

EVALUACION COMPARATIVA DE LAS CONDICIONES HIDROQUIMICAS EN EL SISTEMA LAGUNAR TACARIGUA-UNARE - PIRITU, - VENEZUELA

TAIZO OKUDA & JOSÉ BENÍTEZ-ALVAREZ

Instituto Oceanográfico, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela

RESUMEN: Se efectuaron observaciones hidroquímicas en las lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu durante los años de 1980-1983, con el fin de conocer posibles cambios en comparación con años anteriores. En la laguna de Unare se observó un cambio marcado de la salinidad (de hipersalina a hiposalina), es decir, este parámetro llegó a más de 90‰ en la época seca de 1962-1964, causando una mortalidad de peces, mientras que de 1980-1983 aún en la época seca la salinidad no llegó a 20‰. Esta notable disminución de la salinidad se debió al suministro controlado del agua dulce desde la represa a través del río Unare. Por el contrario en la laguna de Tacarigua no se observaron cambios apreciables de salinidad entre los años 1967-1969 y 1980-1983. En la laguna de Píritu, se observaron altas salinidades de más de 60‰ en la época seca debido a la limitación de la entrada del agua dulce. Se notó una reducción marcada del contenido de amonio, y de nitrógeno orgánico disuelto y un aumento del fosfato en la laguna de Unare en los años 1980-1983 en comparación con los años 1962-1964. Por otro lado, se presentó aumento notable del nitrógeno orgánico particulado en la laguna de Tacarigua en los años 1980-1983. En la laguna de Unare, se aprecia muy bajo contenido de fósforo orgánico (formas disueltas y particulada) si lo comparamos con el de las lagunas de Tacarigua y Píritu. La más alta concentración de fosfato se encontró en la Laguna de Píritu, la del nitrógeno inorgánico y del fósforo orgánico en la laguna de Tacarigua y la del nitrógeno orgánico en la laguna de Unare. En las lagunas de Tacarigua y Píritu se presenta una diferencia notable en la distribución regional de la salinidad y nutrientes, mientras que no se presenta apreciable diferencia regional en la laguna de Unare. En las lagunas de Tacarigua y Píritu el flujo de las aguas de los ríos es opuesta a la dirección prevaleciente de los vientos fuertes (E-NE). Esto causa una limitación de la mezcla de las aguas en dichas lagunas, mientras que en la laguna de Unare tiene la misma dirección, la cual favorece la mezcla de las aguas.

ABSTRACT: After the earlier hydrochemical observations made in the Tacarigua-Unare lagoon system between 1962-1964 and 1967-1969 respectively, the present paper evaluates the possible subsequent changes that would have taken place, based on the observations made between the years 1980-1983 in the same lagoon system. In addition, for a comparative analysis and understanding, hydrochemical studies were also made in the Píritu lagoon, which lies very close to the Unare Lagoon. In Unare, Lagoon, a marked change in the salinity was observed from hypersaline to hyposaline, i. e., a maximum salinity of more than 90‰ was observed in the dry season between 1962-1964, resulting in fish mortality, while in the years between 1980-1983, the maximum salinity did not reach 20‰ even in the dry season. This appears to be clearly attributable to the freshwater supply under a controlled operation from the "La Tigra" dam to the Unare Lagoon. A high salinity of more than 60‰ was observed in the Píritu Lagoon during the dry season probably due to a notably reduced supply of freshwater. On the other hand, there is no appreciable change in the salinity in Tacarigua Lagoon between the years 1967-1969 and 1980-1983. In the Unare Lagoon, a notable reduction in the ammonium content and dissolved organic nitrogen and an increase in phosphate were observed in the years between 1980-1983, in comparison with the years 1962-1964. In the Tacarigua Lagoon, the particulate organic nitrogen showed a remarkable increase between the years 1980-1983. Very low values of organic phosphorus (both dissolved and particulate) were observed in the Unare Lagoon as compared with the other lagoons. The highest concentrations of phosphate were observed in the Píritu Lagoon; those of inorganic nitrogen and organic phosphorus in the Tacarigua Lagoon and those of organic nitrogen in the Unare Lagoon. A notable difference in the local distribution of salinity and nutrient is found in the Tacarigua-Píritu lagoons; however, there is no appreciable difference in the local distribution of these parameters in the Unare Lagoon. In Tacarigua-Píritu lagoons, the river water discharges in an opposite direction with respect to the prevalent direction of strong winds. This causes considerable limitation to water mixing in these lagoons. On the other hand, in the Unare lagoon, both river water and prevailing winds have the same direction, which facilitates water mixing, resulting in little difference in the local distribution of the hydrochemical parameters.

