

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

28
45



CONTAMINACION TERMICA DE AGUAS

TRABAJO ESCRITO EN OPCION DE TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
INGENIERO CIVIL
PRESENTA:

JOSE LUIS CORONA LARIOS

MEXICO, D. F.

1984



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.

INDICE GENERAL

	Página
CAPITULO I	
1.- INTRODUCCION.	2
CAPITULO II	
2.- DESEQUILIBRIO ECOLOGICO EN MEDIOS ACUATICOS.	
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Partes componentes de un ecosistema.....	9
2.3. Una laguna como un ecosistema.....	13
2.4. Desequilibrio ecológico en medios acuáticos.....	15
CAPITULO III	
3.- CONTAMINACION TERMICA DEL AGUA EN LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE.	
3.1. Antecedentes.....	22
3.2. Contaminación térmica del agua en la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde.....	32
3.2.1. Efectos Físicos.....	35
3.2.2. Efectos Biológicos.....	38

	Página
3.2.3. Efectos en la Obra de Toma.....	41
3.2.4. Efectos en la Descarga.....	47
3.2.4.1. Efecto Térmico.....	48
3.2.4.2. Biocidas.....	56
CAPITULO IV	
4.- CONCLUSIONES	58
FIGURAS Y TABLA.	
Figura 1.- Ecosistema autotrófico impulsado por energía solar.....	11
Figura 2.- Planta de arreglo general del sitio..	29
Figura 3.- Ubicación de la Planta Nucleoeléctri- ca Laguna Verde y localización de po- blados cercanos.....	30
Figura 4.- Esquema de la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde.....	31
Figura 5.- Areas de influencia de isoterms en - °C.....	39
Tabla 1.- Intervalo de temperatura de hábitat - normal en adultos, juveniles y lar- - vas de peces migratorios y residentes.	49
REFERENCIAS.....	63

CAPITULO I

1.- INTRODUCCION.

CAPITULO I

1.- INTRODUCCION.

El hombre en su muy admirable afán de superación modifica las condiciones de la naturaleza, lo cual, también motiva repercusiones en su ambiente.

Los espejos de agua, los torrentes, los ríos, procuran placer y distensión a millones de personas, a la vez que ofrecen agua y alimento para el sustento de la vida humana. Los conglomerados humanos más importantes han surgido cerca de los ríos, por las grandes ventajas que se obtienen, como es entre otras, el surtirse de agua; pero todos los desechos líquidos reconocen la misma cuenca, degradando el agua corriente abajo.

Desde el advenimiento de la Revolución Industrial, con el progresivo aumento de la población, de las industrias y la consecuente Revolución Científica, la pureza de las aguas es amenazada por todas partes y se plantean problemas acuciantes para la supervivencia del hombre. Hasta hace pocos años, el agua usada y por lo tanto contaminada, se volvía a verter al lugar de donde se había extraído, el río la llevaba al lago o al mar que la reabsorbían. Pero los ríos, los lagos y hasta los océanos pue--

den absorber los venenos contenidos en el agua contaminada, degradándose y haciéndose inocuos, hasta cierto límite, superado este límite, la masa de agua que recibe los caudales contaminados se contamina más rápidamente.

La contaminación térmica en aguas, motivo de este trabajo, puede presentarse, desde, en un agua de uso doméstico hasta un agua de uso industrial. El hombre inició este tipo de contaminación, cuando comenzó a consumir combustibles fósiles para obtener energía, esta nueva fuente de energía hizo posible el incremento de industrias, transportes y otras actividades, pero a la vez originaron agua caliente y nuevos desechos que finalmente llegan a los ríos y mares. Otras formas de contaminación térmica del agua que amenazan la vida de los organismos acuáticos e indirectamente al hombre, son las instalaciones nucleoelectricas, las cuales usan grandes cantidades de agua para enfriar los reactores, y aunque no hay contaminación radiactiva y el agua es devuelta clara y limpia a los ríos, a los lagos o al mar, sí lleva un incremento de temperatura de 10° a 20° centígrados respecto a la temperatura que tenía a la entrada al sistema. La alta temperatura del agua favorece el crecimiento tumultuoso de algas, éstas al morir, forman enormes cantidades de

material orgánico, las bacterias que los destruyen consumen todo el oxígeno y dejan el agua biológicamente muerta.

Cuando no se planea bien la descarga de agua caliente puede causar muchos problemas a la ecología del lugar, principalmente al plancton, es el caso de instalaciones nucleares construídas hace 20 ó 30 años, en que no se tenía el cuidado debido al diseñar la descarga, ni se acababan leyes internacionales de control de la contaminación, de esta manera, se tienen datos de que una sola instalación nuclear de 1953 a 1979 mató del orden de 8 a 10 millones de peces.

Los efectos de las descargas térmicas, han venido incrementando importantemente la consideración del control de la contaminación del agua, la descarga dentro de una masa de agua de efluentes calentados a temperaturas excesivamente elevadas, producen efectos perjudiciales sobre la ecología de estas aguas.

La temperatura, es uno de los factores físicos para evaluar la contaminación del agua, que debe tomarse directamente en el sitio, la precisión que se quiera obtener, depende del uso que se le vaya a dar al agua, para el ca

so de contaminación térmica en mares una precisión apreciativa de un décimo de grado es muy aceptable. Para -- nuestro caso, como es necesario tener lecturas de temperatura a diferentes profundidades, el termómetro debe tener ciertas características como se describen en el Capítulo III.

El agua en general adquiere la temperatura del ambiente y su variación con respecto a éste es muy poca; está sujeta al clima local, la profundidad y la fuente de abastecimiento.

La variación de la temperatura, puede indicar principio de contaminación, pudiéndose afectar las actividades biológicas y la solubilidad de los gases. La temperatura -- del agua contaminada tiende a ser mayor que la natural -- en el mismo medio, la temperatura elevada indica casi -- siempre que se han vertido residuos industriales. Es más fácil encontrar una agua contaminada con temperatura elevada que con temperatura baja con respecto a la temperatura media normal, esto se debe a que el agua negra de -- una población se compone de los desechos del agua con -- temperatura normal, más la de los baños, calderas e industrias que generalmente desalojan aguas a altas temperaturas, por eso la temperatura se concibe como un indi-

cio de la contaminación.

Para tener un buen diseño, los muestreos en nuestro ejemplo, fueron tomados con calendario fijo y variaciones pertinentes, haciendo una serie de análisis que representaron en promedio el dato más cercano a la realidad.

CAPITULO II

2.- DESEQUILIBRIO ECOLOGICO EN MEDIOS ACUATICOS.

2.1. Antecedentes.

2.2. Partes componentes de un ecosistema.

2.3. Una laguna como un ecosistema.

2.4. Desequilibrio ecológico en medios acuáticos.

CAPITULO II

2.- DESEQUILIBRIO ECOLOGICO EN MEDIOS ACUATICOS.

2.1. Antecedentes.

Dada la influencia que va a tener en la Ecología del lugar, la alteración de las condiciones naturales, se dará la siguiente definición:

El término Ecología proviene de la raíz griega "oikos",- que significa "casa", combinada con la raíz griega "logos" que significa "la ciencia ó el estudio de". La Ecología_ se refiere al estudio de los pobladores de la tierra, in- cluyendo plantas, animales, microorganismos y el género_ humano.

La esfera de acción de la Ecología, se ha ampliado consi- derablemente a medida que el hombre ha tomado poco a po- co conciencia de esos desequilibrios en el ambiente.

Un ecosistema es la unidad funcional básica que debemos_ considerar, ya que incluye tanto a los organismos como - al medio abiótico, de tal manera que los organismos in-- fluyen sobre las propiedades del medio abiótico y vice-- versa, y ambos son necesarios para conservar la vida -- existente en el planeta.

Un buen ejemplo de un ecosistema natural lo constituye -

la parte costera de un estuario subsidiado por la energía de la marea, de las olas y corrientes. Puesto que el vaivén en el flujo del agua participa en la reposición de nutrientes minerales y en el transporte de alimentos y desechos, los organismos en un estuario son capaces de concentrar sus esfuerzos, por decirlo así, en una conversión más eficaz de la energía solar en materia orgánica. En consecuencia, los estuarios tienen tendencia a ser sistemas más fértiles que, por ejemplo, una área terrestre adyacente o charca que reciben la energía solar, pero que no reciben el beneficio de la marea o de otro subsidio de energía producido por el flujo de agua.

Uno de los más altos logros del hombre son, los ecosistemas impulsados por combustible, también conocidos como sistemas urbanoindustriales. En éstos, una gran cantidad concentrada de energía potencial de los combustibles reemplaza, más que complementa, la energía solar.

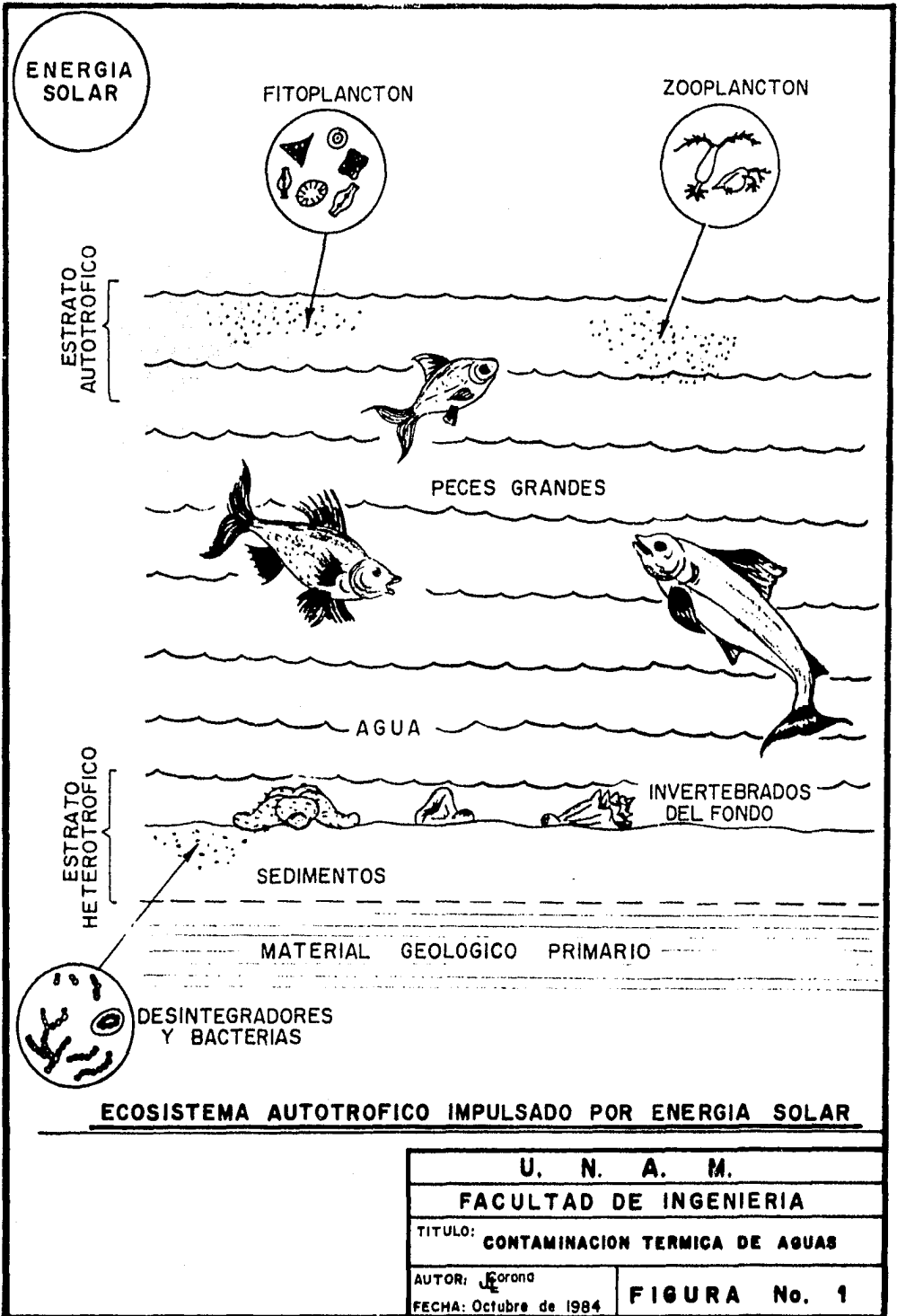
2.2. Partes componentes de un ecosistema.

