y Guanajuato. Ambos Estados comparten la cuenca correspondiendo al estado de Guanajuato una superficie aproximada de 3 366.7 km² (C.E.A.G.S., 1995b). La longitud del río es de 220 km. de largo aproximadamente, fluye con dirección norte- sur y al sur de la ciudad de Manuel Doblado el río toma una dirección oeste- este para posteriormente fluir al sur hasta verter sus aguas en el río Lerma, en los límites con el estado de Michoacán (Fig.2).

La cuenca del río Turbio se divide en tres subcuencas.

1. Río Turbio- presa el Palote
2. Río Turbio- Manuel Doblado.
3. Río Turbio- Corralejo.

b) Subcuenca río Turbio- presa el Palote

La presa de Silva pertenece a la primer subcuenca río Turbio-presa El Palote, que está ubicada en el extremo oeste del estado de Guanajuato, en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico .Es una cuenca alargada que se inicia en la sierra de Cuatralba, al norte de la ciudad de León, continúa al sur, recorriendo El Bajío y termina al norte de la ciudad Manuel Doblado.(C.E.A.G.S., op cit). Predomina la llanura en la parte central de la subcuenca; las sierras se ubican al norte y sur. La subcuenca abarca una superficie de 1,237.10 km² (123 710 ha) que constituye el 4.08% de la superficie estatal. Se localiza geográficamente entre los paralelos 20° 43' y 21° 20' de latitud norte y los meridianos 101° 30' y 101° 58' de longitud oeste.

c) Demografía

La población que se encuentra a lo largo de la subcuenca, se estima en aproximadamente más de dos millones de habitantes. Sobresalen tres núcleos urbanos: León, San Francisco del Rincón y Purísima de Bustos. La población rural se asienta en aproximadamente 274 localidades, las cuales representan una población de 102,889 habitantes y se distribuye en forma homogénea en la subcuenca, concentrándose algunas en la periferia de la Ciudad de León y en la zona agrícola de riego (INEGI.,1994).

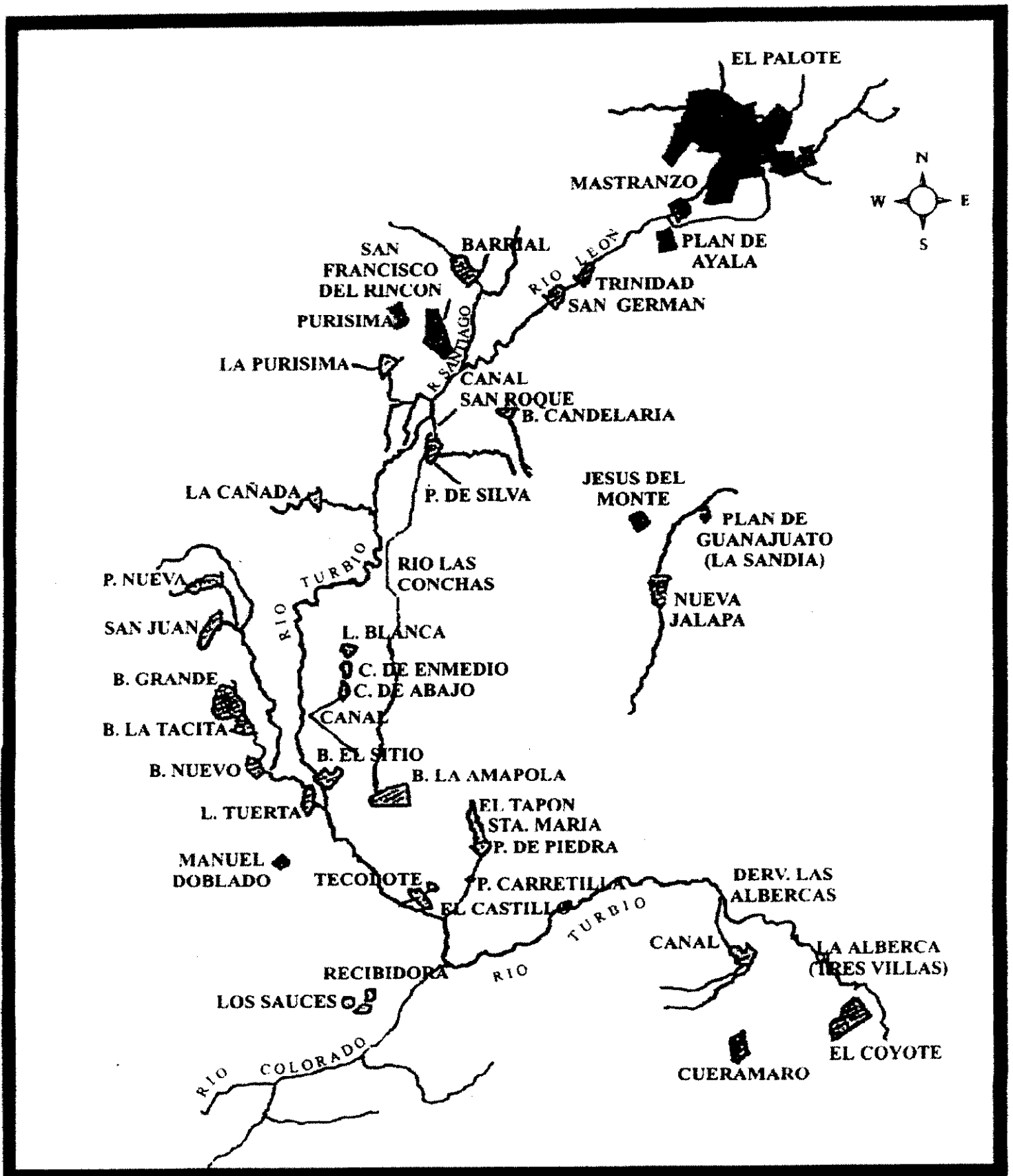


Fig.3. Sistema Hidrológico del Río Turbio. (CNA., 1995)

d) Orografía

Las elevaciones que se observan en la subcuenca se distribuyen en el norte, con la sierra de Cuatralba donde la máxima elevación es la mesa Cimarrona con 2 700 msnm. Al llegar a la ciudad de León, hay un fuerte descenso en la pendiente con 800 m y, a partir de este punto, inicia El Bajío, zona plana de pendiente muy suave. Sobresalen algunas elevaciones al sur- este de la subcuenca: una pequeña sierra cuyas máximas elevaciones son el cerro el Picacho y Mesa del Laurel con 2 050 y 2 150 msnm respectivamente. Al centro-oeste sobresalen las mesas del Palenque y la Cañada con 2 100 y 2 050 msnm. En general, la cuenca presenta superficies planas cuyas pendientes van de los 0° a los 4°, correspondiendo a la porción sur- centro de la subcuenca Bajío. Las mayores pendientes se ubican principalmente en la parte alta de la cuenca, pasando de los 7° hasta más de 45° . En la porción serrana de Las Mesas de Palenques, La Cañada, El Laurel y Cerro el Picacho, las pendientes van de los 10° a 30° (C.E.A.G.S., op cit).

f) Geología

La presa se localiza en el graben León- Manuel Doblado. Tanto el borde occidental como el parteaguas del río Turbio, están conformados en su mayor parte por la Ignimbrita Cuatralba. Agrupa todas las rocas de naturaleza piroclástica de composición riolítica intercaladas con paquetes de tobas poco consolidadas de color blanco. También se encuentra el Complejo Volcánico sedimentario con metamorfismo regional de bajo grado de alteración hidrotermal. El basalto Dos Aguas está constituido por derrames de basalto; de olivino y/o augita. La cortina de la presa fue construida con piedras de basalto, el basamento de la misma, con tobas intermedias vítreas, cubiertas por sedimentos arcillosos acarreados por las aguas que alimentan a la presa (aguas pluviales y aguas residuales de la ciudad de León). El resto de la subcuenca presenta una geología muy diversa, predominando las rocas ígneas extrusivas en las mesetas (Eje Neovolcánico) y en la sierra de Guanajuato; además, en esta última se observan rocas ígneas intrusivas y metamórficas, rocas características del cerro del Cubilete. (Martínez,1992).

En la porción central de la subcuenca, se observan rocas de origen sedimentario terrestre, producto de la acumulación de material de la sierra, cuencas cerradas de El Bajío y rocas sedimentarias clásticas, en esta porción afloran vestigios del fondo marino (C.E.A.G.S., op cit).

La mineralogía de los sedimentos está conformada por minerales que han permanecido insolubles a través del intemperismo y del transporte. Por orden de abundancia se observan los siguientes minerales: cuarzo redondeado, cuarzo laminar, calcedonia, plagioclasa, ortoclasa, anfíbola, limonita, magnetita, granate, zircón, caliche, óxidos de Fe, ópalo, apatita, cinabrio, argentita, piritita, oro. Las características de esta mineralogía muestran la procedencia y transporte de estos materiales (Hernández., et al 1995a).

g) **Clima**

En la subcuenca se presentan climas semisecos, semicálidos y templados. Su distribución está directamente ligada al relieve. Al norte, sobre la sierra de Cuatralba, se observa un clima templado húmedo C (w2) (w) con una precipitación promedio de 800 mm. Conforme se desciende hacia la ciudad de León, disminuye el rango de precipitaciones hasta 700 mm. Por esta misma razón se da una transición que va del clima templado intermedio Cw1, a los más secos C(wo), C(wo)(w).

En El Bajío, zona central de la cuenca, donde la precipitación es de 700 mm, se observa un clima semiseco Bs1hw(w). En la porción sur, la precipitación aumenta 750 mm presentándose un clima semicálido AC(wo)(w) y sólo en las mesetas se observa un clima templado seco C(wo)(w), (C.E.A.G.S., op citb).

POBLACIÓN	ESTACIÓN No.	TEMP.MED. ANUAL (°C)	PRECIPITACIÓN MED. ANUAL(mm)
LEON	11-028	18.1	615.3
MANUEL DOBLADO	11-031	20.5	718.0
SN.FCO. DEL RINCON	11-021	19.0	660.9

Tabla 1. Temperatura y precipitación media anual de las ciudades más importantes de la parte alta de la subcuenca del río Turbio.

La parte alta de la subcuenca presenta un rango mayor a 30 heladas por año; conforme se desciende en la subcuenca, la frecuencia de heladas disminuye, presentándose en la parte sur y este de la ciudad de León una frecuencia de menos de 10 heladas al año.

En la franja que va de San Francisco del Rincón a la comunidad de Jesús del Monte, la frecuencia de heladas aumenta de 10 a 20 por año y, en la porción sur de la subcuenca, la frecuencia de heladas es menor a 10 heladas al año.

En la zona norte, la frecuencia de granizadas va de 2-3 días al año y, conforme se desciende al sur, va de 1 a 2 días al año. En la porción sur de la subcuenca la frecuencia de granizadas aumenta de 2-3 días por año.

h) Suelos

Los suelos característicos de la presa de Silva son los Vertisoles, dominados por la presencia de esmectitas; subyacen a los sedimentos acarreados y depositados en la presa y suprayacen a una toba vitrea. Estos vertisoles muestran un horizonte A₁ fuertemente desarrollado; el solum alcanza una profundidad máxima de 125 cm. Los valores de pH varían de 6.9 a 7.9; los contenidos de materia orgánica son bajos, fluctúan entre 2.4 y 0.84%. Las concentraciones de arcilla son superiores al 60%, la permeabilidad es muy lenta. También en estos suelos y sedimentos las esmectitas dominan el ambiente, especialmente las montmorillonitas. Es posible que en la interfase suelo- sedimento, las diferencias entre las estructuras de las arcillas sean muy sutiles (Hernández *et al.*, 1995b).

En las zonas planas de la subcuenca predominan los Vertisoles cuya principal característica es su alta productividad agrícola. El Feozem es el segundo suelo en abundancia, los suelos que se presentan en la sierra de Cuatralba, son suelos forestales delgados; también se presentan Litosoles que son los suelos más delgados y con menor capacidad de rendimiento. En la porción centro-oeste de la subcuenca se observan los Planosoles; se presentan en climas semicálidos y se emplean principalmente para pastoreo. Al sur de la subcuenca se presentan Luvisoles que corresponden a zonas templadas, son suelos forestales con alto contenido de arcillas (C.E.A.G.S., *op cit.*).

i) Agricultura

El área que se destina a la práctica de la agricultura de temporal dentro de la subcuenca, se localiza en los alrededores de la ciudad de León y en la parte centro-sur de la cuenca. Estas áreas ocupan el

lugar en el que antes se desarrollaba matorral submontano y pequeños pastizales, alcanzando una cobertura de 398 km² aproximadamente del total de la superficie de la subcuenca (C.E.A.G.S., op cit).

Las zonas destinadas a la agricultura de riego han aumentado dentro de la subcuenca, en la medida que se ha incrementado el aprovechamiento de agua tanto superficial como subterránea. Esta superficie abarca aproximadamente 316 km² del área total de la subcuenca, constituyendo junto con la agricultura de temporal y el área de matorral cracicaule, la mayor parte de la superficie de la cuenca.

Durante el año se levantan dos cosechas, la primera se siembra aprovechando la temporada de lluvias de fines de julio a agosto. Y la segunda de mediados de diciembre a marzo, cuando se abren las compuertas de la presa. Los cultivos más comunes de esta zona son maíz, sorgo y trigo.

j) Vegetación:

La vegetación natural está confinada a las montañas o áreas poco aprovechables para la agricultura. En la parte norte de la subcuenca hay bosque de encino con una altura de 5 a 8 m; compuesto por especies de encino (Quercus spp), madroño (Arbutus xalapensis). En el estrato arbustivo hay manzanita o pingüica (Arctostaphylos pungens), jara (Dodonea viscosa), jarilla (Baccharis sp), también hay zacate tres barbas (Aristida sp), capulín (Prunus serotina) y nopal (Opuntia sp). La selva baja caducifolia ocupa zonas aisladas de áreas regulares a pequeñas en la parte noreste de la subcuenca. Cubre aproximadamente 76 km² de la superficie total de la subcuenca. Está integrada por casahuate (Ipomoea intrapiosa), cardón (Lemaireocereus weberi), papeillo (Bursera sp), huizache (Acacia sp), garambullo (Myrtillocactus geometrizans), nopal (Opuntia sp), jara, ocotillo. En la subcuenca, el matorral cracicaule se encuentra en la parte norte, al sur de la zona del bosque de encino, así como en áreas de tamaño regular a lo largo de la parte noroeste de la subcuenca cubriendo 288 km² aproximadamente. La vegetación se compone de nopal sotoleño y chamacuero (Opuntia sp), pitayo, órgano (Lemaireocereus sp), garambullo (Myrtillocactus geometrizans), huizache (Acacia farnesiana), uña de gato (Mimosa laxiflora), sangregado (Jatropha dioica), granjeno (Celtis sp), zacate tres barbas (Aristida sp), pasto lendrilla (Muhlenbergia spp).

El área de pastizal natural en la subcuenca ocupa aproximadamente 47 km² de la superficie total de la subcuenca y se localiza en una zona aislada hacia la parte oeste de la ciudad de León y arriba de los

municipios de San Francisco del Rincón y Purísima de Bustos. También hay pequeñas áreas aisladas por toda la subcuenca, pero su extensión no es tan significativa, ya que, constantemente muchas de ellas se convierten en áreas de cultivo de temporal. La comunidad se compone de diferentes especies de pasto, como el pasto navajitas (Bouteloua sp).

El mezquital, representado por la especie (Prosopis laevigata), no existe como una vegetación concentrada o dominante en áreas específicas dentro de la subcuenca. Se localizan pequeños manchones aislados, sobre todo, en áreas de agricultura de riego o temporal. Muchas veces sólo quedan aquéllos que se han dejado a un lado de los caminos o canales y acequias de conducción de agua (Rzedowski, 1983).

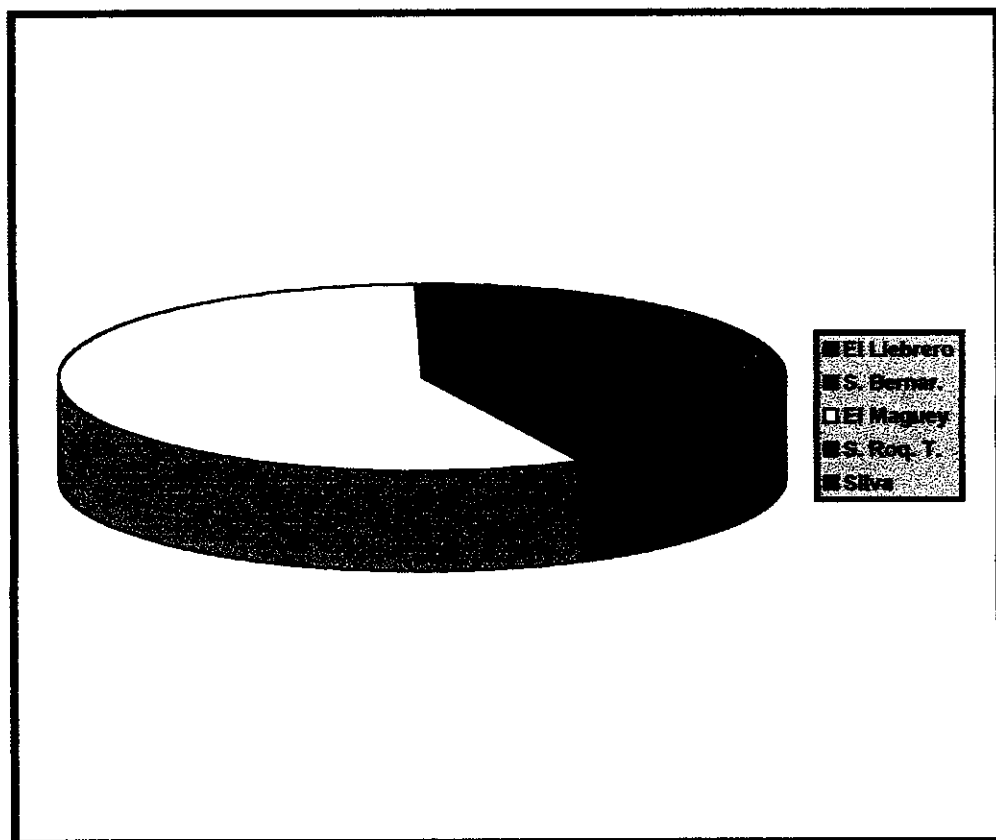


Fig.4. Distribución de las 5 comunidades rurales contiguas a la presa.

V. Biología de las Aves Acuáticas

La mayoría de las aves acuáticas de Norteamérica anidan en Canadá, Alaska y el norte de los Estados Unidos, e inviernan al sur de este país y en México. Solamente algunos de los patos principalmente, el pato golondrino (Anas acuta), el bocón (Aythya marila), pato boludo (Aythya affinis) y algunas cercetas, viajan más hacia el sur atravesando los límites de la república mexicana. En México sólo anidan 4 especies de patos, las demás aves acuáticas se consideran sólo como aves migratorias que inviernan en este país. La mayoría de los patos del continente se reproducen en una zona que comprende las llanuras canadienses, abarcando las provincias de Alberta, Saskatchewan y Manitoba uniéndose a una pequeña porción de los Estados Unidos, un número más reducido de patos se reproducen en Alaska y en otras partes de Canadá.

Después de la reproducción las aves adquieren un nuevo plumaje y se inicia el gran viaje hacia el sur, algunas especies como las cercetas, migran en agosto y septiembre, algunas otras más tarde, pero todas deben iniciar su viaje antes de noviembre cuando se forman los hielos de invierno (Dumac, 1995).

Las principales rutas de migración se han determinado siguiendo los movimientos de más de un millón de aves que se han marcado con anillos y liberado, definiendo en sus viajes cuatro rutas aéreas, a lo largo y ancho del continente americano: ruta del Pacífico(1), ruta Central(2), ruta del Golfo(3) y ruta del Atlántico(4), como lo describe Owen, (1984), (Fig. 5). Las aves siguen sus rutas ancestrales, según su conducta evolutiva y las que llegan a México proceden en su mayoría de las dos rutas occidentales.