INTRODUCCION

El ambiente de las lagunas costeras forma un ecosistema de gran importancia socio-

económico, ya que posee una alta productividad orgánica y ofrece un vivero natural para los peces juveniles, así como características geomorfológicas que facilitan el tra-

bajo para la pesca artesanal y la acuicultura e igualmente para el turismo y la recreación. Las lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu son albuferas que están situadas en la costa centro-nororiental de Venezuela (Fig. 1) donde se realiza una elevada actividad pesquera. Esta es una fuente importante para la economía regional, especialmente para los pobladores que habitan en estas regiones.

Se aprecia una diferencia notable en la situación geográfica y las condiciones climatológicas entre esta tres lagunas. Las lagunas de Tacarigua y Píritu se comunican permanentemente con el mar a través de sus bocas, la laguna de Unare se comunica con el mar sólo durante la época de lluvia a través de la boca del río asociado con la laguna.

La laguna de Tacarigua tiene un influjo del agua del río durante todo el año. Por otro lado, las lagunas de Unare y Píritu recibían agua del río sólo en la época lluviosa, pero a partir del año 1979, se controló el suministro de agua dulce de la represa "La Tigra" a través del río Unare, la cual evitó la gran mortalidad de peces durante la época de sequía debido a altas salinidades. La laguna de Tacarigua se ubica en la zona húmeda, mientras que las lagunas de Unare y Píritu en la zona árida, mientras que en la laguna de Tacarigua no sucedió este fenómeno. Después del inicio del suministro controlado del agua dulce, no ocurrió más mortalidad de peces en la laguna de Unare.

Para evaluar los posibles cambios ocurridos en las condiciones hidroquímicas en las lagunas de Tacarigua y Unare durante el período transcurrido después de las últimas observaciones realizadas desde 1967-1969 en la laguna de Tacarigua y desde 1962-1964 en la laguna de Unare (OKUDA *et al.* 1965 a y b; OKUDA 1965, 1968 y 1981, GAMBOA *et al.*, 1971), se efectuaron observaciones hidrográficas y químicas durante los años desde 1980-1983. Simultáneamente, se realizaron las mismas observaciones en la laguna de Píritu con el fin de conocer las condiciones hidroquímicas de esta laguna, ya que no se habían hecho estas observaciones antes, así como

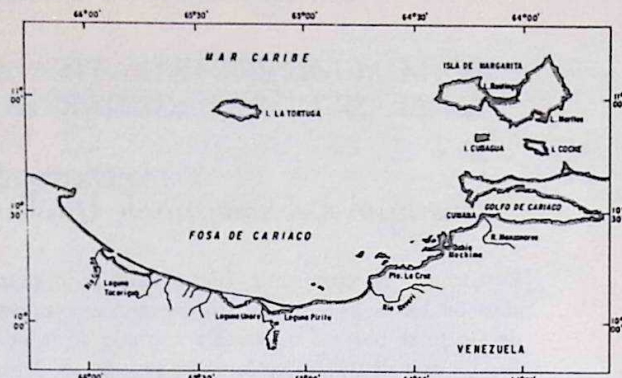


Fig. 1. Localización del sistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu en la costa centro-nororiental de Venezuela.

también, para hacer una mejor evaluación comparativa de las mencionadas condiciones en el sistema lagunar Tacarigua-Unare-Píritu, tomando en consideración las situaciones geográficas y condiciones climatológicas en estas regiones.