Cuando se examina un lago, un bosque o una porción reconocible del paisaje que observamos, desde el punto de vista del ecosistema, se distinguen dos componentes bióticos: aquel que es capaz de captar la energía luminosa

y utilizarla para elaborar alimento, mediante síntesis, a partir de sustancias inorgánicas denominado componente autotrófico, y el que degrada, asimila y desintegra las sustancias orgánicas requeridas en los procesos vitales, llamado componente heterotrófico que emplea las sustancias elaboradas por los autótrofos (ver figura 1). Los componentes de carácter funcional, señalados en la figura 1 están dispuestos a manera de capas superpuestas, de tal manera que la máxima expresión del metabolismo se lleva a cabo en el estrato superior, en donde existe la mayor disponibilidad de energía luminosa para los autótrofos, mientras que en la capa superficial y somera del substrato se desarrolla la actividad más intensa del estrato heterotrófico, y es donde se acumula la materia orgánica, tanto en ambientes acuáticos como en terrestres.

En el ecosistema de la figura 1, reconocemos cuatro componentes que son:

- 1.- Sustancias abióticas y condiciones de vida.- Conjunto que comprende tanto a los elementos y compuestos químicos básicos como los parámetros fisicoquímicos en los ambientes terrestre y acuático, los cuales determinan las características del ambiente.



U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TITULO: CONTAMINACION TERMICA DE AGUAS	
AUTOR: J. Coronado	FIGURA No. 1
FECHA: Octubre de 1984	

2.- Los productores, representados por los grupos vegetales inferiores y superiores.

3.- Los consumidores o macroconsumidores, componente caracterizado principalmente por animales que ingieren - - otros organismos, o bien, materia orgánica.

4.- Los desintegradores o microconsumidores, representados por organismos heterótrofos, principalmente bacterias y hongos que degradan los compuestos del protoplasma de organismos muertos, liberan sustancias minerales de naturaleza simple, que son aprovechadas por el componente productor y sustancias orgánicas que pueden proveer alimento o pueden ser estimulantes (vitaminas).

Un ecosistema acuático de aguas profundas (un lago, el mar), esta poblado por diferentes tipos de organismos, con la posible excepción de unas pocas clases de bacterias. El componente autótrofo está constituido por vegetales microscópicos que viven suspendidos en las aguas, que en conjunto se les denomina fitoplancton (phytoplankton=phyto-planta; plankton-que flota), que pertenecen a diferentes categorías sistemáticas del grupo de las algas, que incluyen:

a) Las diatomeas, pequeñas plantas con frústulas de sí-

lice.

b) Flagelados verdes o fitoflagelados que se desplazan impulsados por el rápido batir del flagelo.

c) Las algas verdes o clorofitas, las cuales pueden ser unicelulares, coloniales o filamentosas.

d) Las cianofitas o algas verde-azules, algunas de ellas con cápsulas gelatinosas que crecen con éxito en lugares contaminados con materia orgánica, hecho que ocasiona - obstrucción de los depósitos de abastecimiento de agua - potable y molestias en lagos utilizados para actividades recreativas.

2.3. Una laguna como un ecosistema.

Una laguna como un ecosistema tiene límites definidos y es una unidad reconocible en términos de su estructura y su función, aún cuando no es un sistema cerrado.

El estudio de una laguna se realiza analizando el componente de productores tomando una serie de muestras de - agua, con un instrumento específico de colecta que tome - una columna de agua a cualquier profundidad deseada. En - el laboratorio, se filtra una parte de las muestras de - agua a fin de concentrar los pequeños organismos de fito

plancton para su estudio al microscopio y conteo de individuos; otra parte de las muestras se filtra utilizando ahora un filtro de abertura más fina, con el objeto de retener todos los organismos, cuando se encuentra seco el filtro que contiene a los organismos, se coloca en acetona y se procesa para extraer la clorofila y otros pigmentos, la solución resultante de color verde claro, se coloca en un espectrómetro fotoeléctrico, para la determinación cuantitativa de la cantidad presente de clorofila y de otros pigmentos. Ya que la cantidad total de clorofila en una columna de agua o en una comunidad en términos de superficie (es decir, por metro cuadrado), por lo general tiende a aumentar o disminuir, de acuerdo a la cantidad de fotosíntesis que se realiza, se puede decir, que la cantidad de clorofila por metro cuadrado es un índice del potencial de elaboración de alimento en un tiempo dado, puesto que se ajusta a la luz, a la temperatura y a los nutrientes existentes.

Se pueden obtener datos sobre el número, categoría sistemática y pesos de los grupos de consumidores, el zooplancton, constituido por consumidores de talla más pequeña asociados con la columna de agua, puede colectarse empleando una red, hecha de una malla de seda muy fi-

na y arrastrándola a través del agua; los peces pueden colectarse empleando una red de cerco y los animales pequeños que viven en el sedimento del fondo o dentro de él, pueden colectarse en una muestra cuantificable utilizando una "draga" construida con base en el principio de la pala mecánica. De dichos datos se obtiene un panorama de la estructura de las poblaciones heterotróficas.

2.4. Desequilibrio ecológico en medios acuáticos.

La influencia de la contaminación del agua en plantas y animales, se tiene que analizar considerando la estrecha relación con la contaminación del aire y en ambos casos, evitar un rompimiento del equilibrio ecológico establecido miles de años atrás.

Anualmente las algas toman miles de millones de toneladas de carbono e hidrógeno del agua y despiden otro tanto de oxígeno, que liberan a la atmósfera, constituyéndose en la fuente principal de la producción de este gas.

Un ejemplo de equilibrio relacionando al agua con el aire, lo constituye el bióxido de carbono que se encuentra en solución en el mar y como mezcla en la atmósfera, el gran consumo de bióxido de carbono que hacen anualmente las plantas de la tierra y las algas del mar por la fun-

ción fotosintética, se compensa mediante la eliminación del gas carbónico durante los procesos de putrefacción, fermentación y respiración, además de la actividad técnica del hombre, principalmente por el uso de combustibles.

El bióxido de carbono tiene la capacidad de retener y no dejar pasar al espacio cósmico la radiación calorífica de la superficie de la tierra y mientras mayor es la cantidad de bióxido de carbono en la atmósfera, más caliente es el clima, se supone que al aumentar al doble el contenido de bióxido de carbono, la temperatura media del aire puede aumentar 3° a 4° C., este aparente pequeño incremento, podría ser la causa de un gravísimo problema para la humanidad.

Por lo antes expuesto, se aprecia y salta a la vista, la importancia de mantener y aún incrementar la vida acuática microscópica y en general, de plantas y animales independientemente de su tamaño.

Cuando existe de una forma o de otra la contaminación, depende del grado de ésta para que subsistan ciertas clases de algas, de bacterias y de gusanos, de hecho, para estos seres, así como para algunas especies supe--

riores como pudieran ser los peces, no existe un daño directo; la contaminación más bien provoca trastornos y la sufren otras especies incluyendo al hombre a través de éstos.

Las algas y bacterias en estrecha simbiosis, efectúan un proceso de aceleración en la depuración de las aguas, este principio es el empleado en las Lagunas de Estabilización para aguas negras domésticas y para ciertos dese---chos industriales.

El parámetro físico que nos interesa es la temperatura, la cual afecta a los peces; un pez no puede vivir en ---aguas con más de 35° C, se desarrollan bien entre 15° y 25° C. Las algas se extinguen o florecen según una misma temperatura; las cianofitas proliferan y son muy resistentes a altas temperaturas pero son poco deseables.

El mar es uno de los principales ecosistemas del mundo, los océanos principales (Atlántico, Pacífico, Indico, Artico y Antártico) y sus conexiones y extensiones cubren aproximadamente 70% de la superficie terrestre. En gran parte, olas, mareas, corrientes, salinidades, temperaturas, presiones e intensidades luminosas determinan la --composición de las comunidades biológicas que, a su vez,

tienen una influencia considerable sobre la composición de los sedimentos del fondo y de los gases en solución. Las cadenas alimenticias marinas se inician con los organismos más pequeños, conocidos como autótrofos y terminan con los animales más grandes (peces gigantes, calamares y ballenas). No obstante que la exploración del mar no es tan costosa como la exploración del espacio exterior, se necesita un considerable despliegue de embarcaciones, laboratorios costeros, equipos y especialistas. La mayor parte de la investigación, por necesidad se lleva a cabo en relativamente pocas instituciones grandes, apoyadas por subsidios gubernamentales en su mayoría -- provenientes de naciones poderosas.