Las aves de la Ruta del Pacífico que llegan a México, recorren la costa del Pacífico, dispersándose en todas las reservas de agua desde el sur de Sonora hasta Chiapas y más hacia el sur. Se han encontrado algunas aves que llegan al interior de la república por arriba del río Santiago y cruzando el país hasta la costa del Golfo, esta información se ha recopilado durante muchos años a través de las marcas o anillos por instituciones como Duck unlimited (1995). Los patos y en menor escala los gansos de la Ruta Central, siguen indistintamente una o dos direcciones; hacia el centro del país entre las montañas orientales, o desde Texas por la costa del Golfo hasta el sur de Veracruz y Tabasco; sin embargo una especie característica de este vuelo, el pato pinto (Anas strepera), aparece en números apreciables en la costa del Pacífico, desde el sur de Sinaloa hasta Guerrero, por lo que es probable que algunas aves de la región de las montañas Rocallosas crucen Arizona y Sonora, lleguen a mezclarse

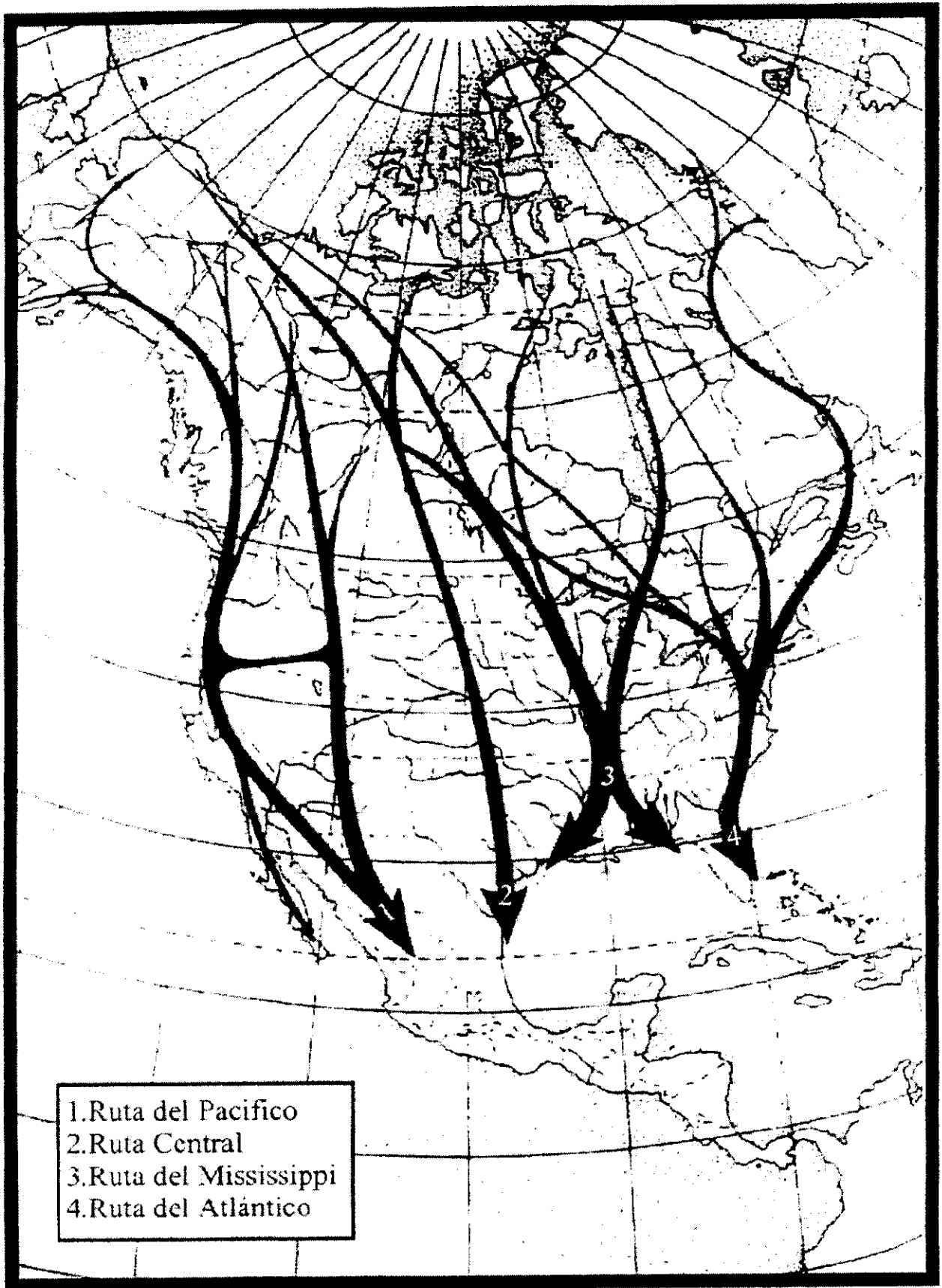
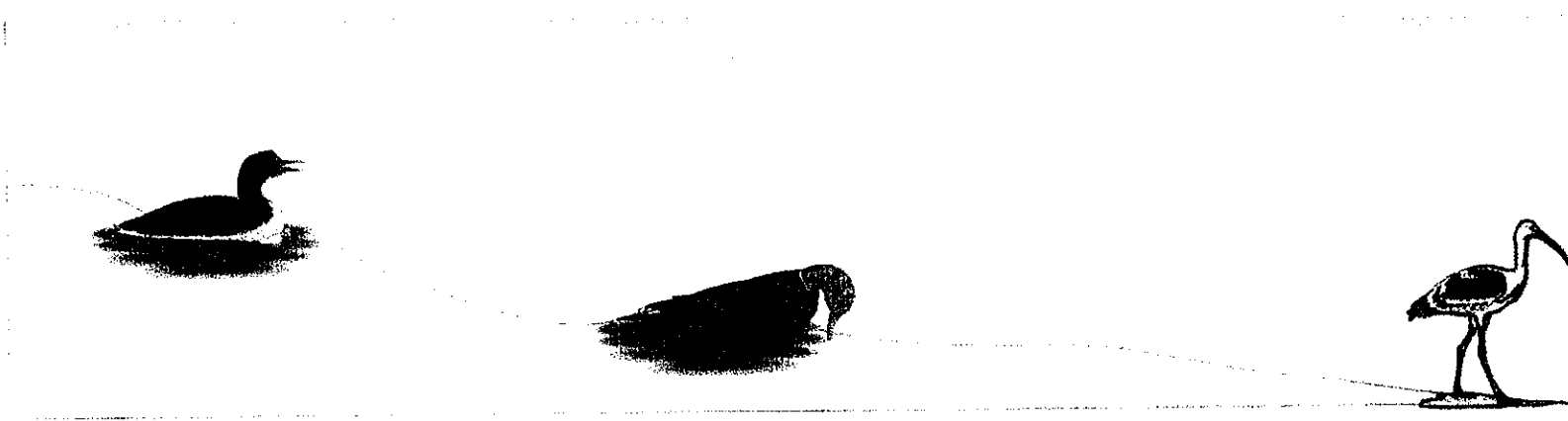


Fig.5. Ruta de Aves Migratorias en Norteamérica. (Owen, 1984).

con las de la ruta del Pacífico. De la Ruta del Mississippi son relativamente pocas las aves que llegan a México en invierno, sin embargo las cercetas de alas azules (Anas discors), llegan en grandes cantidades, estas aves se caracterizan por ser de las primeras en emprender el largo viaje de migración hacia el sur, arribando a México por la costa del Golfo, aunque algunas cruzan hasta llegar a Yucatán, otras vuelan rodeando los límites de Tamaulipas y Veracruz y las restantes cruzan las montañas del interior. Un gran número cruza el país hasta la costa de Guerrero, el pato de collar (Anas platyrhynchos), llega ocasionalmente a México porque se detiene en el norte en donde encuentra condiciones favorables.

Las aves migratorias en otoño son altamente gregarios, dando como resultado grandes amontonamientos en espacios reducidos de agua. Dentro de la conducta de alimentación de las aves acuáticas, se desprenden varios tipos, como aquellas que abandonan sus refugios por la noche para comer los granos de los campos que han sido segados, algunas de las especies que se ubican dentro de estos hábitos son, el pato de collar (Anas platyrhynchos), que se alimentan de granos como maíz, trigo y centeno y, el pato golondrino (Anas acuta), que también consume granos y arroz. Algunos patos que se alimentan de hierbas, como el pato chalcuán (Anas americana), arrancan las hojas verdes de los pastos y campos cultivados. Por otro lado se encuentran aquellas aves acuáticas que su alimento se encuentra dentro de las reservas de agua, en la parte del planctón o de superficie y los patos buceadores, entre ellas se cita al pato pinto (Anas strepera), pato cuaresmeño (Anas clypeata), pato boludo (Aythya affinis), las cercetas (Anas discors), (Anas cyanoptera) y el pato cabeza roja (Aythya americana). Para soportar un viaje de aproximadamente 5000 km, las aves requieren de un estado físico capaz de soportarlo; esto es, en lo que se refiere principalmente a su proporción muscular y reconversión energética. Las aves se preparan para esos largos viajes ingiriendo grandes cantidades de alimento y acumulando grasa que será su combustible para el vuelo. Algunas aves pueden aumentar su peso hasta en un 50% sobre todo cuando su ruta incluye largos viajes sobre el mar muchas vuelan de noche y emplean la mayor parte del día en alimentarse para recuperar las reservas de energía. (Leopold, 1983).

México ha albergado una aproximación de 9 a 17% de las aves acuáticas que invernan. Las aves que regularmente llegan a invernar en los lagos, presas o acuíferos del centro de la República



Aves:

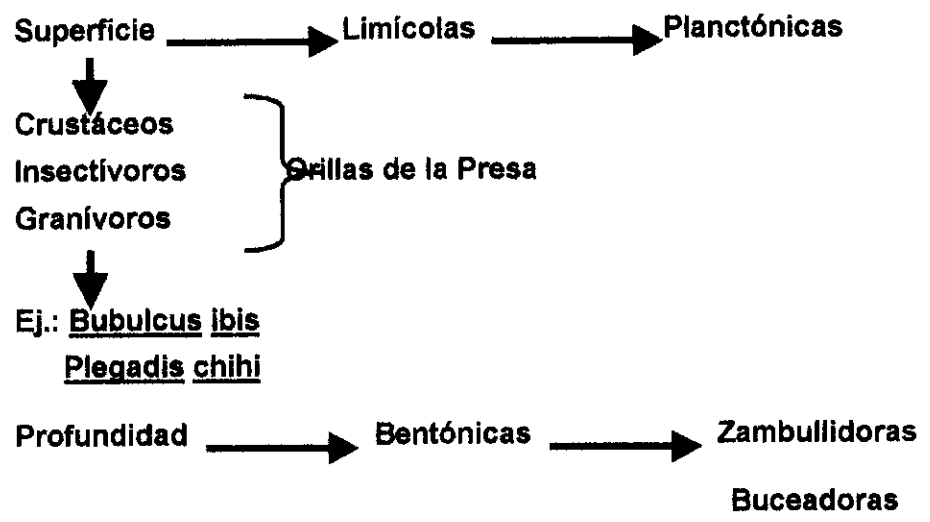


Fig.5.1 Hábitos Alimenticios en Aves
Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Gto.

Mexicana, comienzan su viaje a partir de mediados de septiembre. La población mayor de las diferentes especies de aves migratorias parten de su lugar de origen hacia fines de octubre y principios de noviembre. Estas aves permanecen en nuestro país durante la temporada de invierno, cuando los grandes lagos de Canadá y Estados Unidos se congelan, siendo a principios de marzo cuando retoman a su lugar de origen, (F.W.S, 1995).

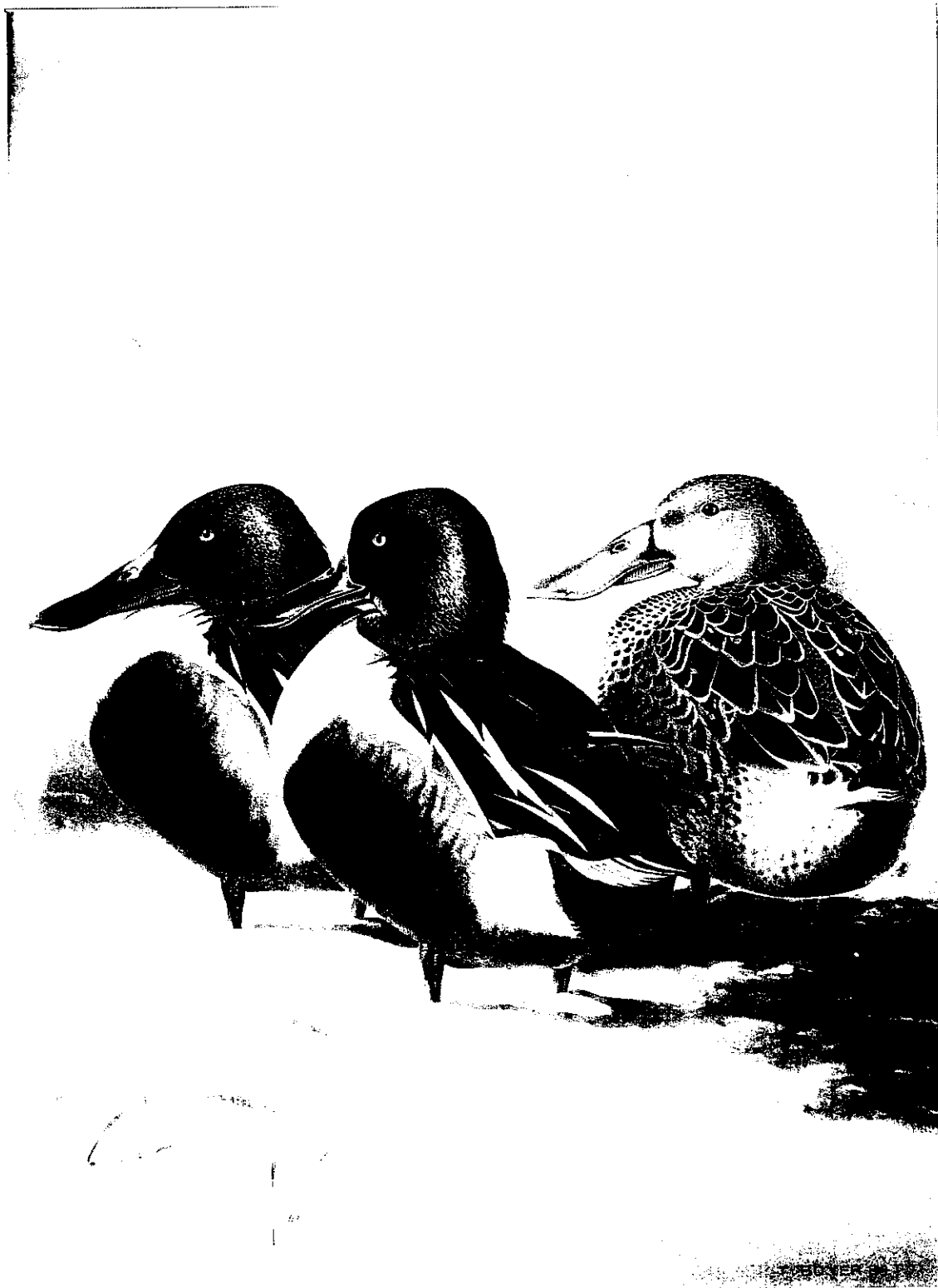
La mayoría de las aguas intercontinentales se encontraban anteriormente en las lagunas o presas, alimentados por las corrientes procedentes de las serranías próximas; siendo el Bajío, la gran cuenca que comprende parte de los estados de Jalisco, Michoacán y Guanajuato, en donde se encontraban, grandes depósitos de agua. Los problemas con los que se encuentran las grandes poblaciones de las aves acuáticas en su migración, son; el abatimiento de los acuíferos en la zona de la cuenca en la ruta aérea central, así como la sobreexplotación de los mantos para riego o como depósito de residuos tóxicos, sumando a esto un gran porcentaje de materia orgánica vertida a través de las descargas urbanas (C.E.A.G.S. 1995b).

Las diferentes parvadas atraviesan las reservas de agua en la ruta migratoria hacia el sur. Algunas aves, no llegan a descender. Al llegar el momento de retornar a sus lugares de origen, vuelven a topar con embalses o acuíferos en los que no permanecieron en su estancia durante la temporada de invernación. En algunos de ellos, suelen bajar, para posteriormente emprender el viaje de regreso a su lugar de origen, durante los últimos días de febrero y principios del mes de marzo (Gooders y Boyer, 1986).

Las rutas migratorias no son exclusivas, algunas aves, pueden iniciar su viaje desplazándose inicialmente por la ruta central y, posteriormente desviarse hacia la del Pacífico para completar su migración de otoño hacia las áreas de invernación en California o México (Owen, 1984).

A). Biología de las dos especies más representativas en la mortandad

1. Pato cucharón o pato cuaresmeño, (Anas clypeata), es un pariente cercano de las cercetas de alas azules y de la café, llevando la misma charretera azul fuerte en el ala, se sabe que estas especies se hibridizan. Evolutivamente, presenta una especialización en su forma de alimentarse, separa las



**Fig.6. Pato Cucharón *Anas clypeata*. Hembra y machos de plumajes vivos.
(Gooders, 1995).**

delgadas partículas de la superficie del agua a través de las lamelas de su amplio pico reteniendo sólo la materia comestible y eliminando el resto o desperdicios, algunas veces separa, colando el suave fango del fondo para buscar semillas, plantas o animales minúsculos, al alimentarse oscila el pico manteniendo la corriente de agua y partículas alimenticias a través de las lamelas (Fig.6).

La característica física más sobresaliente es su pico en forma de cucharón (al que debe su nombre). Su alimentación se basa en pequeños crustáceos, moluscos, insectos y sus larvas, así como semillas y pedazos de hojas y partes de los tallos de las plantas. Cuando llega la temporada de invierno los machos emprenden el vuelo y las hembras esperan hasta terminar su ciclo de anidación para alcanzar al macho, aproximadamente un mes después (Gooders y Boyer, op cit). El pato cuaresmeño al igual que las cercetas, es uno de los primeros migrantes, inicia su viaje en el otoño a lo largo de la ruta central. A escala mundial el rango de distribución es muy amplio, la distancia de migración es de las más grandes.

2. Oxyura jamaicensis pato tepalcate; es nativo del Nuevo Mundo, su rango de distribución abarca Norteamérica aunque recientemente ha sido introducido en el Viejo Mundo (Inglaterra), dispersándose en forma continua. Es zambullidor ya que se sumerge a un metro o más para tomar su alimento, impulsándose con la pluma caudal que utiliza como timón. La materia vegetal constituye las tres cuartas partes de su alimentación, aunque también pueden alimentarse de crustáceos, moluscos y larvas y, en algunos lugares, de insectos y sus larvas. Sus poblaciones han sido grandemente afectadas debido a la caza intensiva, y a la destrucción y contaminación de su hábitat. Se estima que en Norteamérica su población es de en un millón o menos de individuos (Gooders y Boyer, op cit). Su alimento lo toma del lodo a un metro o más de profundidad. Su reproducción se lleva a cabo al oeste de Estados Unidos y de Canadá. Se les puede encontrar hasta los límites con Centro América, en el invierno (Fig.7).



Fig.7. Pato Tepalcate *Oxyura jamaicensis*. Hembras (arriba) y machos de plumajes vivos. (Gooders, 1995).

VI. Metodología

A. Etapa operativa del manejo de las aves:

La primera etapa constó de los siguientes puntos:

- 1. Limpieza**
- 2. Rescate**
- 3. Levantamiento del albergue**
- 4. Trabajo en albergue:**
 - a) Identificación de las especies de aves acuáticas**
 - b) Registro de cada especie**
 - c) Tratamiento**
 - d) Necropsias**
- 5. Liberación**
- 6. Lista de material**

En el mes de diciembre de 1994, la presa se encontraba totalmente cubierta de cadáveres y aves moribundas en sus orillas y dispersas dentro de la presa. Se incremento un plan de trabajo entre las diferentes instituciones; ONG's , CNA, y grupos de la sociedad civil.

1. Limpieza:

Se elaboró un plan de limpieza conjuntamente con la Dirección de Aseo Municipal de León, Gto., funcionando con cuatro cuadrillas de 15 personas cada una, durante las dos primeras semanas (17 de diciembre de 1994 al 6 de enero de 1995) con horario de 9:00 a 16:00 hrs.

Los cuatro grupos de trabajo se ubicaron en diferentes puntos de la presa. Los cadáveres se encontraban hacinados a lo largo de las orillas y, algunos, flotando hacia el centro de la presa, en condiciones de putrefacción, semidevorados o moribundos, mismos que se acumularon en un lapso de 60 a 70 días aproximadamente. Esta situación se debió a su conducta migratoria, ya que da comienzo a principio de octubre y de acuerdo con las referencias personales de la gente que habitan alrededor del lugar.

El material que se utilizó fue:

Tapa bocas (para protección, debido al olor putrefacto e irritante).

Guantes y botas de hule (para protección)

Los cadáveres completos o en pedazos, se levantaban con palas y rastrillos para posteriormente colocarlos en bolsas grandes de plástico y/o carretillas. Para transportar a las aves muertas se utilizaron camionetas tova de diferente capacidad (2,4,5 y 9 m³).

Se cavaron 5 fosas a 200 metros de los límites del embalse y 80 metros del camino, vía que comunica a la comunidad de San Roque de Torres con la comunidad de Silva. La profundidad de las fosas fue de 3.50 m por 5 m de largo y 2 m de ancho. Estas medidas se consultaron con la Comisión México- Estados Unidos para la Fiebre Aftosa y Enfermedades Exóticas.

2. Rescate:

Para el rescate de las aves moribundas, se utilizaron lanchas o bien, botas de hule, hasta donde el nivel del agua y el fango permitían llegar a las diferentes especies de aves que permanecían en el embalse. Esta operación fue constante y dependiente de la permanencia de las parvadas en la presa. Se buscaron formas para ahuyentar a las aves que llegaban al embalse, como el detonar cuetones en diferentes partes de las orillas de la presa o bien, con un detonador de gas. En un principio esto funcionó, pero las aves se familiarizaron con el ruido y continuaron bajando obedeciendo su instinto natural.

3. Albergue:

Se levantó el albergue a un costado de la presa para poder manipular a las especies afectadas. Este constó de cuatro módulos; mismos que se cubrieron con maya plástica en los contornos y en la parte superior con, plástico grueso. Estos se unieron enlazando cordel plástico y troncos o ramas de algunos arbustos de la zona para poder sujetarlos.

En los tres primeros módulos se acondicionó un estanque, con una profundidad aproximada de 30 a 40 cm; en el fondo se le colocó plástico grueso para evitar la filtración del agua. En el primer módulo se mantenían a las especies más afectadas, colocándolas sobre periódico, tratando de mantener aisladas con mucho cuidado a las diferentes especies, del contacto directo con el sol y el aire.

El alimento consistió en mosco y charal molido, mismo que se esparcía en el estanque. Se intentó darles alimento comercial, pero no lo aceptaron. El alimento se les administró, de dos a tres veces por día, dependiendo de la actividad que mostraran las aves.

Las aves que se restablecieron se trasladaron a los siguientes dos módulos, dependiendo de la especie. En el módulo dos se colocaron los patos (anátidos); en el módulo tres se colocaron las aves vadeadoras de patas largas (limícolas); el cuarto módulo se dispuso para las aves totalmente recuperadas, siendo éste el más grande.

- Actividades desarrolladas dentro del albergue:

- (a). Identificación:

En el albergue se identificaron a las especies por medio de la guía "Aves de México" (Peterson, Chalif, 1994).

- (b). Registro:

Los datos de registro se vaciaron en formatos elaborados con base en el método de registro de campo, para estimaciones en conteo de aves muertas y liberadas, en el periodo comprendido diciembre de 1994 a marzo de 1995 (Tabla 3).

- (c). Tratamiento:

Al llegar las aves al campamento, se les sumergía en una tina de agua limpia, para quitarles el lodo que se les pegaba a las alas.

Se aplicaron los siguientes tratamientos:

C.1. Suero (fisiológico al 10% y glucosado al 10%), en la parte del pecho del ave, o en las alas (subcutáneo). El suero se les administraba, tres a cuatro veces al día dependiendo de la deshidratación que se observara en el ave; la dosis se disminuía de dos a una vez por día.

C.2. El antibiótico de amplio espectro (endofuroxaxina, dexametasona) se les suministraba después de limpiar al ave.

C.3. Se les administraba complejo "B₁₂" intramuscular de dos a tres veces al día, ya que las aves no se recuperaban o recaían hasta morir si no se les aplicaba el complejo vitamínico.

Se mantenía una constante vigilancia en los módulos, pues si se observaba algún cambio en las aves, éstas se canalizaban de inmediato al primer módulo.