Puesto que en el mar es probable que haya fitoplancton bajo cada metro cuadrado y como la vida, en alguna forma se extiende hacia las profundidades mayores, los mares son los ecosistemas más grandes y más densos, también biológicamente son los más diversos. Los organismos marinos muestran un arreglo increíble de adaptaciones que -- van desde mecanismos de flotación que sostienen a diminutos organismos del plancton dentro de las capas superiores del agua, hasta las bocas y estómagos enormes de los peces abisales que viven en un mundo oscuro, frío, don-

de los alimentos son voluminosos, pero en escaso número.

Debido a que la temperatura es un parámetro de contaminación muy importante para el funcionamiento aceptable de la Planta Nucleoeléctrica en cuanto a desequilibrio ecológico, se hicieron muchos estudios acerca de ecología y de poblaciones.

Sabiendo que una población se define como un grupo colectivo de un tipo particular en la comunidad, o simplemente, es el conjunto de organismos de la misma especie, - que se encuentra ocupando un espacio dado y que tiene un número de propiedades de grupo importantes que no comparte con los niveles adyacentes. Las características más importantes de la población o atributos de grupo son:

- a) Densidad.- Tamaño de la población en relación con una unidad de espacio.
- b) Tasa de nacimientos.- Es el porcentaje al cual los individuos nuevos se agregan a la población mediante la reproducción.
- c) Tasa de muertes.- Es la medida a la cual los individuos se eliminan debido a la muerte.
- d) Dispersión.- Es la tasa en que los individuos inmigran o emigran de la población.

e) Tasa de crecimiento de la población.- Es el resultado neto de la natalidad, la mortalidad y la migración.

f) Distribución interna.- Es la manera en que los individuos se distribuyen en el espacio.

f.1) Distribución al azar.- En la cual la probabilidad de que un individuo se encuentre en cualquier lugar; es la misma que aquella de que se halle en cualquier otro lugar.

f.2) Distribución regular.- En que los componentes se distribuyen más uniformemente que al azar.

f.3) Distribución de contagio (la más común en la naturaleza).- En que los individuos u otros componentes se distribuyen más irregularmente que al azar.

g) Distribución de edades.- Es la proporción de individuos de diferentes edades en el grupo.

h) Características Genéticas.- Son aplicables especialmente a la ecología de poblaciones, como por ejemplo, adaptabilidad, aptitud reproductiva y persistencia, es decir, la probabilidad de dejar descendientes durante períodos prolongados de tiempo.

CAPITULO III

3.- CONTAMINACION TERMICA DEL AGUA EN LA PLANTA NUCLEO-ELECTRICA LAGUNA VERDE.

3.1. Antecedentes.

3.2. Contaminación térmica del agua en la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde.

3.2.1. Efectos físicos.

3.2.2. Efectos Biológicos.

3.2.3. Efectos en la Obra de Toma.

3.2.4. Efectos en la Descarga.

3.2.4.1. Efecto Térmico.

3.2.4.2. Biocidas.

CAPITULO III

3.- CONTAMINACION TERMICA DEL AGUA EN LA PLANTA NUCLEO-- ELECTRICA LAGUNA VERDE.

3.1. Antecedentes.

La Planta Nucleoeléctrica constará de dos unidades independientes de 675 Megawatts cada una, destinadas a alimentar al sistema interconectado a una frecuencia de 60 ciclos por segundo.

A grandes rasgos, cada unidad está formada por los siguientes edificios: del reactor, del turbogenerador, de desechos radiactivos (un solo edificio para las dos unidades), de generadores diesel de emergencia y de control principal (ver figura 2). Existe además un sistema de agua de enfriamiento para cada unidad, que succiona agua del -- Golfo de México a razón de $30 \text{ m}^3/\text{seg.}$ a la temperatura ambiente, la hace circular por el condensador de la -- turbina y la descarga a la Laguna Salada a una temperatura ligeramente mayor (figura 4). Los reactores usados -- son del tipo BWR (Boiler Water Reactor) o sea de agua -- hirviente, que emplea agua ligera como moderador y en---friador, también emplea dióxido de uranio ligeramente enriquecido con uranio 235 como combustible. Las razones -- técnicas y económicas por las cuales se seleccionó este_

sitio para la Planta fueron entre otras, las características sísmicas y geológicas favorables, la disponibilidad de agua de mar para enfriamiento, su accesibilidad, su relativa cercanía a los centros de consumo y la existencia de espacio libre aprovechable sin causar daños al ambiente, ni interferencias a los habitantes de la región.

La Planta Nucleoeléctrica está localizada sobre la costa del Golfo de México, en el área llamada Punta Limón (ver figura 3), municipio de Alto Lucero en el estado de Veracruz, a 70 Km al NNO de la ciudad de Veracruz y 60 Km al ONO de la ciudad de Jalapa.

Las coordenadas geográficas del sitio son aproximadamente 19° 43' 03" latitud Norte y 96° 23' 15" longitud Oeste (son las coordenadas de la esquina Sur-Este del edificio del Turbogenerador de la Unidad 1). La altitud media del área de Punta Limón es de 10 m. arriba del nivel medio del mar, el sitio está flanqueado por las cuencas de los ríos Barranca Hernández y el Viejón (también conocido como río Paso Limón). El río Barranca Hernández desemboca al Golfo de México 5 Km. al Norte de la Planta, -- mientras que el Viejón también descarga al Golfo pero - 3 Km. al Sur de la Planta. También hay dos lagunas en la

cercanía del sitio, Laguna Verde y Laguna Salada, hay otros ríos en el área general del sitio, pero su localización es tal que no afectan de ninguna manera la Planta.

El clima del área es semitropical, con una precipitación media anual de 1200 mm. y una temperatura media anual de 24.6°C.

Las máximas precipitaciones ocurren desde Junio hasta Octubre causadas principalmente por huracanes en el Golfo de México. De Octubre a Abril las lluvias que se presentan son causadas por la elevación de la masa de aire caliente semihúmedo, esta situación prevalece en el área - debido a la invasión de masas polares. Debido a este mismo fenómeno fuertes corrientes de viento llamados Nortes se producen. Los Nortes llevan la masa de aire caliente sobre las montañas causando lluvias de tipo orográfico.

Como dato informativo enunciaremos, que el sitio ha sido analizado para posible inundación causada por:

a) Superficie de escurrimiento.- Las corrientes naturales más cercanas al sitio son los ríos Barranca Hernández y el Viejón, éstos no tienen sistema de control para su flujo, tales como una presa o diques, por lo tanto no

hay potencial para una inundación rápida debida a la falla de alguna estructura. Debido a la localización geográfica de estos ríos y la elevación media de la Planta (10m. con respecto al nivel medio del mar), el sitio tiene una protección natural contra inundación.

b) Elevación del nivel del mar debido a fenómenos meteorológicos (Huracanes y Nortes).- Dentro del sistema oceanográfico, la elevación del nivel máximo del mar esperado en la estructura de Obra de Toma, debido a la presencia de un huracán de magnitud máxima probable, es de -- 6.05 m. arriba del nivel medio del mar. Como la elevación de la plataforma de operación para el servicio de las bombas de agua es de 6.208 m. arriba del nivel medio del mar, no hay potencial para una inundación como resultado de la presencia del fenómeno natural.

Respecto a inundaciones podemos concluir, que no presenta ningún daño en la operación segura de la Planta, por éste motivo no es necesario proveer alguna estructura artificial de control.

El sitio está flanqueado al Norte y al Sur por dos lagunas, Laguna Verde y Laguna Salada respectivamente. A continuación se muestran las características de estas lagu-

nas.

Laguna Verde.- Esta laguna tiene una superficie de aproximadamente 2.5 Km² de agua color verde oscuro, localizada a 1.5 Km. al Norte del sitio. Su forma es semicircular, y limitada al Este por un banco de arena, también ligado a un brote de basalto al Norte y Sur, y al Oeste por una roca andesita. Su fondo está formado de un material arcilloso y tiene una elevación mínima de 4.50 m. abajo del nivel medio del mar. En general el nivel del agua en esta laguna fluctúa de 0.81m. a 1.33m. arriba del nivel medio del mar, dependiendo de la intensidad y de la frecuencia de las lluvias repentinas. Esta laguna es alimentada principalmente por una superficie de escurrimiento durante la estación de lluvias. El flujo de aguas subterráneas del acuífero en el agua no tiene una influencia decisiva en el recargado del vaso de la laguna. En suma, ninguna conexión hidráulica entre este acuífero y el Golfo fue detectada durante la perforación de dos barrenos usados para la instalación de piezómetros, ni durante las actividades de resistividad y sismicidad geofísica sobre el banco de arena que separa esta área del Golfo de México. La superficie de contacto del agua subterránea con el agua salada no fue definitivamente es

tablecida. Durante el desarrollo de los estudios del sitio, se observó que esta laguna no era usada para la pesca, transportación o recreación. Ya que esta laguna, está dentro del área perteneciente a Comisión Federal de Electricidad, se asegurará que estas características sean mantenidas.

Laguna Salada.- Es un cuerpo de agua salada con una superficie aproximada de 2.6 Km², localizada al Sur del sitio. Su forma es triangular y está conectada al mar en el extremo Sureste. Está parcialmente bordeada por un banco de arena al Este; por roca basáltica (sobre la cual se construye la Planta Nucleoeléctrica) al Norte y por una roca andesita y sedimentos aluviales al Oeste y al Sur.

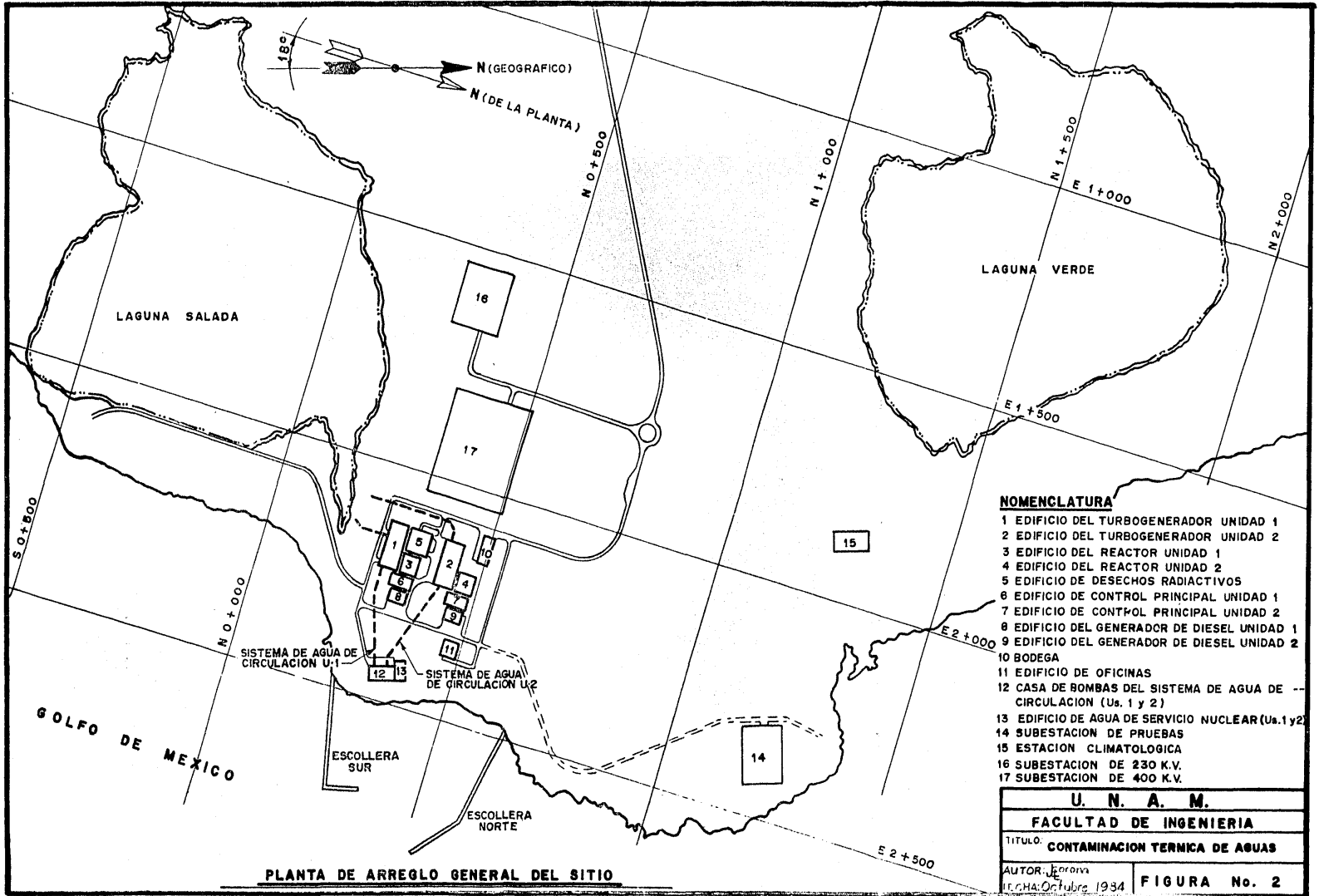
La laguna es poco profunda con un fondo ondulado suavemente de material arcilloso.

Esta laguna es principalmente alimentada por agua de mar que entra y sale a través de un cauce localizado al Sur del banco de arena, bordeando al Golfo de México. Durante la temporada de lluvias hay también una cierta cantidad de afluencia debida al escurrimiento, el cual se mezcla con el agua de mar.

De evidencias recopiladas durante el taladrado de un barrero para la instalación de un piezómetro, localizado en el banco de arena, nos indican que el banco, en sí mismo, no es un medio de comunicación hidráulica entre la laguna y el Golfo, ya que el barrero se encontró estar seco para los primeros 30 m. de taladrado, es decir, no fue detectada la intrusión de agua de mar en los estudios de resistividad.

Esta laguna no es usada para transportación, ni para recreación, sin embargo, actualmente aldeanos del lugar obtienen camarón, cangrejos y ostras grandes de este lugar. Ya que esta laguna está dentro del área restringida y bajo control de Comisión Federal de Electricidad y una vez que la Planta Nucleoeléctrica inicie su operación, se tomarán todas las medidas necesarias para asegurar que estas actividades ya no sean llevadas a cabo en la laguna.

Cuando la Planta Nucleoeléctrica esté en operación toda el agua del sistema de enfriamiento pasará a través de esta laguna, para después vaciar al Golfo de México.

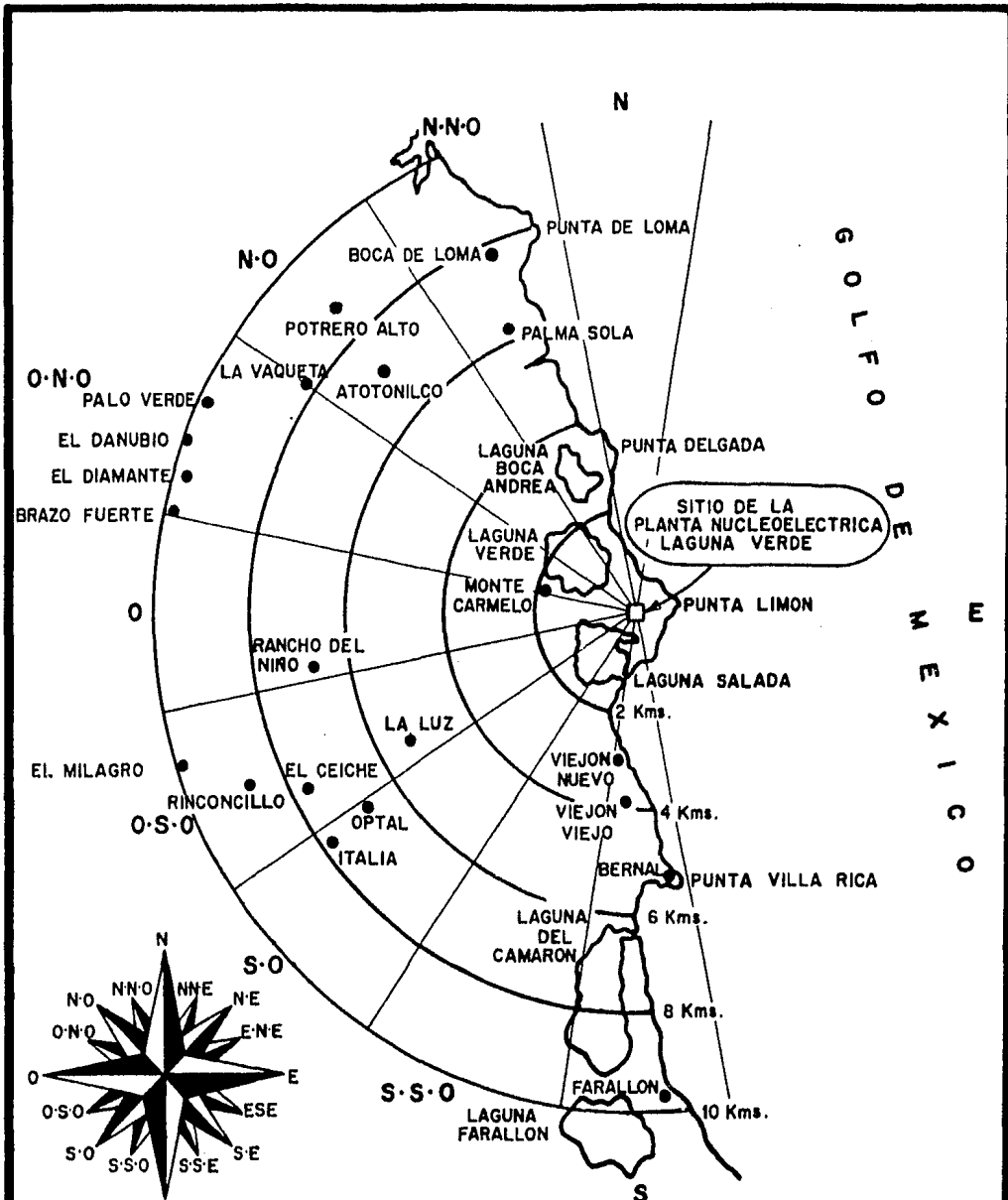


NOMENCLATURA

- 1 EDIFICIO DEL TURBOGENERADOR UNIDAD 1
- 2 EDIFICIO DEL TURBOGENERADOR UNIDAD 2
- 3 EDIFICIO DEL REACTOR UNIDAD 1
- 4 EDIFICIO DEL REACTOR UNIDAD 2
- 5 EDIFICIO DE DESECHOS RADIACTIVOS
- 6 EDIFICIO DE CONTROL PRINCIPAL UNIDAD 1
- 7 EDIFICIO DE CONTROL PRINCIPAL UNIDAD 2
- 8 EDIFICIO DEL GENERADOR DE DIESEL UNIDAD 1
- 9 EDIFICIO DEL GENERADOR DE DIESEL UNIDAD 2
- 10 BODEGA
- 11 EDIFICIO DE OFICINAS
- 12 CASA DE BOMBAS DEL SISTEMA DE AGUA DE CIRCULACION (Us. 1 y 2)
- 13 EDIFICIO DE AGUA DE SERVICIO NUCLEAR (Us. 1 y 2)
- 14 SUBSTACION DE PRUEBAS
- 15 ESTACION CLIMATOLOGICA
- 16 SUBSTACION DE 230 K.V.
- 17 SUBSTACION DE 400 K.V.