REGISTRO DE AVES

FECHA: _____ NOMBRE: _____

AVES INGRESADAS	AVES MUERTAS	AVES LIBERADAS
ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ OBSERVACIONES _____ _____ _____	ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ OBSERVACIONES _____ _____ _____	ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ ESPECIE _____ MACHO _____ _____ TOTAL: _____ HEMBRA _____ _____ TOTAL: _____ OBSERVACIONES _____ _____ _____

Tabla 12. Hoja de Registro para Aves. (FUNDAE, 1995).

(d). Necropsias:

Para determinar los posibles agentes causales del problema que se presentó en las aves, se practicaron necropsias a la mayoría de los cadáveres en el campamento. Estos registros se compararon con diferentes resultados, elaborados, tanto por grupos académicos como de gobierno.

4. Liberación:

Al sanar las aves del 4º módulo, se les atrapaba con redes y se colocaban en jaulas para, posteriormente, transportarlas en camionetas a otros embalses cercanos a la presa de Silva.

MEDICAMENTOS	LIMPIEZA	MATERIAL NECROPSIAS	ALBERGUE	ALIMENTOS
solución hartman 10%	carretillas	tijeras curvas	mallla plástica	charal
solución dextrosa 10%	palas	bolsas de plástico estériles	plásticos gruesos	mosco
antibióticos: endofuroxacina dexametasona (0.02mg/kg)	sacapicos	hieleras	truncos	
vitaminas: complejo b ₁₂ (10 mg/kg)	bolsas de plástico	güantes estériles	molino	
	cubrebocas	jeringas	detonador de gas	
	botas de hule	gasas	tablas de registro	
		hojas de bisturí	guía de aves /identificación	

Tabla 2. Material utilizado en el rescate y limpieza del as aves acuáticas.

B. Etapa de Investigación

La investigación se basó, en la relación que guardaban los análisis patológicos practicados en las aves muertas, con la toxicología del cromo; así como, en la migración del cromo en el medio ambiente y las diversas fuentes de contaminación de este metal. Debido a las grandes concentraciones de cromo manejadas en el ambiente, en la zona que comprende la ciudad de León, Gto. y el corredor industrial que va de esta ciudad a la ciudad de San Francisco del Rincón según lo describen en sus artículos Gutiérrez *et al.*, (1989), Hernández *et al.*, (1995), Armienta (1995).

- La búsqueda de la información se basó en:

1. Biología de las aves, así como una estimación en su mortandad, ya que el impacto en la población de estos organismos provoca una repercusión dentro de la especie y en el ecosistema en el que habitan.
2. Posibles rutas de transporte del contaminante a través de los diferentes embalses anteriores a la presa de Silva: a) Procesos naturales, b) Factores antropogénicos
3. Comportamiento del principal contaminante en el área. Cromo total Cr_t , Cromo trivalente Cr^{+3} y Cromo hexavalente Cr^{+6} .
4. Biomagnificación del contaminante a través de la cadena trófica, según datos publicados anteriormente
5. Análisis y comparación de resultados, reportados por varias instituciones, académicas y de gobierno, en lo referente a: concentraciones de cromo en diferentes muestreos de agua, sedimento, organismos, necropsias y análisis microbiológicos.

VII. Resultados

A. Registro y Mortandad de Aves Acuáticas en La Presa de Silva.

Para los meses de noviembre y diciembre el arribo de la mayoría de las especies en la temporada de invernación termina. Se observó una elevación considerable en el número de individuos muertos y moribundos, y una gran acumulación de cadáveres, en las orillas de la presa.

La presa comenzó a vaciarse a mediados de diciembre de 1994, para evitar que las aves bajaran, y en el mes de febrero sólo quedaban algunas charcas grandes dentro de la presa.

A partir del mes de enero, la presa se había limpiado de todos los cadáveres acumulados durante los meses anteriores. Algunas se llevaron al zoológico de Ibarilla en la ciudad de León donde se incineraron.

Muchas de las especies que pertenecen a la ruta central, siguen su camino hacia el sur, por lo que el número de individuos que se observó en la presa de Silva disminuyó notoriamente hasta mediados de febrero, en que las aves inician su viaje hacia el norte del continente.

A mediados de febrero se observó un incremento en la cantidad de aves enfermas o muertas (Fig.8). Al día se hacían 2 ó 4 viajes para rescatar a las aves contaminadas. Cada viaje sumaba de 150 a 250 enfermas o moribundas, en contraste con la cantidad de aves que se recibían en el campamento en el mes de enero fue considerablemente mayor.

El cálculo que se hizo para determinar la cantidad aproximada de aves muertas, se elaboró, tomando como base la capacidad de las camionetas tolva, utilizadas para transportarlas a las fosas. Se estimó en 300 aves muertas por m^3 , dando una mortandad aproximada de 30 000.

Los cadáveres se enterraron en cinco fosas de 5 m de largo por 2 de ancho y 3.40 de profundidad, estas se llenaron dejando un espacio de 2 m aproximadamente hacia la superficie, colocando cal en el fondo y en la superficie. Estas fosas se cavaron a 200 m de distancia del límite de llenado de la presa.

Para lograr una estimación del número de individuos de las diferentes especies de aves, se tomaron los registros (Tabla 3), de dos especies, que fueron las más abundantes, en relación a la cantidad de individuos y a los hábitos alimenticios.

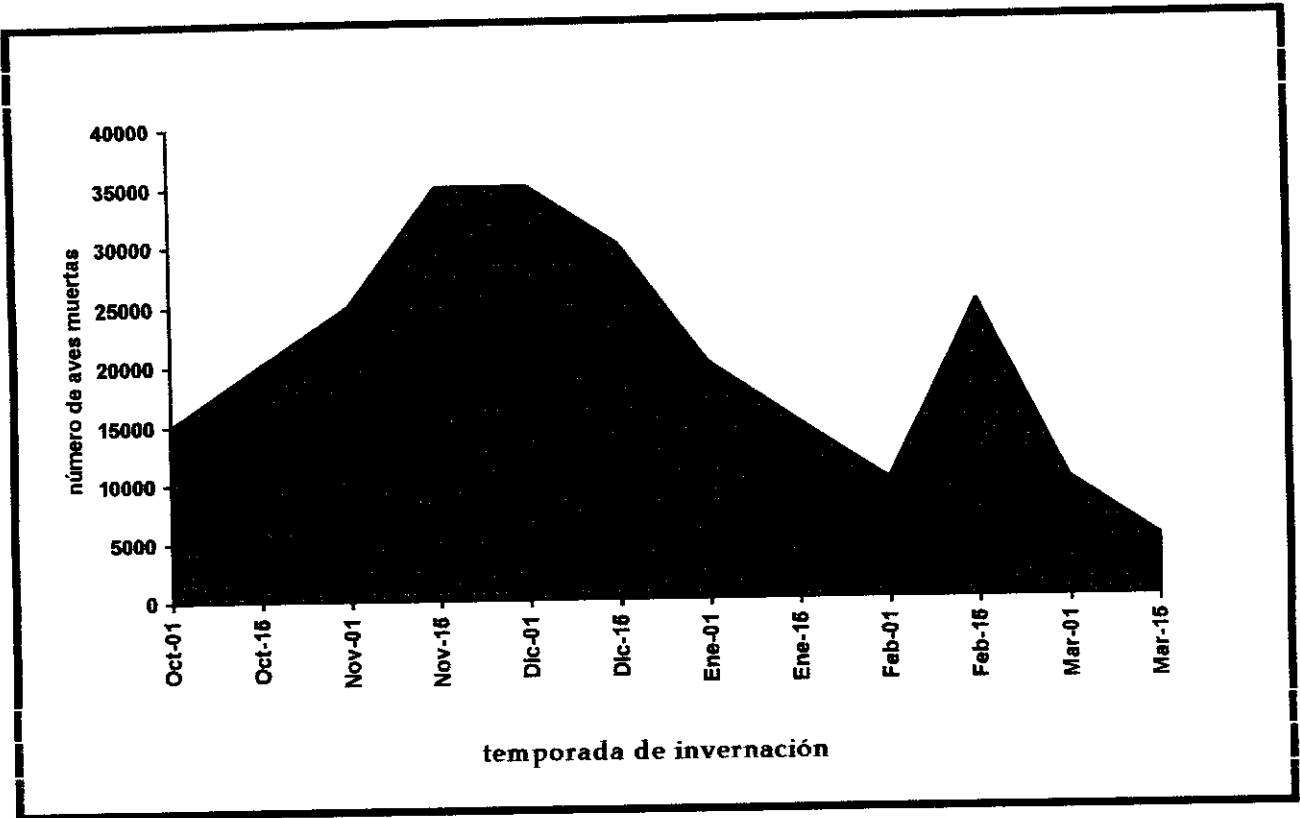


Fig. 8. Estimación de la Mortandad de Aves Acuáticas. Temporada de invernación, octubre de 1994, Marzo, de 1995

La gráfica anterior intenta mostrar el número de individuos muertos en la temporada de invernación, tomando como base el registro de mortandad total, en el mes de diciembre de 1994, sumando a ello el seguimiento del registro de organismos, durante los meses siguientes del periodo de invernación.

El aumento de individuos muertos durante los meses de octubre a diciembre, indican los movimientos de migración, de las diferentes poblaciones de aves acuáticas, que viajan sobre la ruta central, y la consecuente acumulación de cadáveres.

En la gráfica 8, se observa un crecimiento de individuos muertos a mediados del mes de febrero de 1995, indicando un menor tiempo de exposición al contaminante para quedar completamente intoxicadas. En marzo decrece la mortandad al igual que disminuye notoriamente la llegada de las aves. Es importante mencionar que el número de aves que resta en la segunda quincena de marzo corresponde a las aves residentes y/o locales.

Al hacer una estimación en el número de individuos de las diferentes poblaciones de aves acuáticas en su temporada de invernación, se tendrían aproximaciones de números de individuos en diferentes puntos, tomando como variables, número de individuos que migran y tiempo transcurrido en la etapa de invernación, según el Departamento de Vida Silvestre en Estados Unidos, se tiene un conteo aproximado de 40 000, aves que migran hacia el sur en las temporadas de invierno, (F,W,S.,1995).

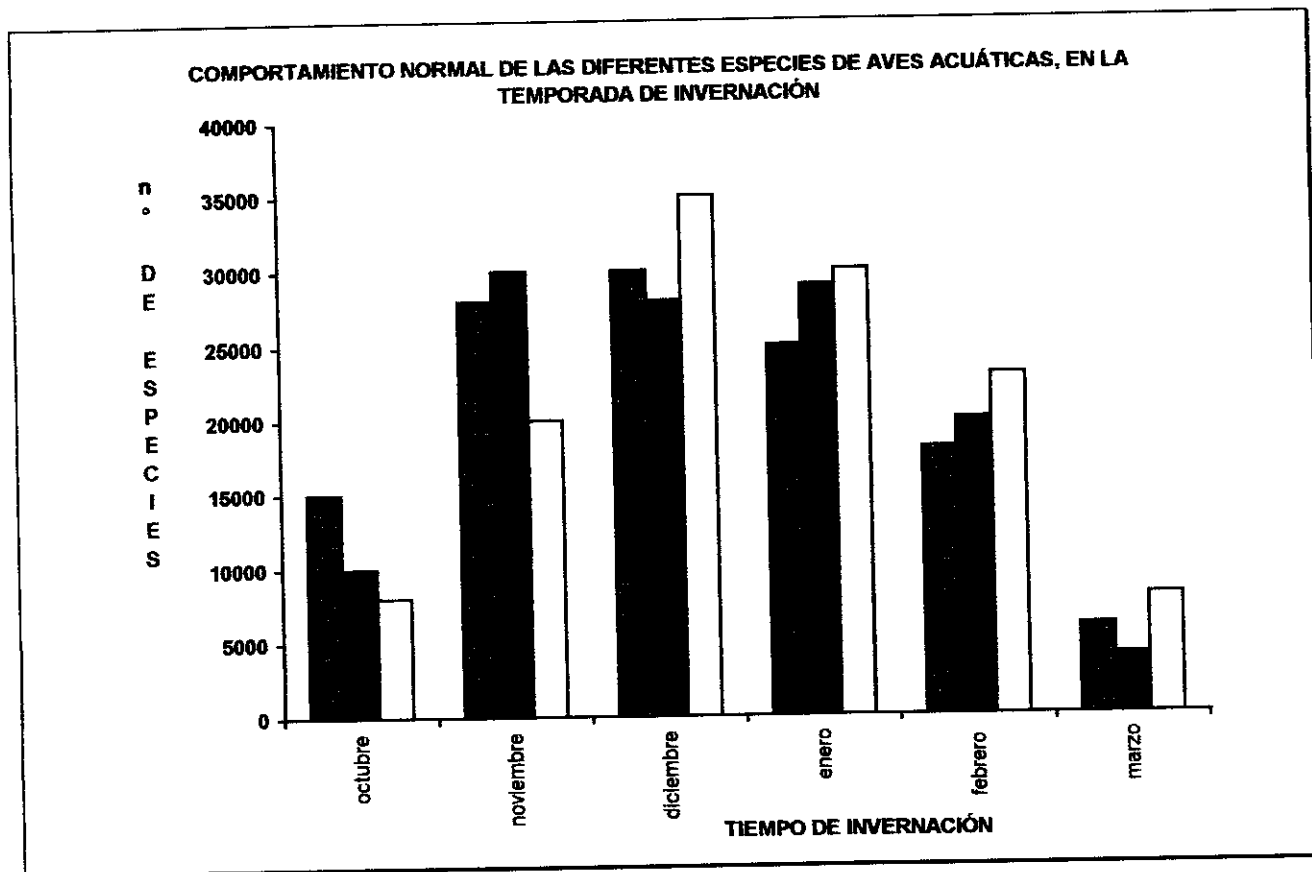


Fig.9. Comportamiento normal en el número de individuos aproximado en temporada de invernación, (F.W.S.,1995)

- A.1. Identificación de Las Especies de Aves Acuáticas Presentes en La presa de Silva Periodo 1994/1995..

Las diferentes especies que se lograron apreciar en el embalse de la presa de Silva de mediados de octubre de 1994 a principios de marzo de 1995 fueron:

Podiceps nigricollis Somormujo, Bubulcus ibis Garza garrapatera, Plegadis chihi Ibis, Anas diazi Pato triguero, Anas crecca Cerceta listas verdes, Anas americana Pato chalcuán, Anas acuta Pato golondrino, Anas clypeata Pato cuaresmeño o cucharón, Anas discors Cerceta alas azules, Anas cyanoptera Cerceta café, Oxyura jamaicensis Pato tepalcate, Aythya affinis Pato boludo chico, Fulica americana Gallareta, Recurvirostra americana Avoceta americana, Himantopus mexicanus Avoceta, Charadrius vociferus Chorlito, Limnodromus scolopaceus Costurero de agua dulce, Calidris minutilla Playerito... (Ordaz, Estrada, 1995), comunicación personal.

A.2. Estimación de La Mortandad de Las Dos Especies Más Representativas.

Para tener una estimación, en la variación del número de individuos muertos, se tomaron los registros de dos de las especies más abundantes entre los anátidos que llegaron a la presa de Silva, en la temporada de invierno. Otra característica que se tomo en cuenta para elaborar el conteo, fue el tipo de alimentación, si la especie se alimentaba en la superficie o se sumergía en el agua para tomar el alimento del fondo.

A partir de los registros en campo, se analizaron datos para tomar medidas representativas y se elaboró una descripción numérica para obtener la media del número de individuos que conformaban estas poblaciones.

Se elaboraron gráficas comparativas de mortandad y sobrevivencia a partir de enero a marzo de 1994. La fluctuación del arribo a la presa, en la etapa de migración, varió notoriamente, así lo muestran las gráficas en el número de aves muertas y aves vivas de la especie correspondiente (Fig. 10 y 11). Se observa el descenso de sus poblaciones a partir de enero.

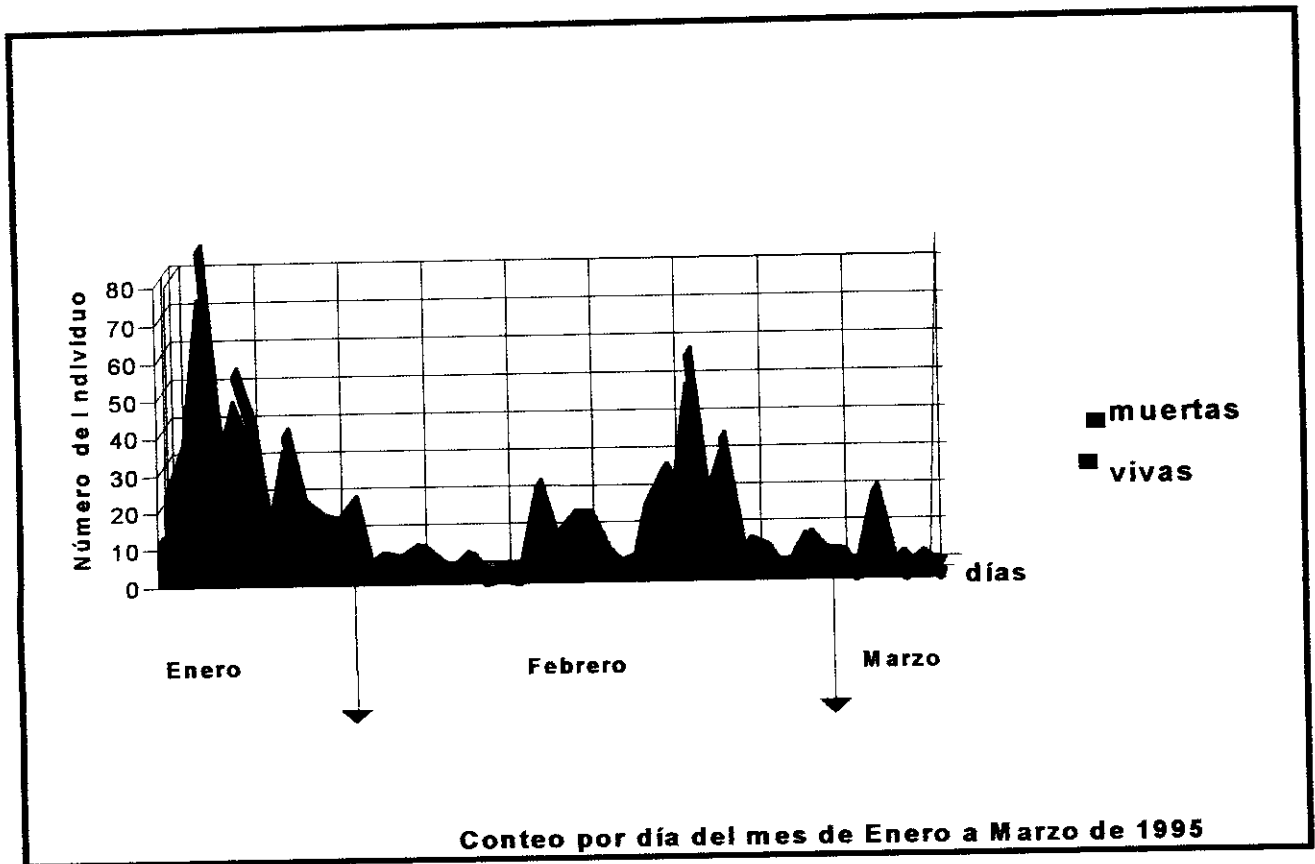


Fig.10 Fluctuación en el número de individuos: vivos y muertos de la población de Oxyura jamaicensis en la presa de Silva.

La mortandad de las aves se dio a conocer por lo medios de comunicación, a mediados de diciembre de 1994, por lo que no se logró obtener los registros de ninguna especie, durante la primera parte del período de invernación. Se trabajaron los datos registrados durante la estancia en campo, desde la llegada en diciembre, hasta principios de marzo, para realizar algunas estimaciones en cuanto a lo sucedido en dicho período, haciendo una extrapolación en los meses iniciales de invernación. El número de especies descritas fue de 18 (Ordaz, Estrada. *op cit*) .

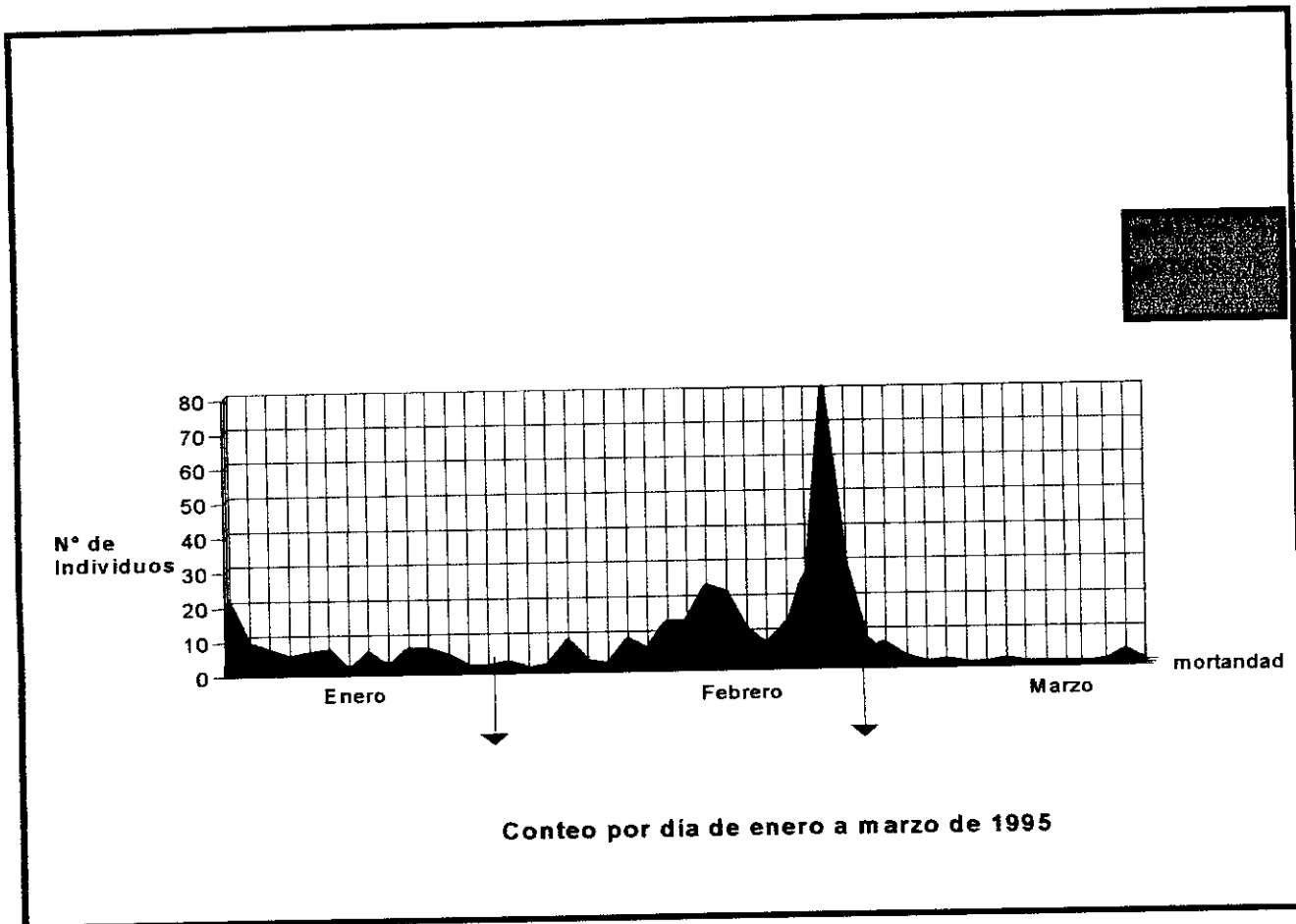


Fig.11 Fluctuación en el número de individuos: vivos y muertos de la población de Anas clypeata en la presa de Silva.