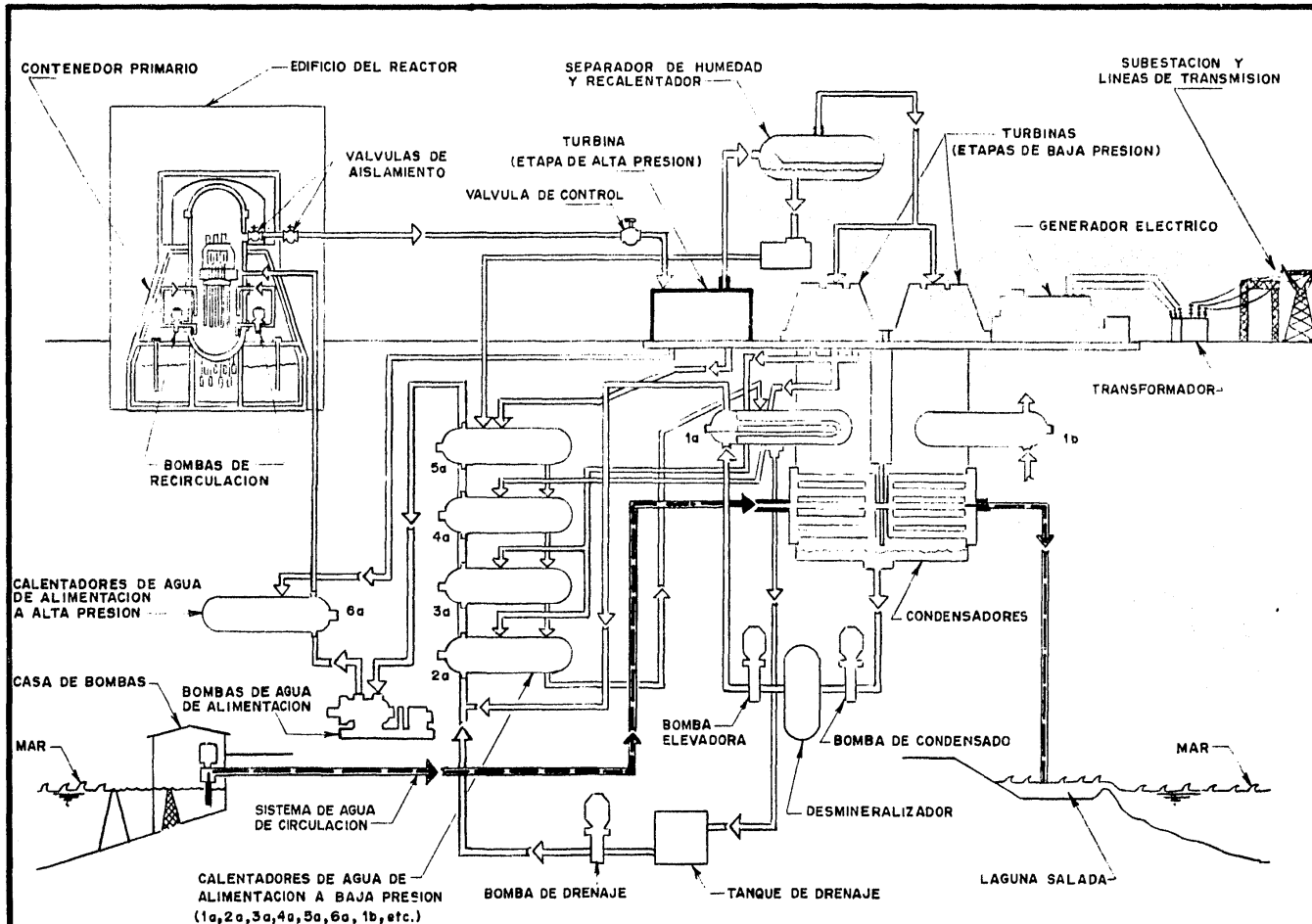
U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TITULO: CONTAMINACION TECNICA DE AGUAS	
AUTOR: <i>Errova</i>	FIGURA No. 2
FECHA: Octubre 1934	

PLANTA DE ARREGLO GENERAL DEL SITIO



UBICACION DE LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE Y LOCALIZACION DE POBLADOS CERCANOS

U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TITULO: CONTAMINACION TERMICA DE AGUAS	
AUTOR: Lejorona	FIGURA No. 3
FECHA: Octubre de 1964	



ESQUEMA DE LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE

U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TITULO: CONTAMINACION TERMICA DE AGUAS	
AUTOR: Roberto	FIGURA No. 4
FECHA: Oct. de 1954	

3.2. Contaminación térmica del agua en la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde.

La Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde, utiliza un Sistema de Agua de Circulación que toma agua del Golfo de México y la descarga a la Laguna Salada, la cual se une nuevamente al Golfo de México.

El parámetro que llama la atención en cuanto a la contaminación del agua en esta Planta Nucleoeléctrica es la temperatura, ésto debido a los efectos que puede provocar a la ecología del lugar. Si esta obra se hubiera construido hace 20 años, cuando no existía ninguna ley que protegiera al ambiente, seguramente se habrían causado serios problemas a la ecología. La Legislación Ambiental en México respecto a Contaminación de Aguas, se publicó en el Diario Oficial de la Federación con el documento denominado " Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación de Agua " (Fechado: Marzo de 1973), emitido por la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA) y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). En Diciembre de 1975 se reformaron los artículos 24 y 70 según Decreto Oficial.

En cuanto a la temperatura máxima permitida que será adicionada al cuerpo receptor de agua, se especifica una $T_{max}=32^{\circ}C$ o la temperatura para condiciones naturales $\pm 10\%$ según artículo 24.

En las aguas del Golfo de México en este sitio, en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre llegan las temperaturas naturales del agua a ser mayores de 30°C en condiciones naturales, cabe mencionar que la temperatura máxima registrada fue de 32.7°C en condiciones naturales.

Por disipación de calor en el cuerpo de agua receptor al mezclarse con ella, se tendrá un incremento de 1°C , pero, habrá una zona de influencia en la laguna, en que las temperaturas serán mayores de 1°C , hasta dispersarse y llegar a 1°C o menos, de tal forma que fuera de ella, el incremento máximo de temperatura no será mayor que 1°C y de esta manera se cumple con el Reglamento en cuanto a contaminación térmica. Como dijimos, existe una área de 0.52 Km^2 , en la cual la temperatura tendrá un papel importante y para la cual se hicieron bastantes estudios, en cuanto a los efectos que produce.

Dado que el sistema de enfriamiento de la Planta Nucleoeléctrica incluye al mar como parte de él, es muy importante contar con datos precisos de la temperatura y la estratificación térmica del agua a la entrada de la Obra de Toma y a la salida en la Descarga. Para cumplir con estos requisitos se realizó un programa continuo de medi

das intensivas en el sitio, usando termómetros de alta - precisión, además se definió una malla, que subdivide la zona costera del sitio y que incluye la Obra de Toma y - la Descarga. Las medidas de la temperatura se realizaron a tres diferentes profundidades (superficie, media y fondo) en cada estación, con termómetros reversibles protegidos, que se introducen en el agua desde la embarcación y se dejan unos 2.5 minutos antes de lanzar el "mensajero", que es un dispositivo propio del termómetro, que lo invierte para dejar fija la temperatura, para poder leerse en la superficie; el intervalo de medición del termómetro es de -2°C a $+45^{\circ}\text{C}$ con una precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

La temperatura máxima registrada en superficie durante - el verano fue de 31.9°C (Julio de 1979), la temperatura máxima de fondo fue de 30.5°C (Septiembre de 1978) y la temperatura máxima promedio diaria en superficie fue de 30.2°C (Septiembre de 1978).

Durante el invierno la temperatura máxima de superficie fue de 21.7°C (Febrero de 1979) y la máxima de fondo fue de 21°C (Enero de 1979). El período de medición fue de - Agosto de 1978 a Julio de 1979.

Los efectos que produce el incremento de la temperatura

son los Físicos y los Biológicos.

3.2.1. Efectos Físicos.

En la zona de la descarga es donde se producen estos -- efectos, debido a que todo efluente calentado en la planta, incluyendo el área de servicio y las purgas de los - sistemas de circuito cerrado llega a los vertedores y de ahí pasa al canal de descarga. Por lo anterior se consi-- dera que el efecto principal causado por el agua de en-- friamiento descargada al mar, es el aumento de temperatu-- ra del agua receptora.

Las características de las zonas de mezclado y el efecto del efluente caliente, que va a tener con respecto al -- tiempo y al espacio sobre las aguas del Golfo de México, fue estudiado mediante un modelo matemático, en el cual, se supuso conservadoramente que la temperatura del agua_ de enfriamiento tendrá siempre un aumento de 10°C en la_ descarga, con respecto de la temperatura natural del mar a la entrada de la Obra de Toma, entonces, la máxima tem-- peratura se presentará únicamente en la vecindad inmedia_ ta del punto de descarga, este proceso ocurre en la re-- gión cercana, donde la cantidad de movimiento de flujo - de agua de la descarga, lleva agua con mayor temperatura

que la del cuerpo receptor, dando como resultado una rápida reducción de temperatura.

Los parámetros empleados en este modelo fueron los siguientes:

- 1) Distancia entre la Obra de Toma y la Descarga.
- 2) Temperatura natural del mar en meses de máxima temperatura.
- 3) Velocidad y dirección de la corriente en el mar.

$$v_1 = 0.1 \text{ m/seg (Condición de casi calma)}$$

$$v_2 = 0.2 \text{ m/seg (Condición media)}$$

$$v_3 = 0.45 \text{ m/seg (Condición máxima promedio)}$$

- 4) Diferencia de la temperatura entre Obra de Toma y la Descarga.

Por otra parte, de las mediciones de temperatura de agua superficial realizada en el sitio, se ha determinado, -- que hasta una profundidad de 6 metros, no existe estratificación apreciable de temperatura, por lo tanto, no habrá pérdida apreciable de calor por convección natural -- en el sentido vertical del cuerpo del agua, lo que dio opción a emplear un modelo bidimensional.

La parte mas interesante para nuestro estudio es la Descarga, cuyas características generales son:

- 1) Velocidad de salida del agua de enfriamiento del canal de descarga = 0.6 m/seg.
- 2) Gasto descargado = 60 m³/seg.
- 3) Incremento de temperatura a través de los Condensadores \approx 10°C.
- 4) Longitud de la región cercana \approx 190 m.

Región cercana.- Zona dentro de la cual se realiza el mezclado entre el agua de la descarga y el agua receptora.

Región lejana.-Zona afectada por el fenómeno estudiado a lo largo de un cierto espacio y dentro de un cierto tiempo, fuera de la región cercana.

En el modelo matemático se consideró que el flujo de agua caliente descargada al mar, adquiere un cierto espesor (capa caliente = 2 metros) a una cierta distancia de la descarga y se supuso que este espesor de la "capa caliente" se mantiene inalterado al alejarse del punto de la descarga.

Se estudió la recirculación de la temperatura del agua dentro de la zona de influencia para diferentes posiciones de la descarga, para lo cual no hay variación apreciable, pero, dado que el modelo no considera los efec--

tos de enfriamiento por oleaje y movimiento de marea, -- se puede decir que dichos efectos contribuirán a reducir el factor de la recirculación de la temperatura.

De las áreas de influencia de cada una de las isotermas que integran la pluma térmica para diferentes velocidades de corriente se observa que el área máxima de influencia corresponde a la isoterma con 0.6°C de recirculación para la velocidad de 0.1 m/seg. (ver figura 5).

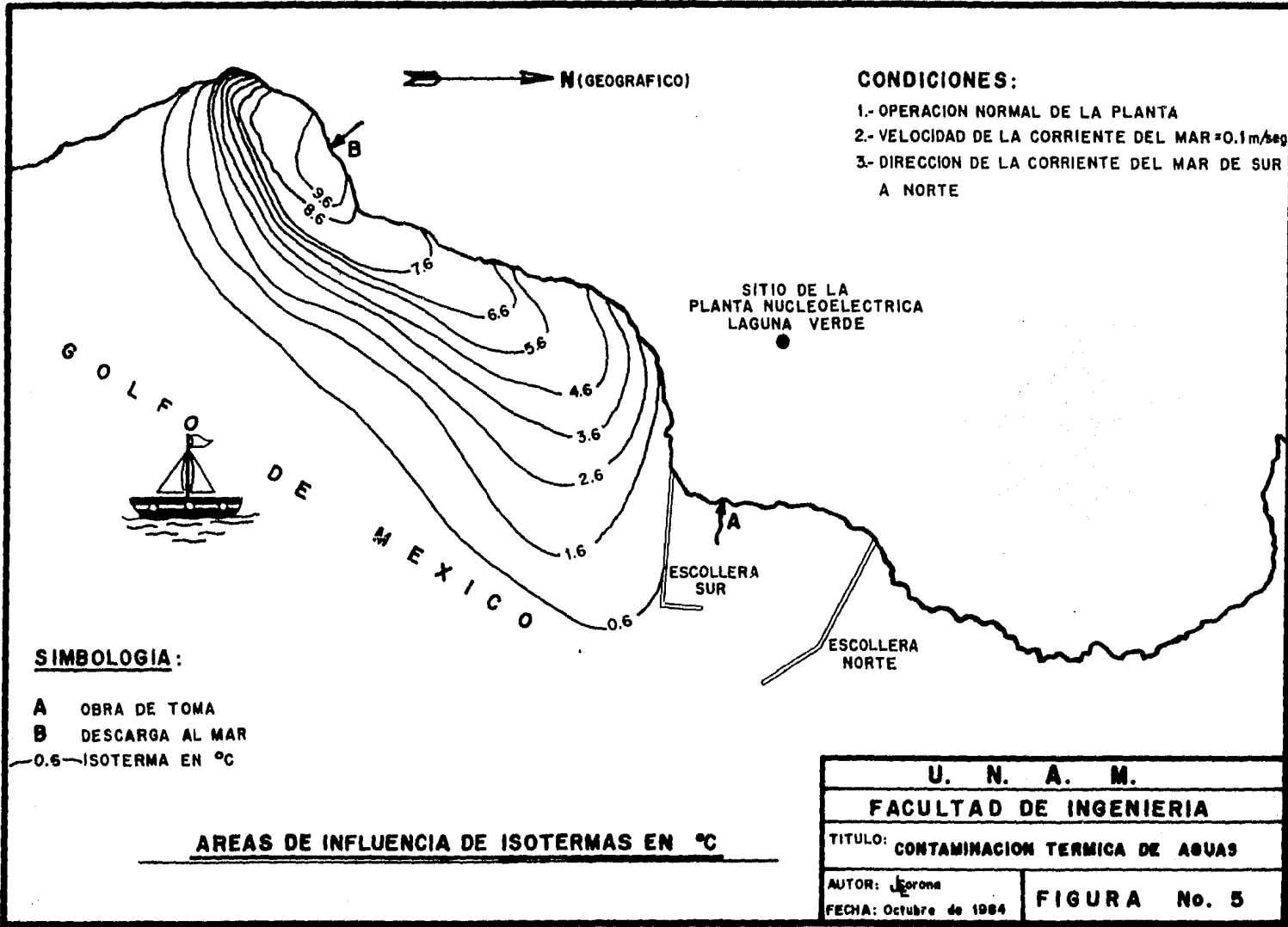
3.2.2. Efectos Biológicos.

Las comunidades biológicas de este sitio pertenecen a ambientes marinos tropicales y subtropicales.

La estructuración de los ecosistemas acuáticos incluye:

a) PLANCTON.- Organismos microscópicos flotantes, tanto animales como vegetales.

a.1) Fitoplancton.- Es muy diverso en aguas tropicales, en donde las diatomeas constituyen la especie predominante durante la mayor parte del año. Se tiene que un 50% de las especies son consideradas como habitantes de aguas templadas o francamente frías, el porcentaje restante es de aguas subtropicales y tropicales. También un 32% de las especies tienen características euritérmicas, lo que induce a pensar que son especies de amplia valencia ecológica.



CONDICIONES:

- 1.- OPERACION NORMAL DE LA PLANTA
- 2.- VELOCIDAD DE LA CORRIENTE DEL MAR = 0.1 m/seg
- 3.- DIRECCION DE LA CORRIENTE DEL MAR DE SUR A NORTE

SITIO DE LA PLANTA NUCLEOELECTRICA LAGUNA VERDE

SIMBOLOGIA:

- A OBRA DE TOMA
- B DESCARGA AL MAR
- 0.6 ISOTERMA EN °C

AREAS DE INFLUENCIA DE ISOTERMAS EN °C

U. N. A. M.	
FACULTAD DE INGENIERIA	
TITULO: CONTAMINACION TERMICA DE AGUAS	
AUTOR: L. Corona	FIGURA No. 5
FECHA: Octubre de 1984	

a.2) Zooplancton.- Se registraron 36 grupos, los más abundantes y frecuentes en orden decreciente fueron: --- *copépoda*, *chaetognata*, *clonacera*, *pteropoda sergistidae*, *lamellibranchiota nauplii*, estos grupos pertenecen al - - holoplancton u organismos que todo su ciclo vital lo realizan en forma de plancton. En el aspecto cuantitativo, la mayor densidad relativa fue registrada en el mes de Diciembre y la menor en Marzo, la máxima densidad relativa coincide con el descenso de temperatura en Diciembre y la mínima con el ascenso en Marzo y Junio.

a.3) Ictioplancton.- Son los huevecillos y larvas de peces, constituyentes temporales de la comunidad planctónica, éstos son estudiados con un objetivo en este esquema ecológico del área costera marina de la Planta Nuclear eléctrica, dado que representa la etapa de desarrollo más sensible y cambios en su entorno, el conocimiento de su presencia y abundancia permitirá evaluar el efecto del funcionamiento de la Planta, que se reflejará a futuro en el mantenimiento de la población de peces adultos.

Es importante notar la ausencia ictioplanctónica de escómbridos, túnidos y carángidos, que son en su mayoría peces de hábitos migratorios, por lo cual se debe relacionar dicha ausencia, con los estudios de desove efec--

tuados en el sitio, sobre la especie migratoria más importante que es la *Scomberomorus Macalatus* (Pez Sierra) durante sus recorridos anuales.

b) NECTON.- Organismos flotantes, capaces de navegar a voluntad, tales como peces, anfibios y algunos invertebrados.

En el caso particular del lugar de la Planta Nucleoeléctrica, la porción más importante de necton debido a la metodología utilizada en los estudios ecológicos acuáticos, son los peces, que como resultado de una investigación se registraron 164 especies de peces, varias de ellas de hábitos migratorios, cuya presencia es temporal e individualmente pudieran considerarse como especímenes de paso momentáneo en sus trayectos migratorios.

c) BENTOS.- Organismos fijados al fondo o que permanecen en éste, pueden también vivir en los sedimentos.

El Bentos fue estudiado y referido en este caso como macroinvertebrados bentónicos.

3.2.3 Efectos en la Obra de Toma.

La Obra de Toma, dedicada a la succión de agua de mar, para el abastecimiento del Sistema de Agua de Circulación, implica a la ecología del lugar, efectos biológi-

cos en ocasiones severos, los cuales deben ser analizados para conocer la magnitud y tratar de implementar medidas que los minimicen en caso de alterar sustancialmente la ecología del lugar; las temperaturas adquiridas en los sistemas de enfriamiento y los productos químicos y biocidas utilizados desde la entrada, deben correlacionarse a los factores biológicos en aquellos organismos que son atrapados en el flujo de entrada de agua de mar por la Obra de Toma.

La Obra de Toma de la Planta Nucleolétrica, se encuentra en la línea costera de la lengüeta basáltica de Punta -- Limón, Ver., a 260 m. al Este de las dos unidades, y dentro de una superficie de calma creada por dos escolleras (Ver fig.2), de la cual se succionará el agua de enfriamiento. La Obra de Toma consta de 8 colectores enrejillados, con 8 bahías o pozos en donde hay instaladas mallas viajeras con una luz de 0.9 cm. para impedir el paso y -- extraer todo objeto u organismos mayores a esa dimensión. El flujo total es de $3600 \text{ m}^3/\text{min.}$ y una velocidad de -- 3.46 m/seg. desde la casa de bombas hasta los condensadores, la velocidad del agua en la entrada al edificio de Obra de Toma es de 0.26 m/seg. y aumenta a través de las rejillas fijas hasta 0.74 m/seg. , disminuyendo las velo-

ciudades de corriente a 0.42 m/seg. dentro de las bahías; estas velocidades pueden ser superadas por la mayoría de la fauna nectónica, así, el atrapamiento será mínimo y solo organismos nectónicos de tallas larvarias sufrirán los efectos subsecuentes al atrapamiento, así mismo, algunos juveniles que no respondan inmediatamente al estímulo del biocida que se descarga después de la rejilla fija. Debido a su tamaño, el plancton en su totalidad pasará a través de las mallas viajeras.

Durante el tiempo de recorrido a través del condensador, el incremento de temperatura ΔT será de 10°C hasta llegar al canal de descarga donde solamente se disminuirá menos de 1°C de este incremento térmico.

La biota marina que se analizó anteriormente, está expuesta a dos efectos fundamentales, el atrapamiento de animales nectónicos y bentónicos, y el arrastre de microorganismos planctónicos por el agua entubada a través de los sistemas de enfriamiento.

En cuanto al atrapamiento de animales nectónicos y bentónicos en el caso de los sistemas de enfriamiento de la Planta Nucleoeléctrica, solo especies muy pequeñas como los gobios, los blénidos y algunos cupleidos de tallas menores serán absorbidos hasta las mallas viajeras, pero

peces mayores podrán evitar estas corrientes e incluso volver a flanquear las rejillas fijas y salir del área de peligro.

Los peces son organismos que por sus características sensoriales, responden a estímulos por arcos reflejos instantáneos, sus sensores captan grados mínimos de temperatura y presión, además cuentan con quimiorreceptores alojados en sus sacos nasales y en organos sensores alojados en su piel, de manera que un pez pequeño puede alcanzar su velocidad normal en un vigésimo de segundo, desarrollando para ésto, un empuje inicial de casi cuatro veces su peso, aumentando dicha velocidad con el incremento de tamaño, de esta forma, solo corrientes muy poderosas podrían llevarlos a sufrir una colisión, se puede concluir que no estarán en peligro, las especies neotónicas mayores como cardúmenes juveniles y por lo tanto, las pesquerías más cercanas no resentirán efecto alguno en sus volúmenes de pesca.

En cuanto a la población planctónica debe considerarse a ésta, como una población a la deriva, que al llegar a la zona de influencia de la toma será succionada sin oponer ninguna resistencia.