Se puede observar una diferencia considerable en la magnitud de las poblaciones entre una especie y otra a partir de enero, la presencia en el número de individuos de Oxyura jamaicensis, fue notoriamente mayor en este periodo en comparación con el número de organismos de la especie Anas clypeata, durante su estancia en la presa, factor que incide en el seguimiento de la ruta migratoria para Anas clypeata y la estancia en la presa de un número mayor de organismos de Oxyura jamaicensis.

A.3. Observaciones Clínicas de Aves Moribundas.

Las aves moribundas presentaban una marcada deshidratación aunada a una diarrea color verde, en muchas de ellas la membrana nictitante del ojo lo cubría totalmente, lo que daba la impresión de estar ciegas (deshidratación); en un principio algunas de estas aves mostraban una infección severa en los ojos y dificultad al respirar haciendo movimientos de esfuerzo en el cuello. La debilidad era marcada se notaba en su falta de coordinación al caminar y en el movimiento de las alas; clavaban el pico o perdían el equilibrio dentro del agua, lo que pudo haber sido motivo de que muchas de ellas murieran ahogadas, siendo arrastradas por el viento hasta las orillas. La emaciación que es signo de una deshidratación y desnutrición severas, provoca una pérdida en el tono muscular, que se observó en forma severa en las aves rescatadas.

A.4. Hallazgos Anatomopatológicos Macroscópicos.

Los resultados obtenidos en las diferentes necropsias nos muestran una correlación con las observaciones clínicas:

Se practicaron estudios por parte de algunas instituciones académicas, (Universidad Nacional Autónoma de México a través del Laboratorio de Toxicología Animal, Departamento de Producción Animal Aves, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia), así como en un laboratorio particular de la empresa San Fandila, en Lagos de Moreno, Jal.; en el zoológico de Ibarra de León, Gto. y, en el National Biological Service-National Wildlife Health gobierno de los Estados Unidos, Washington, D.C.

1. Estudio Anatomopatológico, laboratorio San Fandila: en Anas acuta (2), Anas clypeata (1), Oxyura jamaicensis (1), Anas crecca (1).

- Plumaje; se desprendía con gran facilidad al hacer la limpieza para realizar la necropsia.
- Masa muscular; presento una consistencia macilenta al tacto y , con color amarillado.
- Sistema respiratorio; presento aerosaculitis con vascularización y engrosamiento de los sacos torácicos.
- Sistema Cardiovascular; la consistencia de la masa del músculo cardíaco dio la impresión al corte de carne cocida.
- Sistema Digestivo; la molleja presento queratitis severa en cerca del 50% de la superficie, con presencia de úlceras perforantes y adherencias cicatrizales en la mucosa de la molleja, contenido pardo sugestivo de sangre digerida. Presencia de coágulos de sangre a lo largo de duodeno y yeyuno y más abundantes en ileon con apariencia semidigerida.
- Sistema Oseo; se detectó palidez severa de la Médula Osea en la epífisis cefálica del tarso.

Histopatología:

- Músculo: degeneración granular en fibras, tumefacción, marcada acidofilia, marcado ensanchamiento y desplazamiento de los núcleos infiltración linfoide multifocal.
- Pulmón: hemorragia e infiltración linfoide.
- Proventriculo: necrosis, descamación epitelial severa difusa. Zona granular se observó necrosis leve multifocal e infiltración linfoide.
- Molleja: queratitis severa difusa.
- Intestino: denudación severa de vellosidades, con acortamiento y, presencia de necrosis.
- Hígado: necrosis multifocal, hemorragia difusa.
- Riñón: necrosis multifocal, hemorragias multifocales.
- Páncreas: hemorragias multifocales, vacuolización severa de células acinares, necrosis multifocal, infiltración linfoide.
- Bazo: necrosis del tejido linfoide, hiperemia severa difusa, depleción del tejido linfoide.
- Encéfalo: edema perivascular, degeneración neuronal, hemorragias multifocales.
- Cerebelo: espongiosis difusa en sustancia blanca, infiltración linfoide multifocal.

La sintomatología observada en las aves enfermas, así como la evolución y respuesta de las aves al tratamiento aplicado, al ser correlacionadas con las lesiones a la necropsia, permiten suponer un proceso de debilidad progresiva aguda que pudo o no estar complicada con otros agentes (inclusive infecciosos), conforme al avance o grado de afectación de las aves. Sin embargo, en ningún caso se pudieron notar signos atribuibles a un proceso de origen nervioso (Esponda, 1995).

2. Estudio Anatomopatológico Departamento Producción Animal Aves, Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM:

- Enteritis hemorrágica multifocal, muerte por choque hipovolémico (deshidratación). Abundante ascitis; ventriculitis ulcerativa, atrofia hepática severa. Síndrome ascítico.

Histología:

- Necrosis hepática multifocal, tumefacción hepática difusa severa. Ascitis e insuficiencia cardiaca congestiva generalizada.

La desmielinización del ciático aunada a neuropatía degenerativa moderada difusa en encéfalo, caracterizada por satelitosis, neuronofagia, gliosis, cromatolisis y desmielinización observada en 4 aves de 8 (Anas clypeata, Oxyura jamaicensis, Anas acuta, Anas crecca), así como la degeneración hepática observada en 5 de 8 aves vivas, degeneración severa del miocardio y degeneración renal moderada, pueden resultar del efecto de tóxicos tales como pesticidas o metales pesados y no de infección bacteriana (Casaubon, 1995).

3. Estudio Anatomopatológico del National Biological Service, National Wildlife Health Center:

El estudio se llevo a cabo en cadáveres de Anas crecca, muestras de molleja e hígado.

No se encuentra grasa en mesenterio, coronarias o tejido subcutáneo, músculos pectorales reducidos, la molleja se encuentra oscura sin alimento, necrosis en intestino, pulmón se encontraba húmedo y con una capa cerosa en el corte superficial, líquido en la parte próxima de la tráquea, autólisis en intestinos.

Virología; pulmón, hígado e intestinos.

Resultado: negativo.

Parasitología; intestino.

Resultado negativo.

Bacteriología; hígado e intestino: Salmonella sp, pulmón: hongos, corazón: botulismo.

Resultado: hígado: Enterococcus sp., Escleriquia coli.

Resultado: corazón: botulismo, negativo.

Resultado: pulmón: Enterococcus, Escleriquia coli, Mucor sp, cultivo de hongos positivo.

Toxicología: cerebro: colinesterasa, hígado: plomo.

Resultados: cerebro , no se detecto inhibición de colinesterasa, hígado: no se detecto plomo.

Diagnóstico preliminar: emaciación.

Una variedad de pruebas en tejido de Anas crecca, resultaron negativo con respecto a la prueba de botulismo, La presencia de la toxina de botulismo en la mezcla de mollejas e hígados, no establece un diagnóstico de botulismo en las aves,. Se requiere examinar un número mayor de cadáveres para lograr un diagnóstico definitivo. La presencia de toxina puede ser el resultado de un proceso de descomposición posmortem en las aves (Glaser, 1995).

En cada uno de los laboratorios citados, se reportaron como hallazgos comunes, deshidratación y emaciación severas. Los órganos blanco afectados más frecuentemente fueron: proventrículo, molleja e intestino. Cabe hacer notar que, durante el proceso de investigación en las necropsias (enero y febrero), los cambios observados en la afectación de algunos órganos, parecen ser progresivos, como es el caso del riñón, hígado, médula ósea y el encéfalo (Casaubon, op cit). La molleja fue uno de los órganos más afectados, presentando queratitis severa (engrosamiento que recubre la pared interna de la molleja), úlceras perforantes, adherencias cicatrizales en la mucosa y, contenido de sangre digerida de color pardo (Esponda, op cit). En médula ósea, se detectó palidez severa en un 50% de las aves. En hígado, las lesiones observadas fueron manchas blanquecinas, en algunos puntos correspondientes a focos de necrosis. Los riñones presentaron consistencia friable (Rosiles, 1995). Los cambios patológicos descritos anteriormente continuaron presentándose en las necropsias durante el tiempo que duró la mortandad.

A.5. Hallazgos Histopatológicos

En relación a los estudios histopatológicos, se observaron focos de necrosis en la mayoría de los órganos estudiados con hemorragias multifocales, queratitis severa en molleja, descamación epitelial severa en proventrículo y denudación severa de la mucosa en intestino (Esponda,op cit). Se exponen algunas fotografías donde se muestran lesiones observadas en las necropsias de las aves.



Necropsias. Observación de palidez en médula ósea y hemorragia
Presencia de úlceras perforantes en molleja (FUNDAE, 1995)

B. Identificación de Probables Causas en La Mortandad

B.1. Factores Infecciosos (Epizootias)

Con relación a la posibilidad de que un agente infeccioso pudiera haber sido el causante de esta mortandad, la comisión México- Estados Unidos Para La Fiebre Aftosa y Enfermedades Exóticas, solicitó al Departamento de Aves de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, análisis microbiológicos, para descartar los siguientes problemas:

Enfermedad	Tipo de muestra	Estudio	Resultados
	Suero	Serología	
Newcastle	"	IH*	negativo
Influenza Aviar	"	IH	negativo
Bronquitis Infecciosa	"	ELISA*	negativo
Infección Bolsa de Fabricio	"	ELISA	negativo
Reovirus	"	ELISA	Negativa
Mycoplasma Galliseptum	"	Ap*	Negativo
Mycoplasma sinovial	"	Ap	Negativo
Salmonella Pullorum	"	Ap	Negativo
MUESTRA		ESTUDIO	RESULTADOS
Hígado		Bacteriología	E. coli
Pulmón		"	E.coli
Saco vitelino		"	E.coli

IH* Inhibición de hemoaglutinación

ELISA* Ensayo de enzimas acopladas por inmunoabsorción

Ap* Aglutinación en placa

Los anteriores análisis se realizaron, dando de beber agua de la presa a pollos, en el Departamento de Producción Animal Aves, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM por Casaubon (op cit).

B.2. Botulismo

Se mencionó la posibilidad de un agente bacteriológico, estrictamente saprofítico anaerobio; como causante de la mortandad que podría ser Clostridium botulinum, tipo C, específico para aves silvestres acuáticas (Carter et al., 1979).

La historia del botulismo en aves ha sido revisada con mayor énfasis desde 1965. La parálisis seguida de la ingestión de la larva de la mosca (Lucilia caesar y L. Sericata) se reportó en 1923, identificándose el tipo 'c' del género Clostridium Botulinum en la larva. En 1918 se investigaron las pérdidas en aves acuáticas en el oeste de Estados Unidos y se concluyó que las pérdidas fueron debidas a un veneno alcalino. Sin embargo, posteriormente en 1930, se demostró que pérdidas similares en aves acuáticas se debieron a botulismo (Hofstad,1972).

Clostridium botulinum, es un bacilo de forma alargada con bordes redondeados. Se presenta en forma individual, en pares o, formando pequeñas cadenas. Las formas de esporas se ubican en la parte terminal, figurando una forma cómbica en la célula. Las esporas son extremadamente resistentes al calor; para inactivarlas se requieren 5 horas a punto de ebullición o en autoclave a 120°C. Los cultivos de organismos nuevos son gram- positivos (Carter,1979).

Existen cinco tipos de Clostridium botulinum con base en el tipo de toxina producida y en las diferentes reacciones bioquímicas y serológicas. La neurotoxina de Clostridium botulinum es una de las sustancias más tóxicas que se conocen. La dosis letal mínima del veneno de la cobra es 0.002 mg/kg. La dosis letal media vía intraperitoneal de botulismo para ratones es de 10^8 por gramo de nitrógeno (Smith et al.,1968). Para producir su efecto, la dosis tóxica oral debe ser de 50 a 100 veces mayor.

La neurotoxina de Clostridium botulinum es relativamente estable al calor. Para su destrucción se requieren de seis minutos a 80° C, Las pérdidas en aves se deben más comúnmente al tipo A y C, dependiendo de su localización geográfica. Los tipos B y E han sido también relacionados con botulismo. La enfermedad llamada De Occidente en aves acuáticas, ocurre principalmente en aguas someras alcalinas, particularmente en el oeste de los Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, la toxina tipo C es la más ampliamente extendida; esto ocurre durante el verano y otoño. La infección cesa con la llegada del invierno (Hofstad et al.,1972).

Con el suministro de antitoxina tipo C, aún en casos de aves extremadamente enfermas, se logra disminuir la mortandad. No obstante, el efecto protector de estos anticuerpos pasivos desaparece en un corto tiempo y el ave de nuevo puede ser susceptible a la enfermedad. El tratamiento de terapia de fluidos con suero, hidrata y ayuda a eliminar tóxicos del organismo.

En el Departamento del Interior, el Pesca y Vida Silvestre, en Estados Unidos, se tienen reportadas mortandades desde 1893, con registros variables desde 1910. En 1932 se presentó una mortandad de 33,000 aves; en 1952, 28,200; en 1963, 43,200 y en 1971, 40,000. Para 1980 se registró una de las más altas en la historia del botulismo, que fue de 55,500 aves y, en 1990 de 24,000.

B.3. Toxicidad del Cromo

Algunos metales son esenciales para la salud y su deficiencia puede favorecer enfermedades; sin embargo, al ingerirse en grandes dosis pueden ser tóxicos. Otros metales no tienen funciones conocidas, tanto en plantas, animales o en seres humanos y es posible que la exposición interna sea peligrosa. Estos nunca se degradan, a diferencia de muchos contaminantes orgánicos que se descomponen con la exposición a la luz solar o al calor. Los metales permanecen en los sedimentos o, bien por lixiviación, son transportados a través del suelo hasta alcanzar los niveles freáticos para reincorporarse de nuevo a su ciclo natural (Harte *et al.*, 1995).

El cromo se encuentra clasificado en la tabla periódica de los elementos químicos como un metal. Se encuentra en la mayor parte del material biológico en su forma trivalente fuertemente asociado con las proteínas, ácidos nucleicos y a una variedad de complejos de bajo peso molecular. Los rangos de concentración varían de bajas, a pequeñas cantidades de nanogramos por gramo, en el plasma sanguíneo.

Existen estudios donde se señala la importancia del cromo trivalente como un micronutriente (Sukumar y Subramanian, 1990). Se han llevado a cabo pruebas con animales donde se ha observado que la deficiencia en cromo, desarrolla una disminución progresiva en la tolerancia a la glucosa. Este factor se refiere a una pérdida en los compuestos del grupo del cromo orgánico, lo que permite tener una relación con el equilibrio de la insulina- glucosa. Existe una relación directa en la deficiencia de

romo en humanos en relación a la intolerancia a la glucosa y pérdida de peso, lo cual puede ser aliviado con la implementación de cromo trivalente a bajas concentraciones (Sigel y Seiler, 1994).

También se han llevado a cabo estudios que indican que el cromo trivalente (Cr^{3+}), incrementa la frecuencia y la actividad de los sueños; en dosis prolongadas produce insomnio y causa irritabilidad en algunas personas (Gerhard *et al.*, 1992).

Por otro lado, cabe destacar la toxicidad del cromo hexavalente (Cr^{6+}), por la fácil permeabilidad que presenta a las membranas biológicas (Sigel y Seiler, *Op.Cit*). El comportamiento del cromo hexavalente se muestra en un intercambio rápido, disuelto en el citosol celular así como en otros líquidos fisiológicos; mientras que, el comportamiento del cromo trivalente se da en un intercambio lento, ligándose a las proteínas tisulares (Riva *et al.*, 1980).

El efecto directo en salud humana puede ser: perforación en tabique nasal, úlceras en la piel y daños en hígado y riñón. Al respirar el polvo de los compuestos de cromo son atacadas las mucosas de la nariz, de la boca y de los órganos de la respiración. Esto origina desagradables catarras bronquiales que pueden favorecer la formación del llamado cáncer del cromo. Si los compuestos penetran en la piel lesionada se forman heridas de difícil curación, conocidas como abscesos de cromo. Cuando existen lesiones en la piel es más fácil que el cromo pueda penetrar y formar abscesos más severos, acompañados de una dermatitis severa y eczema, como afecciones alérgicas (Sigel *et al.*, *Op. Cit*).

Los efectos en la piel se conocen desde 1827. Los compuestos de cromo son bien conocidos por su acción ulcerogénica en presencia de fuertes concentraciones de dicromatos, dicromato de amonio, ácido crómico, llegando a causar lo que se conoce como hoyos de cromo.

El cromo hexavalente se reduce a la forma trivalente dentro de la piel, por medio de la metionina y cisteína. Algunos investigadores piensan que la gente sensible a la forma hexavalente lo es también a la forma trivalente (EPA, *OpCit*). En las fotos se aprecian niños residentes de la comunidad de Silva contigua a la presa, que presentaron problemas de tipo ulcerativo en la piel y en la boca, al tener contacto con las aves y el agua de la presa.

Recientes estudios en animales indican que el cromo es teratogénico. Se sabe que el cromo hexavalente atraviesa la placenta e induce defectos en el tubo neuronal y provoca mortandad en



Niños de La Comunidad de Silva. Presencia de úlceras en la boca (niña),
abrasiones en la piel (niño) . Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Gto. (FUNDAE,
1995)

ratones, grietas en el paladar, mortandad en hámsters y variedad de anomalías en embriones de pollo (Sigel et al., Op. Cit.).

Estudios realizados en embriones de pollo, a los que se inocularon cromo en formas trivalente y hexavalente, mostraron que la tasa de crecimiento y desarrollo del embrión, es inhibida debido a la adición de cromo, provocando lo que se conoce como enanismo (Biswas, 1984).

Existe una clara relación entre la dosis de cromo expresada en función de la concentración y tiempo de exposición, con el desarrollo de cáncer pulmonar, al igual que con el desarrollo de cáncer gastrointestinal (Sigel et al., Op Cit.).

B.4. Bioconcentración- Bioacumulación- Biomagnificación

En relación al cromo existe la posibilidad de incrementar la concentración de éste por medio de la absorción en algas ya que estudios llevados a cabo por la EPA, Environmental Protection Agency, muestran la capacidad de ciertas briofitas para absorber metales pesados, lo que produce una biomagnificación del contaminante en la cadena trófica, por medio de adsorción o absorción, siendo las algas productores primarios.

Las interdependencias que se dan entre los diferentes elementos pueden ser competitivas, produciendo efectos tóxicos y cooperativas entre los iones metálicos, no metales o en conjunto con moléculas orgánicas.

En investigaciones elaboradas en cultivos de algas Chlorella ellipsoidea se buscó la relación entre la interacción de los efectos tóxicos y la bioconcentración de metales pesados. Se observó claramente que la concentración de cromo en los cultivos de Chlorella es estimulada por la presencia de cadmio en el medio (Aoyama y Okamura, 1993).

También se ha observado la acumulación de metales, específicamente el cromo, en branquias de carpa, Carasius auratus (Riva, Op Cit., 1980), siendo los animales moribundos parte importante de esta bioconcentración

Los criterios ecológicos de calidad del agua editados por el Diario Oficial de la Federación el 13 de diciembre de 1989, indican que los niveles máximos en (mg/l) para cromo hexavalente en agua potable son de 0.05 mg/l; para uso agrícola (riego) es de 1.0 mg/l; para uso pecuario es de 1.0 mg/l; en el rubro

de protección en la vida acuática, para agua dulce es de 0.01 mg/l y para agua marina (áreas costeras) es de 0.05mg/l. Miantras que en acuacultura el rango no excede de 0.5 mg/l. Para cromo trivalente es de 1.0 mg/l (cabe mencionar que este último es específico para carpa).

B.5. Fuentes Naturales de Cromo en La Zona

Existen a la fecha varios trabajos realizados por el Instituto de Geofísica de la UNAM por Camacho y Armienta, (1995) y de Geología de la UNAM por Martínez- Reyes, (1992), y Hernández (1995a), sobre la existencia de piroxenitas, en la región San Juan de Otates, que se encuentra a 14 km al oriente de la ciudad de León, Gto. La subcuenca San Juan de Otates se ubica al noreste de la parte alta de la subcuenca río Turbio--presa El Palote. En relación con el trabajo desarrollado por el Instituto de Geología en el Centro Regional Guanajuato, se menciona, que la dispersión de cromo se asocia en la naturaleza a minerales como; piroxenitas, serpentinitas y rocas como el basalto que se encuentran en la parte alta de la cuenca. El contenido de cromo en rocas ácidas y sedimentarias comúnmente varía de 5 a 120 ppm; en contraste , los contenidos altos de Cr se encuentran en suelos derivados de basaltos y serpentinas, con rangos que varían de 5 a 3,000 ppm. La acumulación se da en suelos superficiales, aunque se han encontrado a 3 m de profundidad, con concentraciones que van de 112 a 10,000 ppm. Para la Unidad Europea, la concentración máxima permisible de Cr en suelos es de 50 ppm; Canadá establece 120 ppm y para Cr total en sedimentos 90.0 ppm el límite máximo permisible.