Otro efecto denominado arrastre, se presenta después de que por las mallas se pasen todos los organismos microscópicos, incluyendo estadíos larvarios de peces, moluscos

y crustáceos (meroplancton) y otros organismos macroscópicos que tengan un talla y grosor menores de 0.9 cm. que recibirán los efectos siguientes:

a) Efectos mecánicos.- El zooplancton que entre (tanto meroplancton como holoplancton) sufrirá un deterioro en sus membranas celulares debido a la presión y al rozamiento (abrasión) contra las paredes; el fitoplancton no sufrirá estas consecuencias por la rigidez de sus paredes celulares y por carecer de estructuras vibrátiles -- locomotrices.

b) Efecto de presiones.- El aumento de presión puede alterar el sistema circulatorio de algunas larvas, el fitoplancton parece ser mas tolerante a las presiones encontradas durante el arrastre, así el daño observado en el fitoplancton durante el trayecto es atribuido al exceso de temperatura y a la toxicidad del cloro.

c) Efectos térmicos.- Como hemos dicho antes, el agua sufrirá un incremento de 10°C respecto de la temperatura natural, esto repercutirá en todos los organismos que han logrado llegar a este sistema.

En zonas tropicales y subtropicales las especies viven en temperaturas cercanas al límite de tolerancia para su supervivencia, por lo que, el cambio de temperatura a --

que estarán sometidas durante el paso por la tubería de los condensadores puede afectar a los organismos tanto euritérmicos como estenotérmicos, de hecho debe pensarse en una mortalidad total de holoplancton y meroplancton (zooplancton). En climas templados se contempla la posibilidad de una supervivencia zooplanctónica bastante grande, incluso en algunas Plantas Nucleoeléctricas se ha demostrado que el efecto térmico es leve, dado que las temperaturas alcanzadas no rebasan las temperaturas de tolerancia habituales del plancton de 35°C y en algunas diatomeas hasta de 40°C. En climas tropicales como nuestro caso, el agua que entra tiene una temperatura mayor que la de los climas templados y su incremento de temperatura llegará las más de las veces arriba de la máxima temperatura tolerada por el plancton en los meses de verano. En la tabla 1 se presentan los intervalos de temperatura hábitats normales de estadios larvarios de especies de peces residentes y migratorios.

d) Efecto Sinérgico.- De acuerdo a estudios de efecto biológico del cloro residual, se ha observado que se presenta letalidad a concentraciones mayores de 1 mg/lt.

Un efecto terminal sinérgico de temperatura-cloro libre, determinará la asfixia y muerte celular, debido a que la capacidad de solubilidad del oxígeno en aguas calientes

es muy baja y el poder biocida del cloro aumenta 50% por cada 10°C que la temperatura aumente, así pues, sería absurdo considerar la supervivencia de los organismos - - arrastrados hacia los sistemas de enfriamiento.

Aunque el daño que se causa a la ecología del lugar, no puede negarse, se ha estimado que la mortalidad debida - al arrastre de gran número de especies en estadios planctónicos, es mucho menor, comparada con la mortalidad debida a causas naturales como: predación y ataques bacterianos. También se debe recalcar que la mayoría de las - especies marinas tienen una gran capacidad de reproducción que puede compensar la mortalidad masiva de sus etapas preadultas , por último, el plancton que es arrastrado y subsecuentemente muerto, permanecerá como alimento disponible al ser descargado nuevamente al ambiente marino.

3.2.4 Efectos en la Descarga.

La Obra de Descarga se encuentra al Sur de las dos Unidades y llega a la Laguna Salada, el gasto de descarga será de 60 m³/seg. aproximadamente y con una velocidad de 0.65 m/seg.

Un efecto de índole biológico se provocará en una área, - que es la Descarga, aquí se podrán observar dos efectos;

uno físico que será el térmico y otro químico provocado por el biocida que se adiciona al agua succionada a la entrada, para prevenir las incrustaciones de organismos en los sistemas de enfriamiento.

3.2.4.1 Efecto Térmico.- Las condiciones más críticas que se presentarán durante los meses de Junio, Julio y Agosto, en una área de 0.52 Km² donde la temperatura promedio tendrá un incremento de 5°C, que sumado a la temperatura del agua en esa área podrá llegar a 35°C en total, entonces, debe presentarse lo que se denomina Efecto Térmico en los organismos planctónicos y en la mayoría de los que se presentan en la tabla 1.

Desde el punto de vista ecológico, la temperatura es considerada como un factor controlador de la vida, en virtud de que las especies están adaptadas a valores determinados de este parámetro; los cambios bruscos preponderantemente llegan a tener efectos deletéreos sobre los organismos.

En zonas tropicales y subtropicales las especies viven en temperaturas cercanas al límite de tolerancia para su supervivencia, por lo que cualquier cambio incluso pequeño, puede afectar a los organismos tanto euritermos como estenotermos.

T A B L A 1

INTERVALO DE TEMPERATURA DE HABITAT NORMAL EN ADULTOS, JUVENILES
Y LARVAS, DE ESPECIES DE PECES MIGRATORIOS Y RESIDENTES

E S P E C I E S		INTERVALO DE TEMPERATURA DE HABITAT NORMAL (EN °C)			TEMPERATURA DE DESOVE (EN °C)
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	ADULTOS	LARVAS	JUVENILES	
Raya Mariposa	<i>Gimnura Micrura</i>	15 - 30	— — — —	— — — —	— — — —
Sábalo	<i>Megalops Atlanticus</i>	— — — —	— — — —	12 - 40	— — — —
Sardina	<i>Opisthonema Oglinium</i>	18 - 29	18.5 - 30.9	5 - 34.9	22.5 - 30
Chile	<i>Synodus Foetens</i>	8.3 - 31.7	— — — —	— — — —	— — — —
Barracuda	<i>Sphyræna Barracuda</i>	18 - 23.3	23.6 - 27.1	34.1 - 35	22.8 - 23
Ratón	<i>Polydactilus Octonemus</i>	14.8 - 34.9	— — — —	— — — —	— — — —
Chucumite	<i>Centropomus Parallelus</i>	— — — —	— — — —	28 - 34.5	— — — —
Robalo Prieto	<i>Centropomus Poeyi</i>	18.5 - 35	— — — —	— — — —	— — — —
Robalo Blanco	<i>Centropomus Undecimal</i>	28 - 31.5	— — — —	— — — —	— — — —
Constantino	<i>Centropomus Pactinatus</i>	18.5 - 31.5	— — — —	— — — —	— — — —
Horqueta	<i>Chloroscombrus Chrysurus</i>	— — — —	— — — —	20.8 - 33	26 - 29
Pámpano	<i>Trachinotus Carolinus</i>	16 - 31.7	— — — —	— — — —	— — — —
Jorobado	<i>Selene Setapiuis</i>	13.3 - 30	— — — —	14 - 29.2	— — — —
Papelillo	<i>Selene Vomer</i>	16 - 31.1	— — — —	15 - 31.9	— — — —
Jurel	<i>Carauxs Hippos</i>	18 - 36.6	20.4 - 29.4	— — — —	— — — —
Jurel	<i>Carauxs Latus</i>	— — — —	20.4 - 29.4	20 - 22.2	— — — —
Cojinuda	<i>Carauxs Fusus</i>	20 - 30.8	20.4 - 29.4	20.4 - 29.4	— — — —
Huachinango	<i>Lutjanus Campechanus</i>	12.8 - 30.6	— — — —	15.4 - 30	— — — —
Pargo Prieto	<i>Lutjanus Gryseus</i>	11 - 27.8	— — — —	— — — —	— — — —
Jiniguaro	<i>Haemulon Aerolineatum</i>	— — — —	— — — —	16.2 - 30	— — — —
Peto	<i>Acanthocybium Solandri</i>	— — — —	27 - 29.3	— — — —	— — — —
Sierra	<i>Scomberomorus Maculatus</i>	20 - 31	28.4 - 30.5	28.4 - 32	28.6 - 29
Angel	<i>Prionotus Scitulus</i>	10 - 32.5	— — — —	— — — —	— — — —
Lenquado	<i>Syacium Gunteri</i>	15 - 30	— — — —	— — — —	— — — —

Comunidades Planctónicas.- El plancton es considerado como uno de los organismos más sensibles a los cambios de temperatura, especialmente a temperaturas mayores de 31°C y principalmente a 35°C (temperaturas que serán sobrepasadas dentro del área de 0.52 Km²), existe una mortalidad masiva en estos microorganismos, debiéndose ésta a la desnaturalización inmediata de las proteínas.

Debido a que el plancton debe considerarse como una comunidad con escasos recursos propios, para desplazamientos voluntarios largos que los puedan conducir a zonas más favorables, se debe esperar un 100% de mortalidad en el área de 0.52 Km², aún los organismos zooplanctónicos tienen aparatos móviles muy limitados, que no les permiten grandes desplazamientos, ni velocidades de nado que les puedan librar de medios desfavorables, por lo tanto, deben considerarse como estáticos a la deriva, este porcentaje de mortalidad disminuye de manera zonal conforme las temperaturas vayan descendiendo gradualmente.

Sin embargo, debido al efecto letal en el plancton no debe descartarse la posibilidad de que represente materia orgánica cuya energía podrá ser utilizada por la biota marina de las aguas adyacentes a la zona de descarga aquí estudiada.

El incremento de temperatura provocado por la descarga de aguas sobrecalentadas, detiene el desarrollo evolutivo de la comunidad fitoplanctónica; probablemente se estabilizaría en la etapa caracterizada por la proliferación de cianofitas y dinoflageladas.

Tanto las cianofitas como las dinoflageladas son especies termófilas, capaces de desarrollarse a las temperaturas que teóricamente se encontrarán en el área cuando funcione la planta; además, la adición térmica favorece el proceso de desnitrificación de los compuestos inorgánicos destrogenados, hecho que determina una alteración del equilibrio fósforo/nitrógeno que puede desembocar en una proliferación masiva de las cianofitas, organismos capaces de efectuar la fijación del nitrógeno molecular, tal capacidad representa una ventaja sobre el grupo de las diatomeas que se distingue por sus exigencias de sales nitrogenadas.

El efecto térmico afecta el metabolismo de los organismos activando todas sus funciones, en el zooplancton, la actividad ciliar se incrementa y por ende los requerimientos nutricionales, que serán los propios productores primarios (fitoplancton) y que gradualmente escasearán,-

de esta manera el desarrollo y el crecimiento de las comunidades planctónicas no serán favorecidas sino hasta fuera del área ya indicada.

Comunidades Nectónicas y Bentónicas.- Los peces son organismos capaces de detectar cambios ligeros en las temperaturas ambientales, tanto en ascenso como en descenso de éstas. Este sentido térmico se encuentra alojado en terminaciones nerviosas sensoriales en la piel, en algunas especies las zonas más sensibles se alojan de preferencia en la piel de las regiones anteriores. También en los elasmobranquios (tiburones, rayas y torpedos) existen sensores, conocidos como ámpula de Lorenzini, alojada en la línea lateral que les permite sentir los cambios térmicos.

La capacidad de sensibilidad a la temperatura, les permite poder orientarse y dirigirse a ambientes más adecuados, teniendo la posibilidad de rehuir aquellas zonas en donde las temperaturas no les son favorables y llegar a aguas apropiadas según corresponda a sus intervalos térmicos.

Se puede predecir así, que el comportamiento ante las variaciones térmicas conducirá a la comunidad nectónica a

estar poco expuesta a efectos térmicos, tanto en peces de hábitats estacionales, como aquellos de hábitats migratorios que pasan frente al sitio, ya que solo los centropómidos (robalo prieto y chucumites) y los tarpones (sábalo) podrán habitar cerca de la zona del punto de descarga, puesto que su límite de tolerancia máxima es de 35°C y 40°C respectivamente (ver tabla 1).

Los organismos bentónicos que se encuentren cercanos al punto de descarga, recibirán un efecto térmico, que hará, que debido a su capacidad de desplazamiento, emigren -- aquellos organismos que puedan hacerlo, como los lenguados, cangrejos, jaibas, rayas, torpedos, etc. y que los organismos, como caracoles, almejas, etc. mueran al no soportar el aumento de temperatura; al inicio de las operaciones de la planta, es posible que algunos organismos puedan colonizar ciertas zonas donde la temperatura no alcance valores altos.

Aclimatación.- Los efectos de la temperatura son derivados en gran medida por el pasado histórico térmico de -- una especie y trasciende en su tolerancia a los incrementos de este parámetro y abre un camino al fenómeno denominado aclimatación.

La temperatura de aclimatación se refiere al nivel térmico al cual un organismo se ajusta fisiológicamente. La habilidad de aclimatarse es limitada, sin embargo se ha visto que muchos organismos se aclimatan más rápidamente al incremento de temperatura que al decremento.

El zooplancton tropical resiste la temperatura de acuerdo a su límite crítico de tolerancia; el grado de aclimatación de las especies en temperaturas altas es desconocido.

La falta de aclimatación a una nueva temperatura puede producir una condición conocida como "choque térmico", ésto puede ocurrir cuando el tiempo de aclimatación no es suficiente debido a un cambio térmico súbito en el agua. El problema de choque térmico para las etapas pelágicas es crítico en los medios marinos; muchas de las especies bentónicas y del necton tienen etapas pelágicas en alguna parte de su ciclo de vida y consecuentemente corren el riesgo de estar sujetos a cambios bruscos de la temperatura, acentuándose la debilidad de la especie con el incremento de la temperatura, en las etapas larvarias y juveniles.

La aclimatación involucra la supervivencia a las tempera-

turas habituales extremas; las tasas metabólicas se reducen cuando son expuestas por algún tiempo a temperaturas ambientales elevadas y la aclimatación del metabolismo depende de los cambios naturales de temperatura.

En especies euritermas, la reproducción y la crianza se pueden efectuar en un rango más estrecho de temperatura de la que pueden tolerar en estado adulto, sugiriendo -- además, que el incremento de temperatura dado por los -- efluentes pueden evitar la reproducción, de manera que, -- para que la población mantenga un equilibrio, se requiere un abastecimiento continuo de individuos de las áreas no afectadas. A este respecto, se espera que la tasa de renovación de por sí acelerada del plancton de la zona circunvecina alimente al área térmicamente afectada y de esta manera amortigüe los efectos señalados.

Los requerimientos de temperatura de la gran mayoría de la flora y fauna planctónica, béntica y pelágica, son -- desconocidos y poco estudiados, se sabe que de 1960 especies de peces de los Estados Unidos de América y Canada, menos del 5% han sido estudiados con referencia a sus -- respuestas a la temperatura y además, que en estos estudios que se llevan a cabo, no se realiza el estudio com-

pleto para las especies; muchos datos se limitan al adulto, algunos a las formas larvarias y otros al desarrollo embrionario.

3.2.4.2 Biocidas.- El hipoclorito de sodio se irá disminuyendo en su concentración original de 1.2 mg/lt, debido a la oxidación de la materia orgánica presente, proveniente de los organismos destruidos; de tal manera que - al llegar al pozo de sellos, la concentración se habrá - reducido hasta 0.2 mg/lt de cloro residual, además debido a la evaporación que se producirá durante el recorrido por el canal de descarga hasta llegar al mar, se habrá reducido a niveles más bajos. Por otra parte, en la descarga se mezclará y diluirá rápidamente con las aguas costeras, por lo que, el cloro residual se reducirá a - cero en un periodo de tiempo muy corto debido a los efectos combinados de dilución y demanda de cloro de las -- aguas receptoras, por lo cual los efectos serán difícilmente detectables.

CAPITULO IV

4.- CONCLUSIONES.

CAPITULO IV

4.- CONCLUSIONES.

Debido a que la Planta Nucleoeléctrica Laguna Verde no está todavía en operación, no se puede decir que los estudios realizados sobre la contaminación térmica del agua fueron los adecuados, los daños esperados a la comunidad biológica del sitio pueden resultar muy diferentes a los que se presenten en la realidad.

Lo positivo de todo esto, es que se planeó y se hicieron todos los estudios considerados como necesarios, para poder tomar las medidas de control para el buen funcionamiento de la planta. Cabe mencionar que se construyó un laboratorio de Ingeniería Ambiental, el cual se encarga de todo lo referente a la contaminación ambiental de la Planta Nucleoeléctrica, fue precisamente el personal de este laboratorio quienes se encargaron de hacer los estudios de la ecología del sitio, de las mediciones de temperaturas y de elaborar el modelo matemático.

La localización de las instalaciones de obra de toma y de la descarga de la Planta Nucleoeléctrica, parece estar bien seleccionada, es decir, se encuentra lo más cercano posible al mar, sin descuidar los niveles mínimos para evitar daños si se llegase a presentar algún fenómeno

no natural de magnitud máxima, también se buscó estar -- cercano a una laguna para que los canales de descarga no se hicieran de longitud muy grande.

Un buen acierto fue el haber seleccionado la Laguna Salada como cuerpo receptor directo del agua contaminada térmicamente, por las siguientes razones:

1a. Porque la descarga no se hace directamente al mar, -- lo que dá una buena imagen con respecto a la contamina-- ción del mar.

2a. Porque en un sitio de ella, alejado de la descarga, existe contacto directo con las aguas del mar, y por lo tanto no es un agua estancada, sino que tiene circula-- ción.

3a. Ya que la laguna se encuentra ubicada dentro del -- área restringida y bajo control de Comisión Federal de -- Electricidad, se pueden adoptar nuevas medidas de control de la contaminación, que en un momento dado se conside-- ren pertinentes, o impedir cualquier tipo de actividad en la laguna.

La selección del sitio sobre un promontorio de basalto, en el cual se desplantan todas las instalaciones de la

planta, fue resultado de estudios muy profundos de sismicidad y geología del lugar. El aspecto sísmico es muy importante por dos razones básicas:

1a. El público debe estar protegido de la liberación accidental de radiactividad.

2a. Cuando un reactor sufre un paro durante o después de un sismo, el paro de manera ordenada y su seguridad deben garantizarse. Y también debe guardar seguridad después del paro.

Además de las razones anteriores, existe la de ser la primera Planta Nucleoeléctrica en nuestro país y su buen funcionamiento es muy importante.

Tanto la construcción como la operación de la Planta Nucleoeléctrica, cumplirán con las normas y criterios de diseño más apropiados, su operación seguirá los procedimientos específicos previstos y elaborados de acuerdo con las experiencias de otras plantas semejantes. En particular su diseño, construcción y operación serán regidos por un programa de garantía de calidad muy efectivo y estarán regulados por la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, para asegurar que la planta esté diseñada y construida correctamente y que opere en condi-

ciones de absoluta seguridad.

En cuanto a la contaminación térmica del agua se puede concluir que al menos en una zona de la descarga, sí se va a presentar la contaminación por temperatura de una manera inevitable y con sus consiguientes daños y alteraciones a la zona en estudio. Aunque hasta ahora todo lo que se diga, quedará sujeto a lo que en realidad suceda en el momento en que entre en operación la planta, sí -- podemos decir que los estudios realizados y aún más, el modelo matemático de disipación de la temperatura, dan una idea clara de que se están haciendo las cosas bien planeadas y tratando de contaminar de la menor forma posible.

Haciendo una valuación de la contaminación que se espera tener y comparándola con los beneficios de este nuevo tipo de obtención de energía eléctrica en nuestro país, -- pienso que la contaminación resulta razonablemente tolerable. Recordemos que la capacidad con dos unidades instaladas de la Planta Nucleoeléctrica será de 1350 MW, es decir, mayor que las Plantas Hidroeléctricas de Malpaso o de Infiernillo y que de las Plantas Termoeléctricas de Tula o de Valle de México, además, el uso del Uranio como combustible, permitirá substituir parcialmente al --

petróleo, gas o carbón en la generación de energía -- eléctrica y lograr así un uso más racional de los recursos energéticos no renovables.

Todo lo que se ha enunciado es referente a la contaminación térmica del agua, pero, podría pensarse en una contaminación diferente de la térmica, que es la radiactiva, pero en realidad ésta no se presenta, ya que el agua de enfriamiento que es tomada del Golfo de México y regresa da a la Laguna Salada, en ningún momento se comunica con el agua de enfriamiento propia del reactor. La única función que tiene el agua de enfriamiento proveniente del - Golfo de México, es la de enfriar y condensar el vapor - que fue utilizado en la turbina, con el fin de alimentar nuevamente al reactor con el agua que se obtiene de la - condensación (ver figura 2).

REFERENCIAS.-

- 1.- Reporte de Temperaturas. Laguna Verde, I de I
Mayo de 1978.
- 2.- Informe Ambiental de la P.N. Laguna Verde.
Capítulo III, Sección 3.1 "Efectos de la operación -
del sistema de Disipación de Calor". Ingeniería Am--
biental.
- 3.- Final Safety Analysis Report. Vol.I
Laguna Verde Nuclear Power Station.
- 4.- Ecología "Serie de Biología Moderna".
Eugene P. Odum, Mayo de 1983.
- 5.- Contaminación Térmica de Ríos y Lagos.
Stolzenbach, Keith D.
- 6.- Cuestión de vida o muerte "Historia ilustrada de la
Ecología"
Giordano Repossì.
- 7.- Nuclear Power Plant System and Equipment.
Kenneth C. Lish.