El sistema San Juan de Otates descarga sus aguas en el río Guanajuato y éste en el río Lerma. Diversas obras de ingeniería han modificado la conducta del drenaje natural de la cuenca, como es el caso de la construcción de presas y canales, tanto para el control de avenidas e inundaciones, como para el riego de tierras agrícolas.

La piroxenita de San Juan de Otates, es un mineral, de una roca, verde oscuro, constituida principalmente por piroxenos (augita), olivino y plagioclasas cálcicas, con diferentes grados de serpentización. Hernández (Op Cit) encontraron en estas rocas, concentraciones de Cr que van de 2830 a 3025 ppm de Cr.

Los suelos localizados en la sierra de Guanajuato, correspondiente a la cuenca San Juan de Otates, se caracterizan por el intemperismo químico moderado, es el principal proceso formador del suelo,

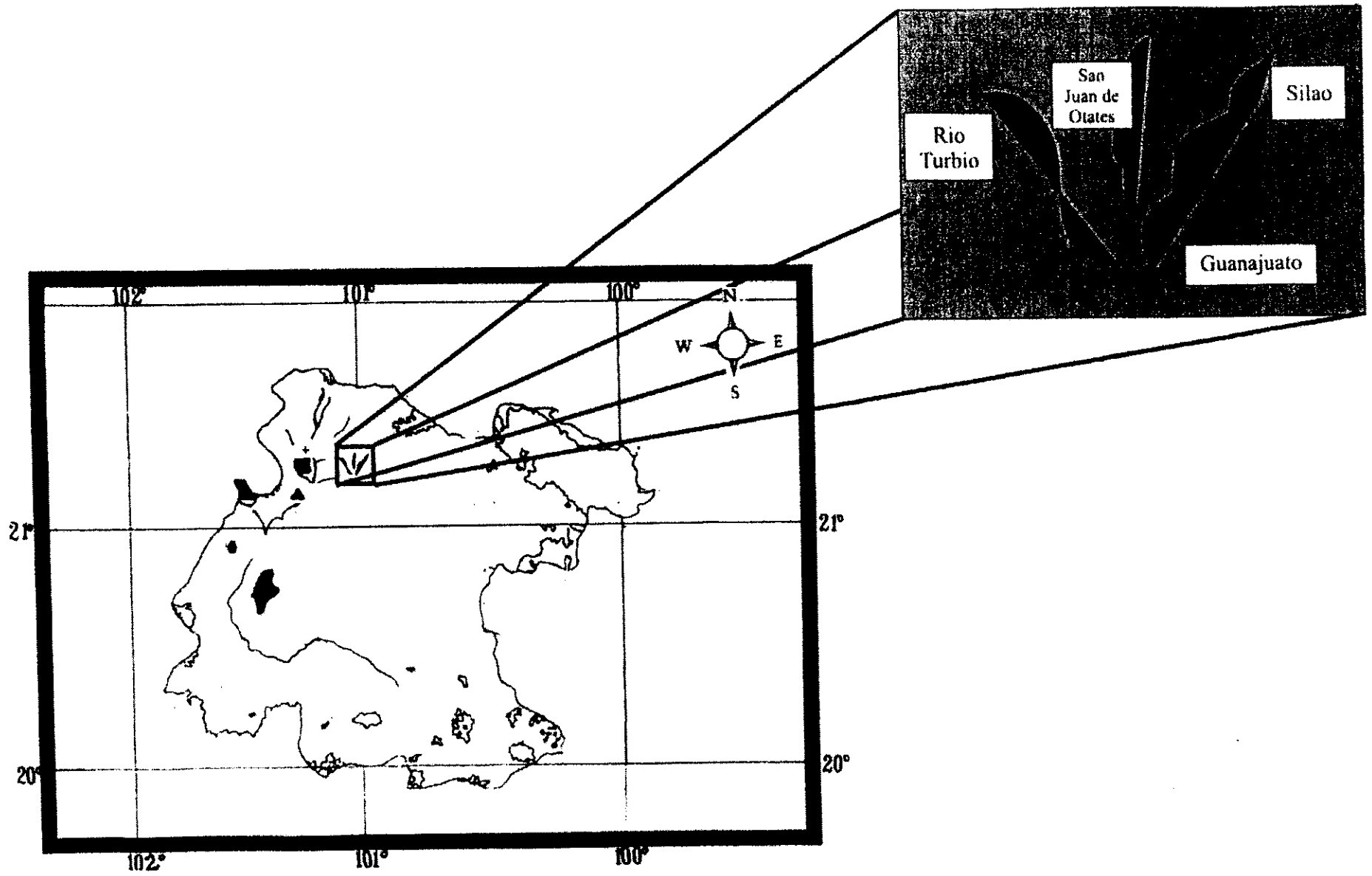


Fig.12. División entre la Subcuencadel Río Turbio y San Juan de Oates.(Hernández,et.al., 1995)

siendo su distinción principal, el escaso desarrollo. La presencia de óxidos de Fe (removidos) muestra un mayor porcentaje en los suelos provenientes de las piroxenitas y menor proporción, en los derivados de granitos. Los rangos de capacidad de intercambio iónico varían de 12.79 (granito) hasta 55.69 meq/100g en los suelos provenientes de ignimbritas basaltos. La relación $\text{SiO}_2/\text{AlO}_3$ sugiere que los suelos desarrollados sobre ignimbritas- basaltos y granitos se generan más rápidamente, en contraste, los suelos derivados de las rocas ultrabásicas son los menos desarrollados (Hernández, Op Cit b).

La parte de la subcuenca San Juan de Otates correspondiente a la Sierra de Guanajuato tiene una superficie de 128.5 Km². De esta superficie, 30.4 Km² (23.6%) corresponde al área de captación del arroyo El Juache; 38,4 Km² (29.9%) al área de San Juan de Otates y 59.7 Km² (46.5%) al arroyo Grande. La importancia de la aportación de materiales intemperizados hacia las partes bajas de la cuenca, se centra en el hecho de que las piroxenitas de San Juan de Otates ocupan sólo 7.7 Km² (5.59%) y El Juache 4.89 Km² (3.80%). En el arroyo Grande no existe este tipo de afloramiento. Esta distribución puede dar una idea de la baja proporción superficial del material que puede ser intemperizable, en función de la superficie de captación de la subcuenca e independientemente del gradiente de intemperismo de cada tipo de roca. Dentro de la cuenca, la dispersión de Cr se toma geográficamente errática. No obstante, las obras de ingeniería han modificado el patrón de distribución, tendiendo ahora a concentrarse en la región conocida como Playas de Sotelo. No existe en la actualidad, una aportación importante de Cr hacia las cuencas de los ríos Silao- Guanajuato. Por otro lado, los resultados obtenidos por Hernández (Op Cit b), en la zona de transición entre lo que es el pedimonte de la sierra de Guanajuato y El Bajío, mostraron que no hay aportación significativa de Cr hacia el río Turbio (Hernández, Op Cit.a). El río Turbio desde su nacimiento en las parte altas de la ciudad de León hasta su paso por la presa de Silva no desgasta restos de rocas ultramáficas que pudieran aportar cantidades significativas de metales como Cr a los sedimentos que rellenan a la presa (Martínez, 1992).

Cabe hacer notar que las rocas ultrabásicas se encuentran principalmente en la subcuenca San Juan de Otates y en menor grado, en la del río Turbio. Situado geográficamente entre los 19°55'08'' y los 21°52'09'' latitud norte, longitud oeste (Fig. 12).

B.6. Fuentes Antrópicas de Cromo en La Zona

La ciudad de León, Gto., tiene como base de su industria, la fabricación y manufactura de pieles y zapatos, por medio de curtido al wet- blue o curtido al cromo y curtido al vegetal, con un total de 1,074 empresas. En el municipio de San Francisco del Rincón, el número de empresas asciende a 28, siendo la industria textil de mayor importancia en cuanto a números de empresas. En término de gasto promedio por giro, la industria productora de pieles y derivados, la química y la petroquímica, ocupan los primeros tres lugares en el municipio de León (Hansen *et al.*, 1995).

- Curtido al Cromo o Wet—Blue

La reacción de la piel con las sales de cromo da alta estabilidad a la estructura fibrosa, que es muy resistente al ataque bacteriano y a las altas temperaturas. Para que una sal inorgánica tenga capacidad curtiente es necesario que, su solución acuosa se hidrolice y que las sales básicas formadas, ya sea directamente o por enmascaramiento (ftalatos) se mantengan en solución para que penetren en la piel y reaccione con ella y así aumentar la temperatura de contracción o encogimiento. Una vez que la piel esté curtida, neutralizada y engrasada presentará entonces el aspecto de cuero (Orta, 1994).

La cromita ($\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) óxido doble de hierro y cromo se utiliza como materia prima para la obtención de sales de cromo (Flesher, 1978). La cromita pertenece a los óxidos intermedios, las especies incluidas aquí se consideran como óxidos, aunque químicamente, son sales oxigenadas (aluminatos, ferratos, manganatos). El único grupo bien caracterizado es el de la espinela (Dana y Ford, 1976).

La cromita también se puede derivar de serpentinitas, formando vetas o masas empotradas. Cuando un magma se enfría es uno de los primeros minerales en cristalizarse. Sus grandes cuerpos de menas probablemente se forman durante la solidificación de la roca a través del proceso de diferenciación magnética. Los diferentes usos que se le ha dado en la industria son: fabricación de aceros duros, acero inoxidable, cromado, ladrillos refractarios, recubrimiento de hornos metalúrgicos y como fuente de ciertos pigmentos de colorantes rojos y amarillos (Dana y Ford., *op cit*).

Por otro lado, en la última etapa del proceso de curtido (piqueado) es cuando se adhieren las sales de cromo (Heidenmann, 1993); en esta etapa también se introducen los ftalatos como; ácido oxálico, acetato de sodio, ácido ftálico, ácido fórmico, etc. (Flesher, 1978) que actúan como enmascarantes, disminuyendo la reactividad de la molécula de cromo sobre las proteínas de la piel (colágeno). De esta forma, el cromo puede penetrar más fácilmente a la piel y con una mayor uniformidad de las sales curtientes en la piel, quedando un producto con buen terminado.

Para fijar definitivamente el cromo en la piel, se adhiere un álcali; generalmente, se utiliza bicarbonato de sodio, esto produce una basicidad en el medio, llegando hasta un 66%.

Un buen porcentaje de cromo existente en el tambor se precipita; esto se debe por un lado, al tamaño de la molécula de la sal inorgánica, y por otro al rendido, ya que las concentraciones de sulfato de cromo comúnmente usado para curtir, exceden las concentraciones absorbidas por las pieles que se encuentran dentro del tambor. Estas descargas fluyen hacia las redes de alcantarillado, pues el mayor porcentaje de las fábricas de curtido al cromo se encuentran dentro de la ciudad (Orta, op cit).

B.6.2. Curtido al Vegetal

En el área que corresponde a la parte alta de la subcuenca del río Turbio—presa El Palote, anteriormente mencionado, se encuentra el corredor industrial conformado por empresas fuertes en el ramo de la curtición al vegetal, algunas industrias de la curtiduría que trabajan al wet-blue y, una industria importante que produce materia prima para el proceso y elaboración de pieles.

Un menor número de factorías pero con una producción a gran escala, trabajan el curtido al vegetal, producto orgánico extraído de la corteza de varias plantas, entre ellos, árboles como el quebracho Schinopsis sp., que constituyen el 30% del peso seco de la madera del núcleo (Kochta, 1990). Se estima que el consumo anual es de aproximadamente 150,000 toneladas. Los precursores químicos a partir de los cuales se forma el producto (ácido quínico), se originan a través de la fotosíntesis en las hojas del árbol. La importancia de los derivados del ácido quínico se debe a que indican la manera en que se producen las otras sustancias fenólicas en las hojas. Sin embargo, son estas otras sustancias las de mayor importancia como materia prima, a partir de las cuales el árbol elabora finalmente el quebracho.

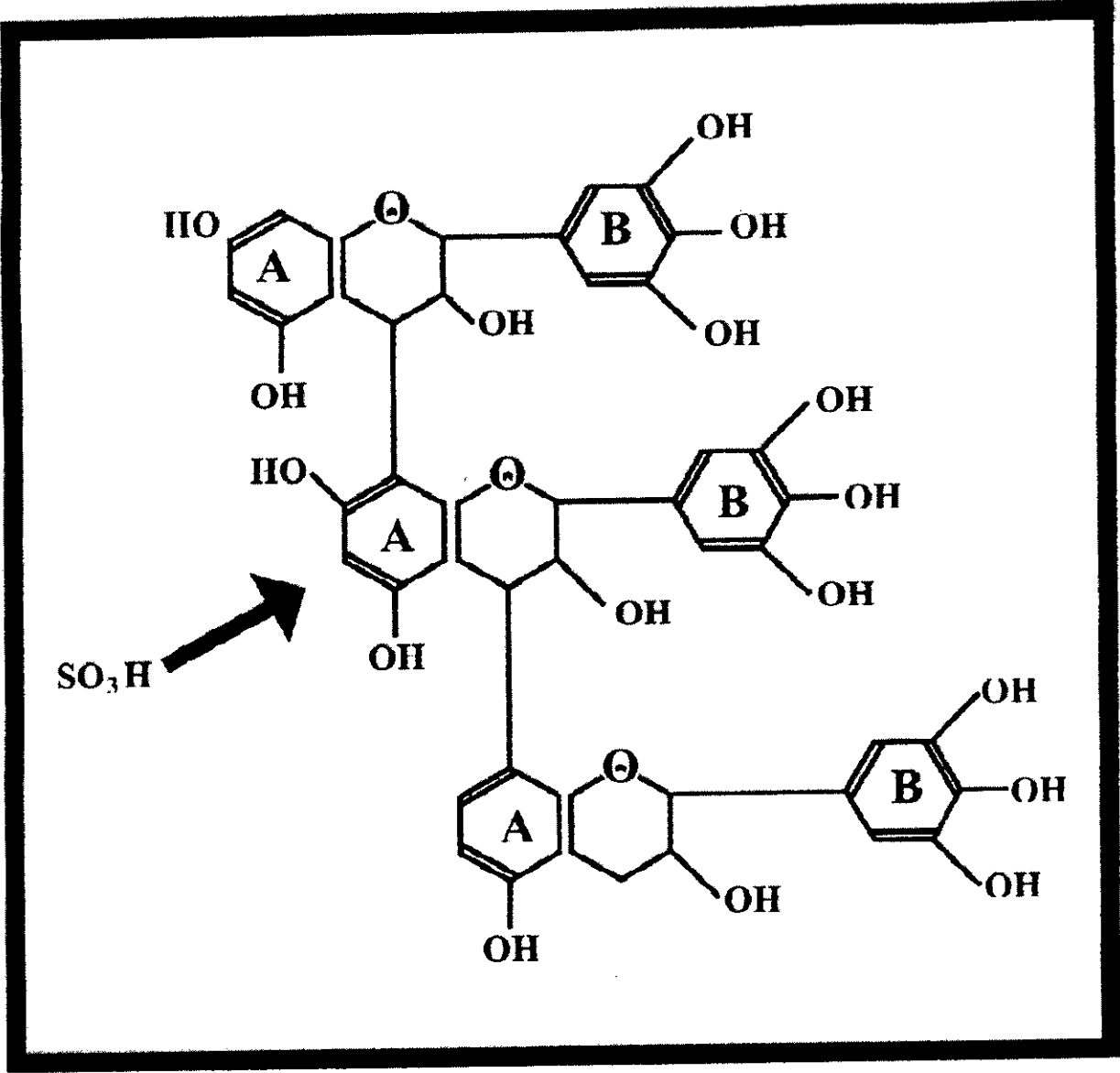


Fig.13. Complejo característico de un Polifenol. (Flesher, 1978)

Sustancias como el ácido gálico, el ácido chebúlico, la corilagina, son ésteres totalmente hidrolizables (Gratacos, 1988).

La estructura química del quebracho resulta ser muy reactiva, debido a la presencia de un buen número de grupos (OH) fenólicos acomodados alrededor de la molécula, lo que les permite establecer fuertes enlaces de hidrógeno. Esta es la base de la acción curtiente del quebracho, formando los grupos OH de enlaces de hidrógeno con los grupos CO-NH y NH₂ de la piel cruda. Cabe mencionar que, un enlace de hidrógeno análogo, en los bordes de las partículas de arcilla permite al quebracho dispersar bien las arcillas utilizadas en los barro de perforación de pozos petroleros y en la producción de cerámica. Es importante referir también las reacciones que presenta el quebracho con la superficie de ciertos metales, depositando capas anticorrosivas de tanatos metálicos. Esta propiedad, combinada con su capacidad para absorber oxígeno en condiciones alcalinas, es la base del uso del producto para el tratamiento de agua de calderas.

Todos los componentes del quebracho son completamente solubles en agua y a valores de pH 8.5. El proceso de curtido con taninos o al vegetal, también se lleva a cabo en tambores de madera, con un proceso previo de preparación para someter el cuero al proceso de curtido. Es notorio el color rojo que se desprende de las descargas de aguas residuales de este tipo de industrias.

- **Industria Productora de Materia Prima Para El Proceso y Elaboración de Pieles**

En el año de 1958 la industria productora de cromatos para la curtiduría se encontraba en Tultitlán, Estado de México, donde se trabajó la producción de materia prima para la curtiduría y otros giros industriales hasta 1978. Debido a que la gente de los alrededores que habitaba la zona comenzó a tener problemas de salud, se solicitó a partir de 1976 que la empresa se cerrara hasta 1978 (Gutiérrez-Ruiz, 1990). Posteriormente esta empresa se establece con el nombre de "Química Central de México", en las mediaciones de la ciudad de León en el año de 1980.

Cromatos de México producía diariamente desde 1958 a 1978, 12 toneladas de Na₂CrO₄; 1 tonelada de KCrO₄; aproximadamente 8 toneladas de Na₂SO₄ y posiblemente una cantidad igual de dicromatos K₂CrO₄ producidos por la reacción de cromatos con ácido sulfúrico (Gutiérrez- Ruiz, op cit). Hoy en día

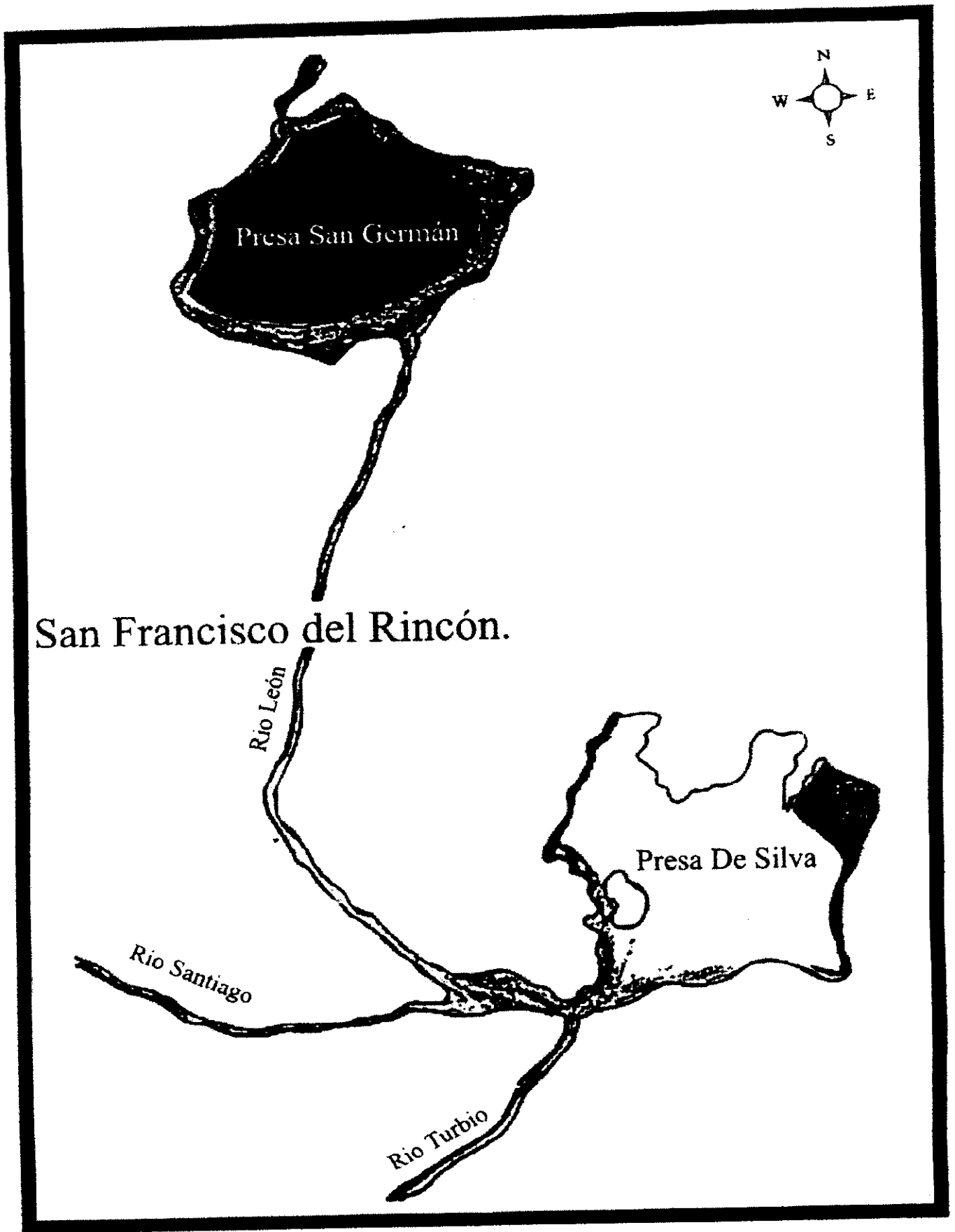


Fig.13.1 Ubicación Presa de San Germán. Corredor Industrial Leon-San Francisco del Rincón (CNA.,1995)

posiblemente la cantidad producida varíe notoriamente, ya que las demandas exceden a las existentes en la época de los 60's.

Los residuos o desechos que se generaron de esa producción, se colocaron a las afueras de la fábrica, formando enormes montículos de residuos tóxicos a la intemperie, provocando la polución en aire, agua y suelos. Cuando la empresa cerró, dejaron 75 000 toneladas de residuos de cromatos en ese lugar. En 1982, los cromatos combinados con otras sales en estas acumulaciones de desechos, fueron confinadas en cementerios próximos a la industria, donde los residuos descansan libremente en los suelos (Gutiérrez, op cit).

Al abrirse la planta de productos químicos, de en el municipio de León en el año de 1980, el manejo de residuos se vuelve acumular en las afueras de la fábrica, donde la presa de San Germán recibe directamente las descargas y deslaves de residuos de las montañas de cromatos, que se ubica a 8 km aproximadamente, de la presa de Silva. La presa San Germán es el tercer embalse de la parte alta del río Turbio; además, recibe las descargas municipales e industriales de la ciudad de León, a través del río de los Gómez, que a la vez colecta las descargas de varias empresas ubicadas en el corredor industrial.

La empresa ahora con el nombre de Química Central de México ha laborado en el estado de Guanajuato durante 18 años. Los problemas de contaminación generados por estos residuos ya se observan en pozos aledaños a la zona, en sedimentos, en animales, en cultivos y sobre todo en la salud de los trabajadores de la fábrica y de la gente que habita los alrededores del lugar (Armienta y Rodríguez, op cit).



Montañas de Cromatos a un costado de la presa de San Germán (fotografía superior)
Suelos de la presa de Silva (fotografía inferior).

B.7. Comportamiento del Cromo en El Ambiente

Los estados de oxidación del cromo varían de Cr^{2+} a Cr^{6+} , aunque es más común encontrar en el ambiente al cromo en su forma reductora Cr^{3+} y oxidada Cr^{6+} . La oxidación potencial del cromo hexavalente a cromo trivalente se da en el medio; es muy difícil que la oxidación de cromo trivalente pueda ocurrir en forma natural. La forma hexavalente del cromo por lo regular se encuentra ligada al átomo de oxígeno, como un agente fuertemente oxidante en el medio; como se muestra posteriormente en la Figura 18 en un diagrama de flujo en relación con la migración del cromo en un embalse.

Los iones importantes del cromo son los cromatos y los dicromatos, que se reducen fácilmente a cromo trivalente en soluciones ácidas (Sigel, Op Cit). El estado trivalente es el más estable e importante estado de oxidación del cromo. Presenta una fuerte tendencia a formar complejos cuyas tasas de intercambio entre sus puentes son bajas; forma complejos octaédricos con: agua, amonía, urea, hetilendiamina, hálidos, sulfatos y ácidos orgánicos. Estos compuestos persisten por períodos relativamente largos en solución, aún en condiciones termodinámicamente inestables. El ion cromo no existe en solución. Este forma complejos con el agua y otros aniones en soluciones ácidas. En soluciones alcalinas se dan olaciones formando compuestos polinucleares, los cuales se precipitan con el tiempo. Las olaciones se incrementan por el álcali a temperaturas de 120°C (Gratacos, Op Cit).

La forma hexavalente del cromo es relativamente estable en agua probablemente por las bajas concentraciones de materiales reductores. La forma trivalente está asociada en forma importante con moléculas orgánicas de mayor tamaño, lo que induce a que las partículas orgánicas se reduzcan y se unan al elemento, permaneciendo la forma hexavalente en solución. Otras investigaciones muestran que el cromo puede ser adsorbido por partículas de arcilla (EPA, Op Cit)

La interacción de cromo hexavalente con material biológico, no se considera benéfico, debido a su naturaleza oxidante y a su gran movilidad. El cromo hexavalente potencialmente es mucho más peligroso para los organismos vivos que el cromo trivalente debido a su alta solubilidad.

La diferencia de concentraciones del cromo varía dependiendo de la forma en la que se encuentre tanto en su forma precipitada como en su forma oxidada; por otro lado, su conducta en diferentes medios puede deberse a: evaporación o adsorción ya sea por los sedimentos, arcillas, absorción por las raíces de las plantas o las plantas mismas como las briofitas, algas, percolación, lixiviación. En el flujo

que se genera a través del agua en relación al cromo unido al sedimento en un medio acuoso, sufre una transformación y translocación, debido a descomposición de la materia orgánica generándose una baja concentración de oxígeno. En condiciones reductoras, el material que se deposita en el fondo de un lago o bien en una presa, realiza intercambio iónico con materiales orgánicos altamente refractarios y complejos, estos pueden ser de origen metabólico o industrial, dándose la adsorción del metal de manera lábil, posteriormente, el material disuelto o suspendido se precipita y migra hacia la superficie del embalse (Arenas, 1995).

B.8. Concentraciones de Cromo Reportadas en Agua y Sedimentos de La Presa de Silva

A continuación se elabora una tabla mostrando las concentraciones de cromo total tanto en agua como en sedimentos, encontradas en diferentes muestreos hechos en la presa de Silva, relacionando los datos con los límites máximos permisibles de cromo según la Norma Oficial Ecológica. Los diferentes análisis se llevaron a cabo en instituciones académicas así como de gobierno.

Cabe señalar que la norma oficial con relación a criterios de validación para concentraciones de cromo en sedimento no se tiene registrada en nuestro país.

Laboratorio	Fecha	Concentración de Cromo total			Criterios Ecol-Nom-Oficial		
		Sedimento	P en S*	Agua*	Sediment	PenS	Agua
		mg/kg	mg/kg	mg/L	mg/kg	mg/kg	mg/L
ABC	ENE-95	114.89			5"	5"	1
CNA-CELAYA	ENE-95	118.76			"	"	"
IDECA	DIC-94	118.73			"	"	"
IIC-GTO.	FEB-95	100.00			"	"	"
IIC-GTO.	JUN-95	200.00			"	"	"
IMTA	ENE-95	178.90	42.63	0.037	"	"	0.02*
IMTA	JUN-95	300.00			"	"	"
PROFEPA-GTO	DIC-94	118.76			"	"	"
UNAM-A	JUN-95	174.96			"	"	"
UNAM-G	JUN-95	227.30			"	"	"
UNAM-L	JUN-95	193.00			"	"	"
UNAM-T	JUN-95	178.21	1,493		"	"	"

Tabla.4. Concentraciones de Cromo Total, reportadas para sedimento, lodo y agua de la presa de Silva.

- *Criterio de protección de la vida acuática en Canadá (Can. Water Qual. Guid., 1987).
- *Partículas en Suspensión. Concentraciones naturales [38] mg/Kg. (Fergusson, 1990).

Según el Informe del Proyecto en la Evaluación del riesgo en la remoción de los sedimentos en la Presa de Silva, el Cr se encontraba siete veces mayor al criterio ecológico utilizado en Canadá (Can. Water Qual. Guid., 1978). Los valores de DQO oscilaron entre 70 y 970 mg/L (hasta 25 veces más altos que los valores naturales). También los niveles de sulfatos y fosfatos fueron elevados. Las condiciones del agua mostraban evidencias de eutroficación. Los niveles de nitrógeno amoniacal y de sulfuros denotan un medio anóxico, poco favorable para la protección de la vida acuática (Hansen *et al.*, *op cit*).

En dicho Informe se menciona la contribución de DQO en la cuenca del Lerma – Chapala, donde el municipio principal es el de León, seguido por Querétaro y Salamanca. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) a nivel cuenca proviene principalmente de Querétaro y León. Las principales fuentes de grasas y aceites (G y A) son Querétaro, León e Irapuato. El municipio de León es la principal fuente de nitrógeno total (N tot) y de sólidos suspendidos totales (SST), mientras que el segundo lugar como portador de sólidos disueltos totales lo ocupa Querétaro (Hansen, *op cit*).

La Norma Oficial Mexicana en Materia Ambiental, NOM-052-ECOL-1993, establece un listado de las características de residuos peligrosos y su toxicidad en el ambiente. El Anexo 5 de esta norma presenta las características de lixiviado (PECT), que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente. Dentro de los constituyentes inorgánicos se tiene registrado al cromo hexavalente (Cr^{6+}), con un máximo permisible de 5.0 mg/l PECT, prueba de extracción. Procedimiento de laboratorio que permite determinar la movilidad de los constituyentes de un residuo que lo hacen peligroso por su toxicidad al ambiente. Mientras que para cromo total los criterios ecológicos según la EPA (Environmental Protection Agency), el promedio natural en sedimentos no contaminados debe ser del orden de 50 ppm.

Según los criterios ecológicos de calidad del agua editados por el Diario Oficial de la Federación en la NOM-021-ECOL/1993, los límites máximos permisibles de residuos provenientes de la industria curtidora y acabado de pieles, es del orden de 1.0 mg/l para cromo total, mientras que para cromo hexavalente es del orden de 0.1 mg/l. Los criterios ecológicos establecidos para cromo total en aguas para uso agrícola (riego) es del orden de 1.0mg/l.

La información utilizada para este trabajo fue generada por: el Laboratorio de Contaminación Marina UNAM-A, Instituto de Geofísica- Laboratorio de Química Analítica UNAM-G, Instituto Ciencias del Mar y Limnología, Laboratorio de Química Marina UNAM-L, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Toxicología Animal UNAM-T, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, Universidad de Guanajuato, Instituto de Investigaciones Científicas IIC-GTO.

Para la metodología analítica utilizada para los diferentes laboratorios, se emplearon los métodos de la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA) o por el Standard Methods for the Examination of Water and wastewater 18th Edition 1992. En el caso del Laboratorio de Espectrometría de masas de la Facultad de Química de la UNAM se utilizaron técnicas apropiadas para aislar las sustancias no volátiles e identificarlas.

Los muestreos se llevaron a cabo por medio de pozos agrológicos y nucleadores, este último permitió obtener una muestra inalterada del sedimento. Como se muestra en la Figura 14, la relación de concentración de cromo total en el sedimento aumentaba a mayor profundidad, la mayor concentración de cromo en el embalse fue a los 30.5 cm de profundidad. Con una marcada diferencia en las áreas encharcadas o lodazales, donde la concentración rebasó en mucho la que se observó en los muestreos para cromo total en sedimento (Rosiles, 1995).

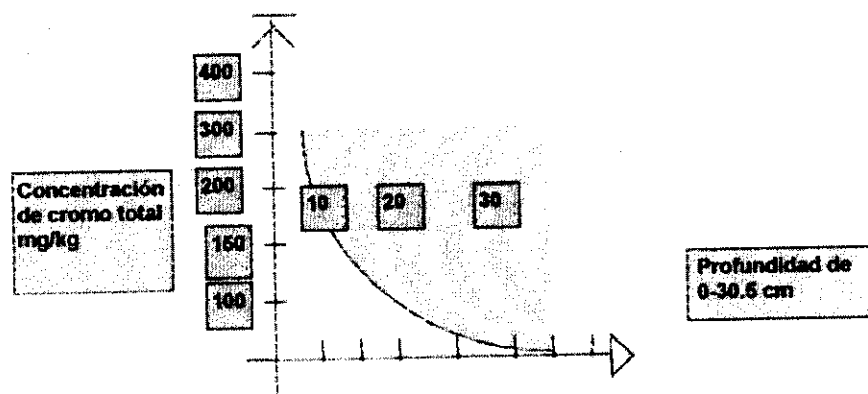


Fig.15. Comportamiento en la lixiviación del cromo en los sedimentos del embalse

Según un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua IMTA, sobre la Evaluación del Riesgo por la Remoción de los Sedimentos de la Presa de Silva. Gto., menciona que los metales estudiados se encontraron dentro de los niveles similares al resto de la cuenca y muy por debajo de los criterios ecológicos internacionales. Una excepción fue el cromo, que se cuantificó en concentraciones hasta 1.5 veces lo establecido en los criterios ecológicos internacionales. Este metal se encontró especialmente enriquecido en las capas superiores de las columnas sedimentarias, entre otros contaminantes orgánicos. Las pruebas biológicas indicaron que los sedimentos fueron altamente tóxicos en todos los niveles de profundidad (0- 90 cm), lo que indica que parte de los contaminantes migran hacia niveles más profundos (Hansen, et.al.,1995).

Con relación a las pruebas en órganos de las aves, se encontraron las siguientes concentraciones:

Concentraciones de Cr reportadas en órganos de aves			
Instituto	Organo	Porcentaje (ppm)	Rango (ppm)
CNA 1995	Hígado	0.26 peso húmedo	0.9 peso húmedo
" 1995	Riñón	1.05 "	3.38 "
" 1995	Molleja con bolo	7.21 "	-----
Grupo UNAM '95	Hígado	-----	6.6 peso seco
" '95	Riñón	-----	3.36 "
" '95	Heces	-----	2.00-45 "
Patuxent * '95	Hígado	1.6 peso seco	0.367-79.4 "
" '95	Riñón	1.069 "	0.408-12.8 "
Can..D. of F and O. * ' 95	Hígado	0.15 peso húmedo	0.11-0.23 peso húm.

Fig.5. Concentraciones de cromo reportadas en órganos de aves

Datos tomados del "Informe del Secretariado de la CCA sobre la Muerte de Aves Migratorias en la presa de Silva (1994-1995)"

*Patuxent Analytical Control Facility. Fish and Wildlife Service, U.S.

*Canadian Department of Fisheries and Oceans.

Este informe menciona, que todas las concentraciones se tomaron basándose en el peso húmedo y en caso de convertirse a peso seco, las cantidades podrían ser cinco veces mayor.

Los análisis en tejido se elaboraron por medio de una espectroscopia de absorción atómica en horno de grafito. Basándose en estudios alimenticios en la dieta de las aves y mamíferos de laboratorio, se

considera que el cromo es un compuesto muy tóxico o extremadamente tóxico, que produce efectos adversos registrados en las dietas que contienen 10 mg/kg de cromo en especies de aves sensibles. Se deben considerar las concentraciones en los tejidos mayores a 4 mg/kg de peso seco como evidencia probable a la excesiva exposición de cromo (Eisler,1986). Para la United States Environmental Protection Agency (EPA), el grado de agua dulce y criterio crónico son de 0.016 y 0.011 mg de Cr/l respectivamente (CCA,1995). Lineamientos no publicados por la EPA para sedimentos no contaminados son menores a 25 mg/kg de peso seco. Aún no se han establecido las concentraciones de cromo en el agua, sedimento y plantas para la protección de las aves y fauna silvestre (CCA, Op Cit).

En una investigación realizada por el Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Guanajuato se reporta el estudio analítico de metales pesados presentes en vegetales en la presa de Silva (Avila et al., 1995). Se observó que, las plantas analizadas crecen en los suelos de la presa después de perder el agua que alberga, estos vegetales sirven como alimento al ganado que se encuentra en las comunidades circundantes a la presa. Las especies estudiadas fueron Oreja de Ratón (Phlomis sp) y, Ortiga (Urtica dioica).

Metal	<u>Urtica dioica</u>	<u>Phlomis</u> sp
Cadmio mg/Kg	Fruto 0.6	-----
	Follaje 0.31	0.37
	Raíz 0.27	0.27
Plomo mg/Kg	Fruto 0.72	----
	Follaje 3.33	2.43
	Raíz 3.34	2.36
Cromo mg/Kg	Fruto 4.2	-----
	Follaje 71.0	53.75
	Raíz 39.0	63.80

Tabla.6. Concentraciones de metales pesados en 2 especies de plantas de la presa de Silva.

*Las cantidades obtenidas en los análisis se expresan en ppm y/o mg/kg.

Se muestrearon varios sitios de la presa, donde los resultados de la planta Oreja de Ratón (Phlomis sp) son un promedio de los resultados de dos sitios muestreados. Los intervalos de concentración de metales para vegetales comestibles, son los siguientes: para Cd= 0.001-0.1 ppm, Pb=0.01-1 ppm, Cr=0.002-0.7 ppm (Avila, et. al.,1995). Los resultados obtenidos, muestran concentraciones de los metales dentro de los intervalos de concentración reportados para vegetales comestibles, excepto para Al, Cd, Pb y Cr, de los cuales el Cd es el más tóxico. Las concentraciones de Cr son hasta 100 veces superiores a las concentraciones indicadas en el límite superior del intervalo de concentración reportado para vegetales comestibles, mientras que las concentraciones de Cd y Pb son 4 veces superiores a dichos niveles de referencia.

Con base en este mismo reporte técnico, emitido por el Instituto de Investigaciones Científicas de la Universidad de Guanajuato el promedio de concentraciones que obtuvieron de metales pesados en sedimentos de la presa de Silva fue para; Cd 0.55 mg/kg, Pb 34.25 mg/kg, mientras que para Cr 170 mg/kg.

Este reporte menciona que las altas concentraciones de Cr en los vegetales pueden ser explicadas por las altas concentraciones de este elemento en los sedimentos superficiales de la presa de Silva, donde las concentraciones de Cr fluctuaron entre 157 y 183 mg/kg (Avila, Op Cit).

VIII. Discusión

La mayoría de las aves acuáticas migratorias comparten un estilo de vida, son gregarias y forman grandes parvadas que pudieran sumar miles de individuos durante la temporada de invierno. Al llegar al embalse las parvadas que sobrevolaban el lugar y escuchaban el graznido bajaban a la presa. Las aves requieren de alimento constantemente debido a su alto gasto de energía. En enero se observó que tardaban aproximadamente un día para quedar totalmente afectadas y perder la coordinación de sus alas y sus patas; muchas de ellas trataban de moverse en el agua y quedaban con la parte inferior hacia arriba; otras, clavaban el pico por debilidad y se ahogaban. Las aves migratorias llegaron a la presa en condiciones físicas normales, esto se podía observar en su conducta de vuelo y su comportamiento en los primeros momentos al llegar al embalse para alimentarse. Posteriormente comenzaban a decaer, sus movimientos eran lentos, débiles, algunas no lograban mantenerse erguidas y giraban sobre el agua; otras, se ahogaban al dejar caer el pico como un signo de debilidad.

De esta forma la acumulación de cadáveres se fue sumando hasta que se hizo notorio. A mediados de diciembre algunas aves alcanzaron a salir del agua y se arrastraron hacia algún arbusto o planta y ahí morían, estos cuerpos se alteraban dando una apariencia acartonada; o bien, eran devorados por las aves de rapiña, o los perros del lugar, las que se encontraban en contacto con el agua presentaban un proceso de putrefacción.

Con relación a las gráficas de mortandad de las dos especies más representativas en la temporada de migración, se observa una clara relación en cuanto al número de aves muertas en una proporción mayor al número de aves vivas. Se sabe que las aves requieren de alimento constante debido a su alto gasto energético; con ello, aumentaba el riesgo de morbilidad y mortandad ya que al bajar a alimentarse con los lodos de la presa, presumiblemente ingerían un tóxico, mismo que debió encontrarse en grandes concentraciones ya que las aves quedaban afectadas en el lapso de 6 a 24 hrs. Esto nos lleva a inferir directamente con el tiempo de exposición al manto contaminado mostrando un proceso sobreagudo en concordancia con el agente causal.

A.1. Diagnóstico en La Mortandad de Aves Acuáticas.

a). Condiciones del embalse

- 700 000 m³ de capacidad (CNA, 1995)
- Elevado grado de azolve (CNA, 1995)
- Alto porcentaje de materia orgánica (CNA, 1995)
- pH 8.6- 9 (CNA, 1995)
- Temperatura abajo de los 15 °C (en ocasiones llegó a estar sobre 0 °C) (CNA, 1995).

b). Sintomatología

- Falta de coordinación
- Dificultad para respirar
- Membrana nictitante seca
- Deshidratación-emaciación severa.
- Totalmente débiles.
- Caída de cuello

c). Patología y Mortandad de Aves Acuáticas

En 4 diferentes laboratorios, tanto de instituciones académicas, de gobierno, como particulares, coincidieron en la observación microscópica entre otros de: congestión visceral generalizada, cambios erosivos en la mucosa de molleja y proventrículo.

En las necropsias realizadas en las aves, se observaron procesos de emaciación y deshidratación severos, así como un cuadro de gastroenteritis catarral hemorrágica severa.

La mayor parte de las aves acuáticas a las cuales se les práctico la necropsia, no presentan el órgano conocido como buche, que es un divertículo esofágico previo a la molleja (órgano muscular). Esto se debe a características evolutivas derivadas de sus hábitos alimenticios. La molleja recibe los alimentos ingeridos y los tritura para posteriormente pasar al proventrículo que produce los jugos gástricos necesarios para la asimilación de los nutrientes en el intestino.

Es factible que al ingerir las aves los alimentos contaminados con la presencia de uno o varios tóxicos, estos pasan directamente a la molleja y el proventrículo causando las lesiones severas ya

señaladas, gastroenteritis catarral, úlceras y queratitis en las mollejas. Posiblemente, debido al cuadro de intoxicación sobreagudo los alimentos no llegaron a la fase de absorción, por lo que las concentraciones del tóxico no fueron cuantitativamente altas en el intestino .

Cuando se habla de una intoxicación por metales pesados, se refiere por lo regular, a un problema crónico. Pero en este caso, por las altas concentraciones del tóxico en los lodos y sedimentos de la presa, el cuadro que se presentó fue sobreagudo ya que el tiempo de exposición al contaminante en relación con la intoxicación, se llevó a cabo en cuestión de horas. El tratamiento que se les daba a las aves cuando se rescataban, es el indicado para intoxicaciones por metales pesados, según Blood *et al.*, 1979); es decir, suero (dextrosa y ringer al 10%), complejo vitamínico B-12 y antibióticos para evitar las posteriores infecciones debido a que el organismo se encontraba en estado crítico. La mayoría de las aves respondió al tratamiento establecido.

Debido a los datos establecidos por la signología y las necropsias, el proceso fue sobreagudo y persistió mientras las aves encontraban un hábitat adecuado para su estancia en este embalse.

Posiblemente la cantidad de aves que se presentaron en este embalse se sumó aquéllas que quedaron inmóviles y eran foco de atención para las que sobrevolaban el vaso, aumentando un número significativo en la población de las diferentes especies que llegan a invernar en esta área.

La signología que presentaron las aves coincidía en algunos puntos con dos tipos diferentes de intoxicación: por metales pesados o por toxinas de algún agente bacteriano como pudiera ser botulismo. En este sentido los signos observados en las aves moribundas pudieran haberse confundido con botulismo, debido a que la bacteria interfiere en la acción de la acetilcolina en las terminaciones neuromusculares. Las aves presentaban: falta de coordinación y debilidad aunado a una deshidratación severa, pero en ningún momento se observó en las aves, temblores o convulsiones como lo refiere la bibliografía para intoxicación por botulismo.

A.2. Con relación a las posibles rutas de migración del contaminante, dadas por referencias de diferentes instituciones, se observa lo siguiente

a). Posible contaminación de cromitas por intemperismo de piroxenitas, ubicadas en la cuenca de San Juan de Otates, lo que hace incidir una concentración apreciable de Cr en la zona de estudio, Camacho y Armienta et al., (op cit), al oriente de la ciudad de León aproximadamente a 14 Km, se localizan las rocas de mayor antigüedad en el centro del país (Jurásico Tardío-Cretácico), clasificadas como serpentinas. La mayor exposición de dichas rocas se encuentra en el arroyo San Juan de Otates y, según Armienta, (op cit.b), se han detectado como una fuente de cromo al acuífero profundo al este de León.

El aporte de cromo se fundamenta con la presencia de cromita y/o piroxenos que contienen trazas de cromo en sus moléculas, sensibilizados por el alto grado de alteración (serpentinización) que presentan, acentuándose hacia el sur de los afloramientos del arroyo San Juan de Otates. El tectonismo intenso manifiesto y la gran cantidad de obras mineras abandonadas desarrolladas en décadas pasadas, dejaron material triturado accesible a procesos de interacción agua-roca, unidos a aquéllos menos dinámicos localizados en sitios donde se registran solamente fenómenos de desplazamiento de bloques (aloctonía) y deslizamiento con desarrollo de estructuras en forma de pescado, budines y esquistosidad, con redistribución de masa de las serpentinitas (Camacho y Armienta, op cit).

Las concentraciones de cromo total presentaron una variación de 0.0007 a 0.0035 mg/l en las presas de la Providencia y San Juan de Otates respectivamente, hasta concentraciones de 0.0114 a 0.0149 mg/l en los pozos profundos utilizados para riego y para abastecimiento de agua potable de la comunidad de San Juan de Otates. Según Camacho y Armienta, (op cit), es importante resaltar la concentración mayor de cromo en las unidades saturadas que en las presas, por tratarse el primero de un fenómeno geológico, mientras que el segundo, podría concentrar cantidades considerables debido a los procesos reductores por actividad biótica que representa un receptáculo de creación menor a los 25 años. En ambos casos las concentraciones de Cr se encontraron dentro de las normas para consumo humano.

b). La posible biomagnificación en ciertas algas y algunos microorganismos, permite la concentración natural dentro de la cadena trófica, por lo que se magnifica el efecto del contaminante en el organismo a través de la cadena alimenticia. Las algas y microorganismos presentes en el embalse sirven de escalón en la cadena trófica (Miller, 1994).

Durante el proceso de análisis en parámetros biológicos de la presa de Silva que se llevó a cabo por parte de la Comisión Estatal del Agua y Saneamiento de Guanajuato (C.E.A.G.S.), en los meses de rescate de la mortandad de aves, los muestreos arrojaron resultados de un ecosistema dañado por las descargas residuales, tanto industriales como municipales. El organismo que se encontró en mayor cantidad correspondiente a la zona del plancton, fue la especie Oscillatoria subrevis, perteneciente a la división Cianofita y elementos de la división Euglenofita, Euglena sp con una gran cantidad de formas quísticas, mostrando su capacidad de protección a condiciones adversas al medio.

La cantidad de organismos microscópicos y la diversidad de los mismos fue muy pobre. Con relación a los organismos macroscópicos, como las briofitas, su carga fue alta así como su capacidad para adsorber el contaminante al igual que los lodos en general.

Los estudios realizados en bentos, mostraron en ciertas zonas del embalse gran cantidad de quironómidos y en una proporción menor tubificidos (C.E.A.G.S, Op Cit). La absorción y adsorción que en estos organismos se dio, no se conoce con precisión, debido a que se requiere un estudio sistematizado en cuanto a la tasa de producción de estos organismos en los diferentes periodos de sus ciclos de vida.

- Uno de los parámetros que se manejó para relacionar datos que arrojaran evidencias en cuanto al problema de la mortandad, fue la coloración rojiza del agua de la presa; se mencionó la posibilidad de la presencia de Mycrosistis sp, alga perteneciente a la División Cyanophyta, cianobacteria que forma colonias celulares, con un gran poder tóxico y, tomando de color rojizo o verde-café el color de agua, por el florecimiento de su población. Los estudios sobre parámetros biológicos elaborados por la Comisión Estatal del Agua, mostraron que el color rojizo no representaba florecimientos de algas tóxicas.
- Con anterioridad en la parte de los resultados se menciona la coloración notoriamente rojiza que presentan las descargas de las industrias productoras de baqueta (curtido al vegetal-taninos).

En la presa de Silva no se observaron peces, a excepción de alguna referencia, que menciona algunos peces pequeños, gupies silvestres (vivíparos), lo que pudo ayudar al desplazamiento de los mismos, por medio de los canales de captación de agua pluvial, lugar donde se observaron.

c). Como se menciona anteriormente la subcuenca del río Turbio en su parte alta se encuentra en un grado de contaminación crítica. Los desechos industriales y municipales se descargan a la subcuenca hace muchos años.

- Entre los desechos industriales y de importancia relevante, se encuentran los desechos de sales inorgánicas, debido a que forman parte de la materia prima para la producción de pieles.
- Por otro lado, la contaminación que representan los cúmulos de cromatos expuestos al ambiente, ya que estos contaminan directamente a través del aire o bien se depositan en los sedimentos y en mantos freáticos por lixiviación.
- Otro foco de contaminación viene a ser el uso de pedazos de cuero curtido como material combustible para la fabricación de ladrillos; debido a las grandes temperaturas a las que se someten estos desechos, es posible la oxidación de cromo trivalente a cromo hexavalente el cual pulula por el aire en partículas en suspensión.
- En las descargas de aguas residuales en las tenerías que curten al wet-blue (dicromatos, sulfato de cromo, etc.), se utilizan reacciones de óxido-reducción para que el cromo quede fijado a la piel. Uno de los problemas de más relevancia, tanto para la industria curtidora como para el deterioro ambiental, es la gran cantidad de cromo que se pierde en las descargas de aguas residuales de los tambores ya que la impregnación de esta sal en la piel no alcanza en ocasiones ni el 60% según reportes. Es importante mencionar que el rendimiento del cromo en la piel no llega a un 100% de hecho, éste es un punto importante en la industria de la tenería al hablar de reconversión industrial.
- Como se mencionó con anterioridad, la fase del cromo trivalente no es soluble, se precipita en un medio acuoso. Mientras que el cromo hexavalente es totalmente soluble en agua y las reacciones con la materia orgánica son favorables ya que como se menciona en la figura 16 en el flujo de migración del cromo en un embalse se dan condiciones de oxidación, lo que permite mantener el metal unido al sedimento o a la materia orgánica dándose una transformación y una translocación debido a una descomposición de la materia orgánica, lo que genera una hipoxia intersticial, oxígeno

no renovado, lo que propiciará condiciones reductoras dándose a la vez, un intercambio iónico con los materiales orgánicos que se encuentran depositados en los sedimentos de origen metabólico o industrial, adsorbiendo el metal de manera lábil que en este caso sería el cromo.

- La presencia de Cr^{6+} , es favorecida por altos valores de pH, condiciones aeróbicas, bajo contenido de materia orgánica, presencia de óxidos de Mg y Fe que oxidan al Cr^{3+} . Por otro lado, la presencia de Cd potencializa la concentración de Cr en el medio (Hansen, op cit).
- En aguas superficiales e intersticiales, la adsorción de Cr, en material particulado (especialmente detritus) es el mecanismo clave en la química del Cr excepto en sistemas oligotróficos. El Cr^{6+} es la forma de cromo disuelta predominante, existe formando parte de aniones complejos cuya abundancia relativa está regida por el pH.
- Si el pH del agua de la presa fuera alterado y, ante una probable entrada masiva de moléculas orgánicas, entonces es posible que los iones orgánicos puedan incorporarse a los espacios interlaminares de las arcillas, quedando preparado el terreno para una nueva reacción catalítica. (Hernández op cit c).
- El cromo hexavalente en presencia de materia orgánica puede quedar unido formando un complejo, como en el caso de los grupos fenólicos (taninos) compuestos de origen industrial, los cuales pueden adsorber el metal de manera lábil formando un quelato, en condiciones alcalinas, debido a las moléculas de oxígeno presentes en estos grupos.
- El comportamiento del cromo en el medio ambiente varió notoriamente dependiendo del pH, de la cantidad de materia orgánica en el medio y, de la adsorción por medio de arcillas, montmorillonita. En condiciones de pH alcalino el cromo hexavalente se une a las arcillas que forman parte importante del sedimento, o a las plantas como algunas algas, tomando las aves directamente el alimento del sedimento o bien del material suspendido en el agua.

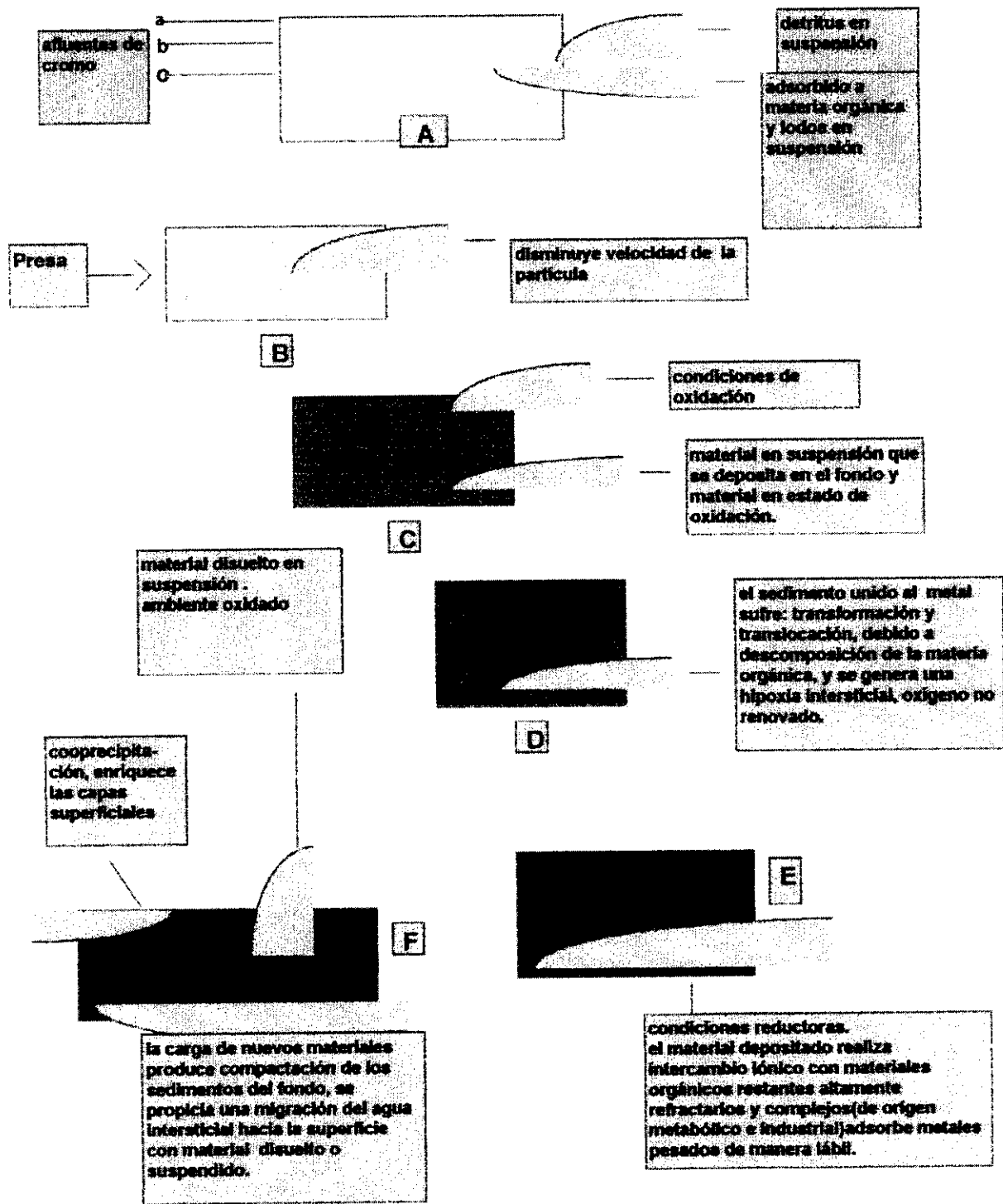


Fig.16. Diagrama de flujo con relación a la migración del cromo en el embalse

IX. Conclusiones

1. El manejo de las aves durante el período de migración, fue a partir del mes de diciembre a marzo. La cantidad de aves muertas fue mayor en los meses de noviembre y diciembre, observándose claramente en las gráficas de mortandad de las dos especies más representativas. El campamento albergó a un número aproximado de 38 000 aves tomando en cuenta la morbilidad, la mortandad y las que lograron rescatarse. El tratamiento a base de medicamentos indicado por los médicos veterinarios del zoológico de Ibarra de la ciudad de León, coadyuvó en gran medida la mortandad.

El número de aves identificadas fue de 18 especies, describiéndose aves limícolas, superficiales y zambullidoras.

2. Los datos reportados para cromo en sedimentos obtenidos por las instituciones antes mencionadas, tienen un promedio de 200 ppm; para sedimento en lodo, el rango varió de 263 a 1493 ppm. Tomando como base que los niveles de cromo reportados para sedimentos no deben exceder de 50 ppm (Can. Water Qual. Guid., 1987), nos muestra el grado de deterioro y contaminación por cromo en esta zona.

3. La información obtenida tanto en agua como en sedimento, no menciona o especifica cromo en su valencia hexavalente que es la forma más tóxica. Sin embargo, el problema radica en los cambios que el cromo total sufre a través de su migración en el cuerpo de agua, en condiciones de oxidación; éste queda unido a la materia orgánica hasta depositarse en el fondo, donde se dan las condiciones reductoras y un gran intercambio iónico con materiales altamente resistentes, de origen tanto industrial como metabólico.

4. Posible sinergia en ciertas condiciones tanto físicas como químicas para que se de una posible potencialización, entre las concentraciones altas de cromo y las descargas de taninos. Estos elementos son muy reactivos debido a la presencia de grupos "OH" acomodados alrededor de la molécula ya que reaccionan con la superficie de ciertos metales dando como resultado, elementos sumamente corrosivos llamados quelatos.

5. En el agua, se encontraban, partículas suspendidas y sedimento, varios elementos tóxicos presentes (como lo muestran la serie de análisis elaborados por distintos laboratorios), al mismo tiempo lo que puede generar efectos sinérgicos. Se dice que una sinergia se da cuando el efecto tóxico de la interacción de dos o más sustancias, sobrepasa la suma de los efectos de cada una, siendo muy común en el caso de metales (Odum, 1979).

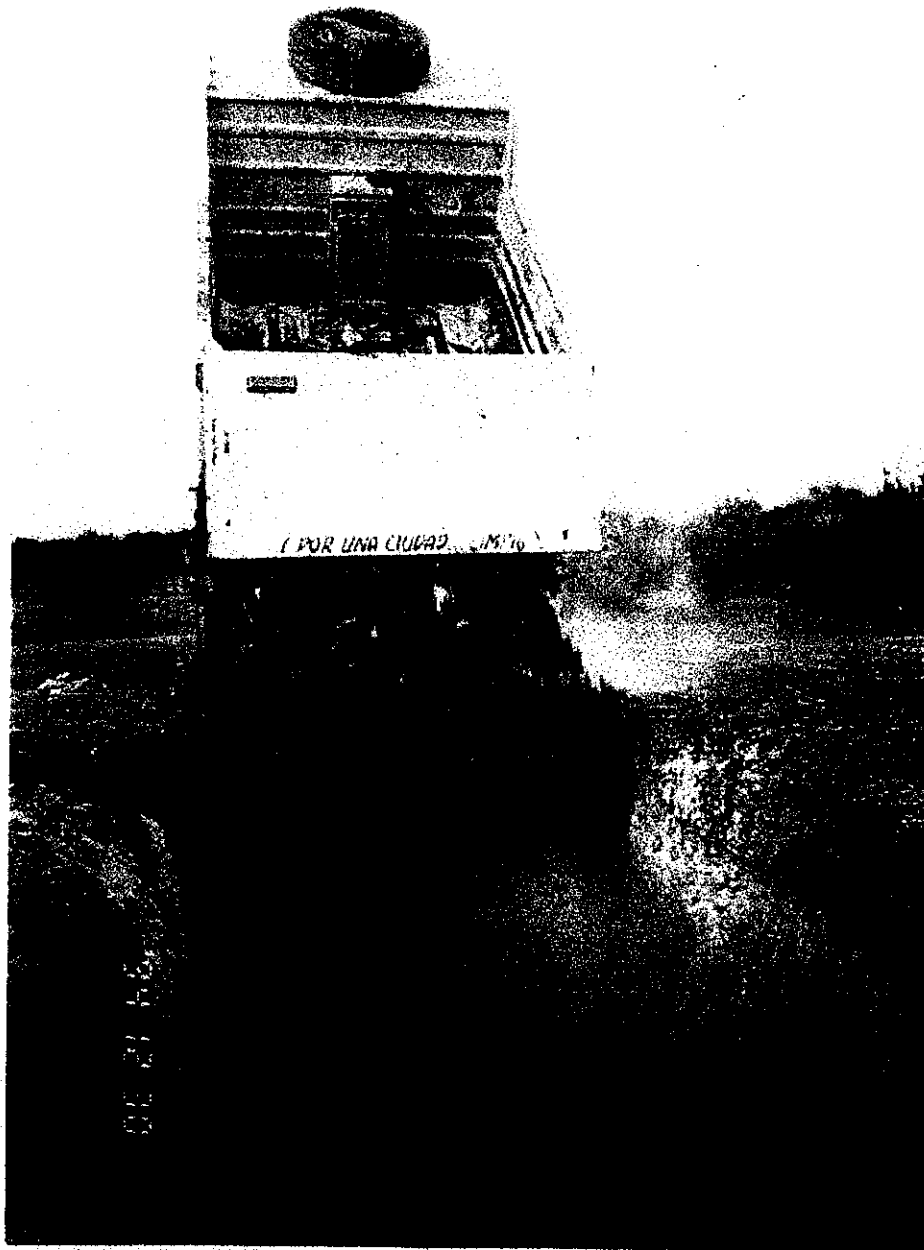
6. La acumulación del tóxico, posiblemente se dio, en un período establecido meses antes de la llegada de las aves. Pudo haber sido durante la temporada de lluvias, a una distancia no muy lejana para que este contaminante quedara previamente depositado y acumulado en el embalse, ya que la precipitación pluvial en el año de 1994 fue escasa (CNA, 1995).

7. Con relación al factor biomagnificación, se requiere de mayores investigaciones ya que los resultados que se tienen a la fecha son escasos para poder comparar y relacionar ciertos parámetros, por lo que los estudios que de esto deriven, servirán como base en alternativas de bioremediación por microorganismos específicos y/o microfauna y microflora del hábitat del ecosistema que se requiera regenerar.

8. Posiblemente sí se determinó botulismo en análisis posteriores, elaborados en el mes de junio de 1995 por Fish and Wild Life Service, con cadáveres de aves que no fueron conservados adecuadamente en su momento (enero de 1995) ya que permanecieron por días a la intemperie después de haber muerto. Cabría hacer una reflexión en la relación que se aprecia entre estos dos tipos de tóxicos producido uno, por la neurotoxina de Clostridium botulinum y el otro, por un elemento sumamente corrosivo, como el cromo hexavalente y, la potencialización de éste con otros elementos; siendo el factor primario o bien, el elemento que pudo derivar la mortandad, el metal pesado (Cr) y su potencialización con otros elementos en el medio y, posteriormente debido a la gran acumulación de cadáveres, se propició la proliferación de toxina, de la bacteria Clostridium botulinum, lo que podría haber conjugado el efecto de toxicidad, enmascarando el origen de la causa real.

9. Habría que retomar el dato en el tiempo de acumulación de los cadáveres y, la relación que esto guarda con la producción de la neurotoxina de la bacteria de Clostridium botulinum tipo C, en organismos en proceso de putrefacción, lo que pudo haber confundido el agente causal primario.

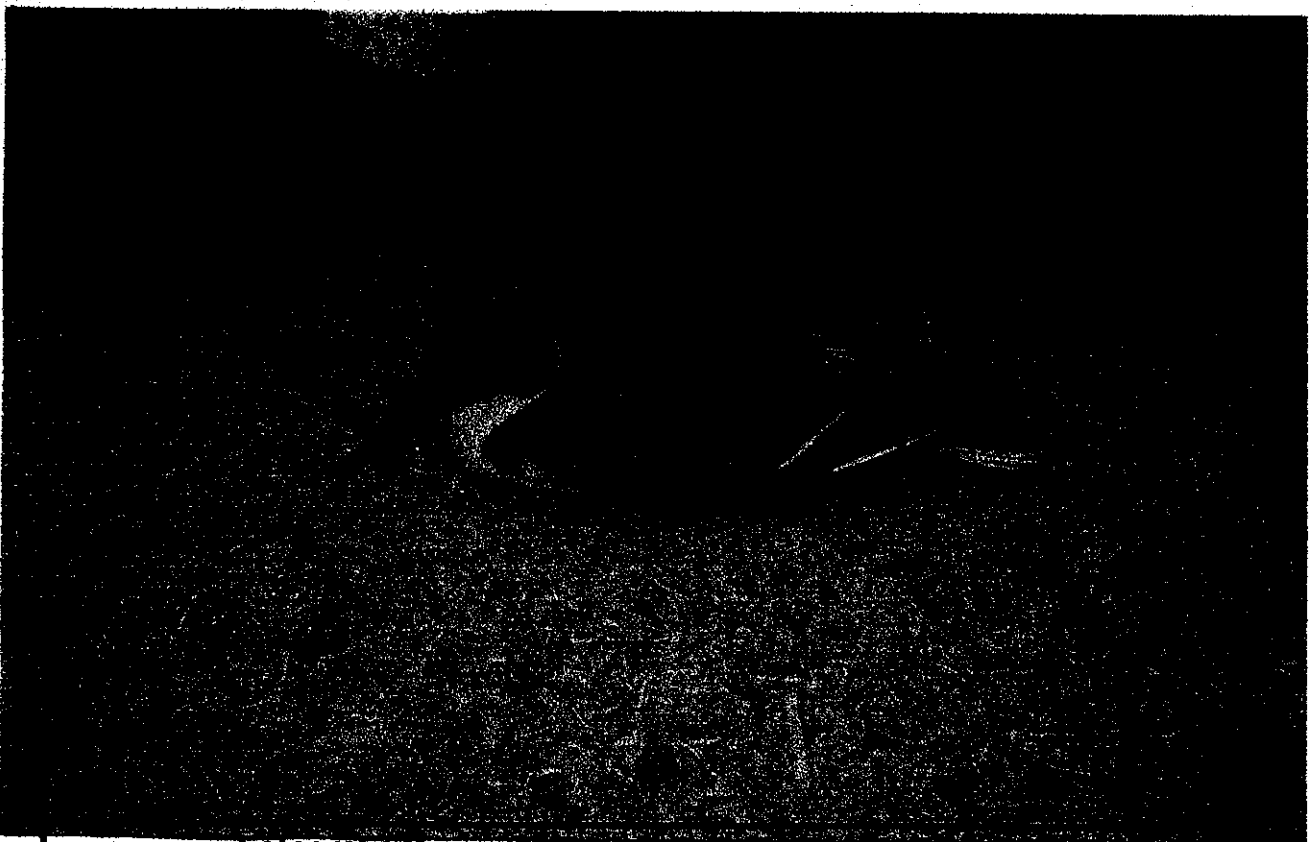
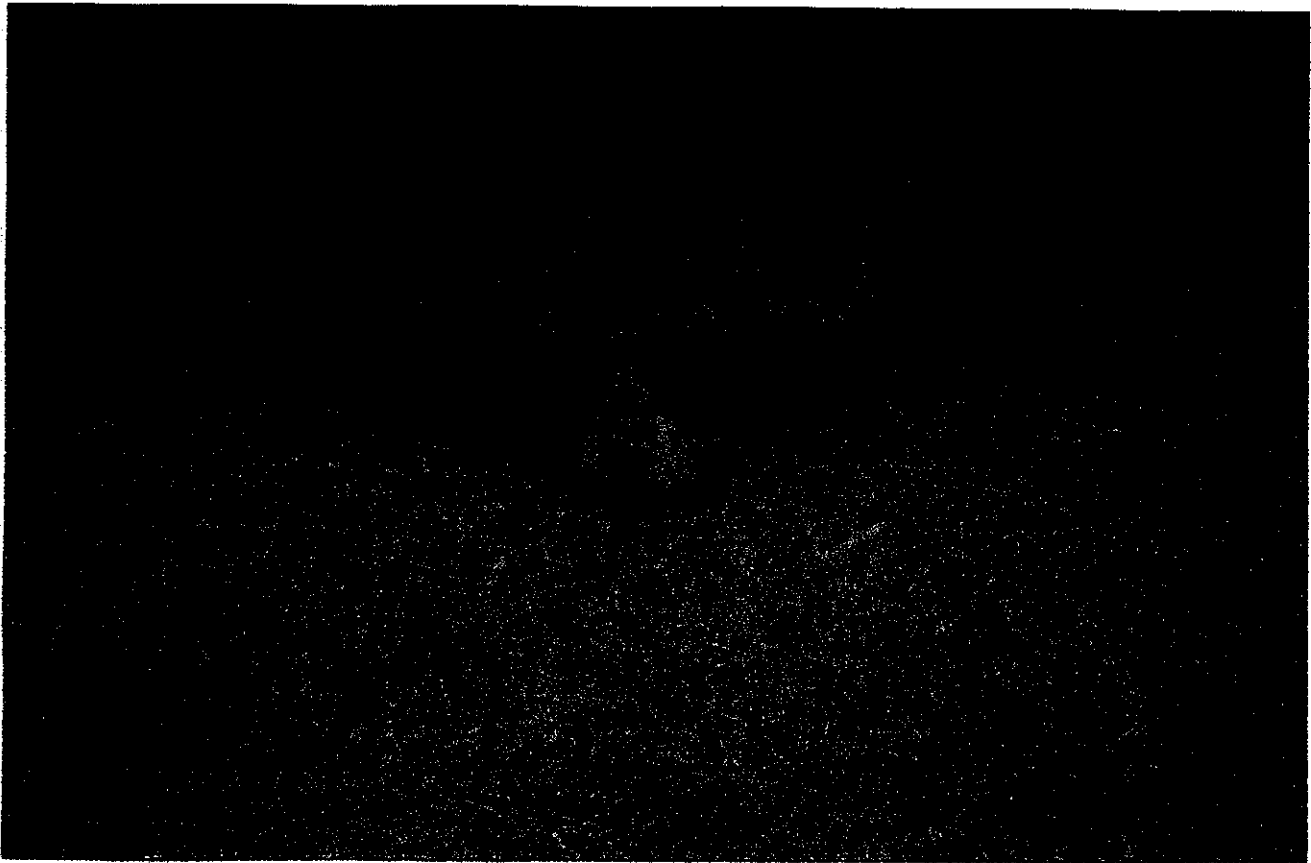
Desafortunadamente el impacto ambiental provocado por el hombre, debido a una acelerado crecimiento industrial, exige cumplir continuamente con las demandas de la explosión demográfica. Aunado a esto, los paradigmas establecidos en la tecnología obsoleta, han ocasionado múltiples problemas ambientales, derivando problemas de salud en forma exponencial.



Fosas donde se depositó la mortandad de Aves Acuáticas en la Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Guanajuato (FUNDAE, 1995).



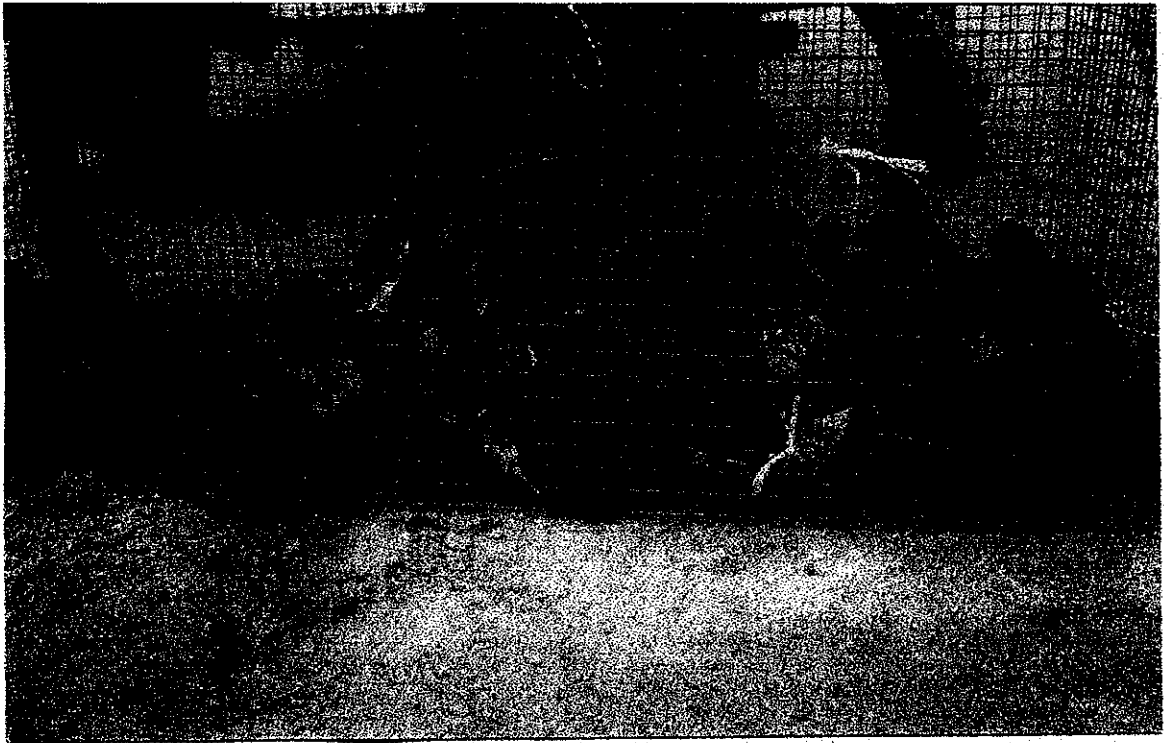
**Ejemplares de Anátidos durante la Mortalidad de la Presa de Silva.
San Francisco del Rincón, Edo. de Guanajuato. (FUNDAE, 1995).**



Fotografía Superior: Somormujo *Podiceps nigricollis* .
Fotografía Inferior: Pato golondrino *Anas acuta*. (FUNDAE, 1995).



**Módulo de Recuperación en el Albergue durante la Mortandad.
Presa de Silva, San Francisco del Rincón, Gto.(FUNDAE, 1995).**



**Liberación de Aves Recuperadas en la Presa del Barrial.
(FUNDAE, 1995).**

X. Referencias

- Avila, R. M., Navarro, M., Saucedo M., Pfeiffer, P., 1995. Estudio Analítico de Metales Pesados Presentes en Vegetales en la Presa de Silva. Reporte Técnico. Instituto de Investigaciones Científicas. Universidad de Guanajuato.
- Arenas, F.V., 1995. Estudio Sobre las Causas de la Muerte de Aves en la Presa de Silva en San Francisco del Rincón, León, Gto. Reporte. Instituto de Limnología y Ciencias del Mar, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. 18 pp.
- Armienta, M.A., Queré, A., 1993. Hydrogeochemical Behavior of Chromium in The Unsaturated Zone and in The Aquifer of Leon Valley. Instituto de Geofísica, Facultad de Química. UNAM.
- Armienta, M.A., Rodríguez, R., Queré, A., Juárez, F. Ceniceros, N. y Aguayo, A., 1993. Groundwater pollution with chromium in Leon Valley. México. Int. J Environ Anal. Chem. 54: 1-13.
- Armienta, M. A. y Rodríguez, C. R., 1995. Environmental Exposure to Chromium Compounds in the Valley of León, México. Environ Health Persp., 103:47-51. Instituto de Geofísica. Universidad Autónoma de México, D.F.
- Armienta, A M., Ceniceros, N., Rodríguez, R., Cruz O., Juárez F. Y Aguayo, A., 1995. Movilidad del Cromo en Suelos Contaminados de León, Guanajuato. 3 Instituto de Geofísica. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Atlas Mundial del Medio Ambiente. Preservación de la Naturaleza. 1995. Ed. Cultural S.A. Madrid, España. 112 pp.
- Aoyama, I., Okamura, H., 1993. Interactive Toxic Effect and Bioconcentration Between Cadmium and Chromium Using Continuous Algal Culture. Laboratory of Ecological Chemistry, Research Institute for Bioresources. Okayama University, Japan. 15 pp.
- Biswas- Gaytari, 1984. Toxicity of Chromium to Chick Embryos Central Leather Research Institute, Leather Science. Vol. 32 (1) Madras, India. 5 pp.
- Blood, D.O., Henderson, J.A., Rdstits, O.M., Arundel J.H. and Gay, C.C., 1979. Veterinary Medicine 5° Ed. Lea & Febiger, Philadelphia, E.U. 1,135 pp.
- Bowen, H.J., 1979. Environmental chemistry of the elements. Academic Press, London. 234-245 pp.
- Camacho, J.R., y Armienta, M.A., 1995. Piroxenitas de San Juan de Otates y Aporte Natural de Cromo al Acuífero de León, Gto. Actas INAGEQ., Instituto Nacional de Geoquímica, A.C., México. 31-32 pp.
- Carter, G.R., 1979. Diagnostic Procedures in Veterinary Bacteriology and Mycology. Department of Microbiology and Public Health. College of Veterinary Medicine, East Lansing, Michigan. Third edition. 19: 178-187
- Casaubón, M.T. 1995. Reporte de la exposición de 80 pollos de engorda a la ingestión de agua de la Presa de Silva. León, Gto. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de México. 22 pp.
- C.E.A.G.S., Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Guanajuato. 1995 (a). Informe Subcuenca Río Turbio. Guanajuato, Gto. 20 pp.

- C.E.A.G.S., Comisión Estatal de Agua y Saneamiento. 1995.(b). Parámetros Biológicos, Presa de Silva. Guanajuato, Gto. 9 pp.
- CNA, Comisión Nacional del Agua. 1995. Informe sobre la mortandad de aves acuáticas. San Francisco del Rincón, GTO.
- Comisión para la Cooperación Ambiental, CCA., 1995. Informe del CCA, sobre la muerte de Aves Migratorias en La Presa de Silva (1994-1995). Oaxaca, México 1995. 86 pp.
- Commission of the European Community, 1994. Effects of Wastewater Reuse on Urban Groundwater Resources, León. México. British Geological Survey, Comisión Nacional del Agua, Universidad Autónoma de Chihuahua. Keyworth, Nottinghamshire. Inglaterra. 92 pp.
- Conesa, Fdez-Vitora., Ros, G., Conesa, R. V., Conesa, R. L., 1995. Guía Metodológica para la evaluación del Impacto Ambiental. 2º edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. 390 pp.
- Cover, M.S., Paredes, F., 1970. Perforating Ventricular Ulceration in Young Chickens. Ralston Purina Company. St. Louis Missouri.
- Canadian Water Quality Guide., 1987. Criterio De Protección De La Vida Acuática En Canadá.
- INEGI, Cuaderno Estadístico Municipal y Estatal Guanajuato, 1994. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Gobierno del Estado de Guanajuato.
- Dana, E. S. y Ford, W. E., 1976. Tratado de Mineralogía. Editorial CECSA.
- De Buen Nuria, Arenas, V., Rosiles, R., Ramírez, J., Retana, A., Salgado, G., Rosales L., Botello-Vazquez, A., Armienta, A., Tavera, L.R., 1995. Estudio sobre la muerte de aves en la presa De Silva, en San Francisco del Rincón, Gto. Grupo Universitario Interdisciplinario. UNAM. 40 pp.
- Davies, B.E., 1980. Applied Soil Trace Elements. Ed. John Wiley & Sons Ltd. Chapter 9. 287-379 pp.
- De la Lanza Espino, G., García C. L., 1995. Lagos y Presas de México. Centro de Ecología y Desarrollo. México. D.F. pp.
- Departamento Toxicología Acuática., 1995. Reportes Sobre Niveles Tóxicos de Metales en Agua según Criterios de calidad de agua, Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. Instituto Politécnico Nacional, México. D.F. pp.
- Diario Oficial. Miércoles 13 de Diciembre de 1989. Acuerdo por el que se establecen los criterios ecológicos de calidad del agua. CE-CCA-001/89. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
- Duck unlimited. 1995. Informe censal sobre anátidos en Estados Unidos y Canadá.
- Eisler, R., 1986. Chromium Hazards to fish, Wildlife, and Invertebrates: a synoptic review. Patuxent Wildlife Research Center, U.S. Fish and Wildlife Service. Biological Report. 86: 1.6.
- EPA, Environmental Protection Agency, 1974. Medical and Biological Effects of Environmental Pollutants. Washington, DC. 50 pp.
- Esponda, A.J., 1995. Reporte Necropsias Anátidos Presa Silva Agropecuaria Sanfandila. Lagos de Moreno, Jalisco. 11 pp.
- Fergusson, J.E., 1990. The Heavy Elements. Pergamon Press. Nueva York. 615 pp.

- Flesher, J., 1978. La Curtiduría en México. Editorial Trillas. 40 pp.
- Fundación Ecológica de Guanajuato., 1995. Reporte Preliminar Mortandad Aves Acuáticas. Presa de Silva. FUNDAE. Guanajuato, Gto. 101 pp.
- Gerhard, N. Schrauzer, Facn, Krishna, P., Shrestha and Flores Arce M., 1992. Somatopsychological Effects of Chromium Supplementation. Journal of Nutritional Medicine. Vol.3 43:48. University of California at San Diego, La Jolla. 6 pp.
- Glaser L., Franson Ch., 1995. National Wildlife Health Center Necropsy Report. National Biological Service. National Wildlife Health Center. 52 pp.
- Gooders, J., and Boyer, T., 1986. Ducks of North America. Ed. Facts on File. New York, NewYork. 176 pp.
- Gratacos, E., 1988. Curtición al Cromo. Tecnología Química del Cuero. 50 pp.
- Gutiérrez-Ruiz, M., Castillo, Rosales A., 1989. Chromate Contamination. Proposal for a Solution . Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 6 pp.
- Gutiérrez – Ruiz, Villalobos- Peñalosa y Miranda J., 1990. Chromium Pollution Evaluation in Groundwaters of North Mexico City. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 13 pp..
- Hansen, M., Leal A., Martínez, R., Salazar, P., Bandala, G., Gelover, S., Bravo, I., León, Z., 1995. Evaluación del riesgo por la remoción de los sedimentos de la Presa de Silva, Gto. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. 1ª Edición. Subcoordinación de Calidad del Agua. 54 pp.
- Harte, J., Holdren, Ch., Schneider, R., Shirley, Ch., 1995. Guía de las Sustancias Contaminantes. Ed. Grijalbo. 642 pp.
- Harrison, M.R., 1994. Pollution: Causes, Effects and Control. University of Essex, Royal Society of Chemistry. Chap. 2. 1-17 pp.
- Haswell, S.J., 1991. Theory Design and Applications, Analytical Spectrometry Library.. Editorial Elsevier. Amsterdam. Vol. 5 . 194-195 pp.
- Heidemann, E., 1993. Fundamentals of Leather Manufacturing. Editorial Edward Roether K.G.
- Hernández, S.G., Flores, D.L. Solorio, M.G y Aranda, G.J., 1990. Estudio pedogenético de los suelos en función de algunas unidades litoestratigráficas de La Sierra de Guanajuato. Contribuciones a la Edafología Mexicana, Instituto de Geología, Univ. Nal. Autón. de México. 25-48 pp.
- Hernández, S.G., Solorio, M.G., Vasallo, Maples, M., Flores, L., Hernández, D., y Alcalá, M., 1995 (a). Presa de Silva, Guanajuato: Escenario Edáfico. Estación Regional del Centro en Guanajuato y Dpto. de Edafología, Instituto de Geología de la UNAM.
- Hernández S.G. *et al.*, 1995(b). Dispersión de Ni y Cr en suelos y sedimentos superficiales derivados de piroxenitas, serpentinitas y basaltos de la cuenca San Juan de Otates, Edo. de Guanajuato, México. Unidad de Ciencias de la Tierra, Juriquilla, Qro. Instituto de Geología, UNAM.

- Hofstad, M.S., Calnek, B.W., Helmboldt, C.F., Reid, W.M., Yoder, H.W., 1972, Diseases of Poultry. 6th Ed. The Iowa State University Press. Ames, Iowa. 1, 176 pp.
- Hynes, H.B.N. 1978. The Biology of Polluted Waters. Liverpool University Press. England. 202 pp.
- Izumi, S.V., 1993., Recuperación de Cromo de los efluentes del proceso de curtido mediante desechos de cebolla. Facultad de Química, Universidad de Guanajuato. 92 pp.
- Kabata- Pendias, A. Y Pendias, H., 1992. Trace elements in soils and plants. CRC Press, Boca Ratón, Florida. 365 pp.
- Kochta, J., Slaats, H., 1990. Alternativas a la curtición al cromo, situación actual. Boletín Técnico, AQEIC. Año XLI- N°7-8.
- Leopold, S.A., 1983. Fauna Silvestre de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. Editorial Pax-México. 608 pp.
- McClan, K.S., Robinson, A.R., y McConell, L., 1978. In Soil Sci. Anal., 8(11). 1303-1316 pp.
- Maples, M.V., 1994. Reporte. El Medio Ambiental en el Estado de Guanajuato. Instituto de Geología UNAM. 21 pp.
- Martínez- Reyes, J., 1992. Mapa Geológico de La Sierra de Guanajuato. Cartas Geológicas y mineras. N° 8, Instituto de Geología. UNAM.
- Martínez-Romero, E. Bandala, González, E., Pérez, S., Leal, A., 1995. Ftalatos en la presa De Silva, Gto., Actas INAGEQ, Instituto Nacional de Geoquímica, A.C., 1 (1995), 157-161 pp.
- Miller, T. G., 1994. Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamericana. México. 867 pp.
- Müller, W.H., Schwaighfer, B., Santschi, P.H., y Bianchi, T.S., 1992. Heavy metal contents in river sediments, Water, Air and Soil Pollut. 72: 191-203 pp.
- Odum, E.P., 1979. Ecología. 2nd. Ed. C.E.C.S.A. México, D.F. 295 pp.
- Ordaz y Estrada, 1995. Reporte. Necropsias Anátidos Presa Silva. Zoológico Ibarra. León, Guanajuato. 8 pp.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, 1985. Ordenamiento Ecológico del Corredor Industrial del Bajío., Guanajuato, Gto. 58 pp.
- Orta, G.A., 1994. Curso básico. Curtido al Cromo. Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas del Cuero. León, Gto. 15 pp.
- Owen, S.O., 1984. Conservación de los Recursos Naturales. Editorial . Pax. México. Méx. 648 pp.
- Peterson, R.T., Chalif, E., 1994. Aves De México. Guía de Campo. Ed. Diana. 473 pp.
- Reader's Digest, 1984. Los Porques de La Naturaleza. Ed. Selecciones del Rider's Digest. New York, New York. 336 pp.

- Riva, R. F., Flos, R., Crespi, M., Balach, J., 1980. Contaminación Aguda por Vertidos Textiles. Tratamiento de Carpines Dorados (*Carassius auratus*) con Dicromato Potásico. Determinación de La Toxicidad y Niveles de Cromo en Branquias. Instituto de Investigación Textil. Universidad Autónoma de Barcelona. España. Bol. Inst. Inv. Textil Terrassa. N° 78.
- Rodríguez, R., Armienta, M.A., 1994. Chromium Aquifer Pollution: Evaluation of Environmental Impact. Natural Resources Department . Geophysics Institute. National University of Mexico.
- Rosiles, R., 1995. Reporte. Necropsias Anátidos Presa de Silva. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México. 38 pp.
- Rezza ed., Tratado Universal del Medio Ambiente.1993. Vol. VII.1ª Ed. .Barcelona, España. 40 pp..
- Rzedowski, J., 1983. Vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 pp.
- Sigel, H . Seiler, H. G., 1994. Chemical Abstracts. Vol III. Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds. University of Basel, Switzerland. 19: 239-250
- Síntesis Geográfica de Guanajuato. 1984. Estudio de Ordenamiento Territorial. Secretaria de Educación Pública, Gobierno del Estado de Guanajuato. 70 pp.
- Sigg, L., Werner, S., Philippe, B., 1992. Chimie des Milieux Aquatiques. Chimie des Eaux Naturelles et des Interfaces dans l'Environnement. Ed. Masson. 136- 204 pp.
- Sukumar, A. y Subramanian, R., 1990. Hair and Nail Elements in Delhi Residents. School of Environmental Sciences, Jawaharlal, Nehru University, New Delhi, India.