DESCRIPCION DE LAS AREAS DE ESTUDIO

La condición climatológica es uno de los factores determinantes en las condiciones hidroquímicas de lagunas costeras. Las variaciones anuales de la precipitación y la evaporación en las áreas de estudio (Fig. 2) muestran una diferencia característica entre el área de la laguna de Tacarigua y el área de las lagunas de Unare y Píritu. El área de la laguna de Tacarigua se caracteriza porque la precipitación es mayor que la evaporación aunque la diferencia no es muy grande. Mientras que el área de las lagunas de Unare y Píritu presenta un amplio exceso de la evaporación sobre la precipitación siendo aproximadamente de 1.500 mm por año de diferencia entre ambos parámetros. Esta situación climatológica se refleja notablemente en las condiciones hidrográficas de estas lagunas. Esto puede causar una elevación de la salinidad en las lagunas de Unare y Píritu si no se mantienen intercambio de agua entre las lagunas y el mar, y/o el suministro constante de las aguas de ríos para compensar la pérdida de agua por la evaporación.

La laguna de Tacarigua está separada del Mar Caribe por una barra, cuya anchura varía entre 300 y 1000 m. Una de las características geográficas de esta laguna es el desarrollo de manglares en las costas a lo largo de la laguna y en la parte central de la misma presentando apariencias de islas. La laguna tiene una longitud de 28 km en dirección este-oeste, con una anchura máxima, en la dirección norte-sur de unos 5 km aproximadamente (Fig. 3). La profundidad media varía entre 1 y 1,4 m y el área cubierta por las aguas de la laguna tienen 63 km² y un área incluido la zona de manglares desarrollados en la parte central de la laguna de 78 km² aproximadamente (OKUDA, 1968). La laguna de Tacarigua se comunica con el mar a través de una boca durante todo el año y recibe continuamente agua dulce del río Guapo que desemboca en la zona de Guapo (A).

Las lagunas de Unare y Píritu están asociadas con el río Unare que aporta agua dulce a ambas lagunas (Fig. 4). Estas lagunas están separadas del mar por una barra, cuya anchura varía entre 200 y 600 m en la laguna de Unare y entre 100 y 200 en la laguna de Píritu. Se presenta una diferencia notable entre ambas lagunas, es decir, en la barra de la laguna de Píritu se desarrolla una densa vegetación de manglares, mientras que en la laguna de Unare no se observa esta situación. Estas dos lagunas tienen poca profundidad y ésta varía entre las épocas de sequía y lluvia, en la laguna de Unare la profundidad media, se observó entre 0,5 y 1,5

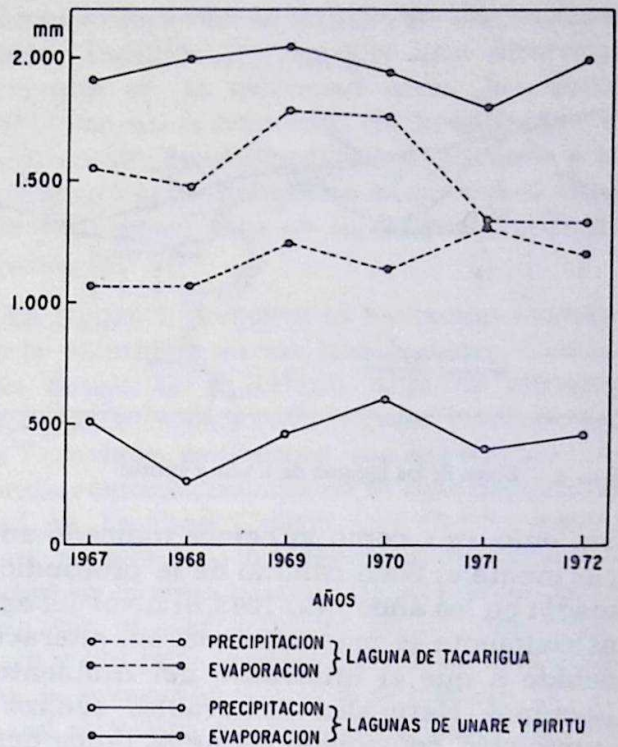


Fig. 2. Variaciones anuales de precipitación y evaporación.

m en los años 1962-1964 y entre 0,9 - 1,1 m en los años 1980-1983, mientras que en la laguna de Píritu varió entre 0,4 y 0,7 (en los años 1980-1983). La laguna de Unare tiene una longitud de 22 km en dirección este-oeste con una anchura máxima de 5,5 km en dirección norte-sur. El área superficial cubierta por las aguas en 1962-1964 varió de acuerdo con las estaciones seca y lluviosa (44 km² en la época seca y 64 km² en la época lluviosa).

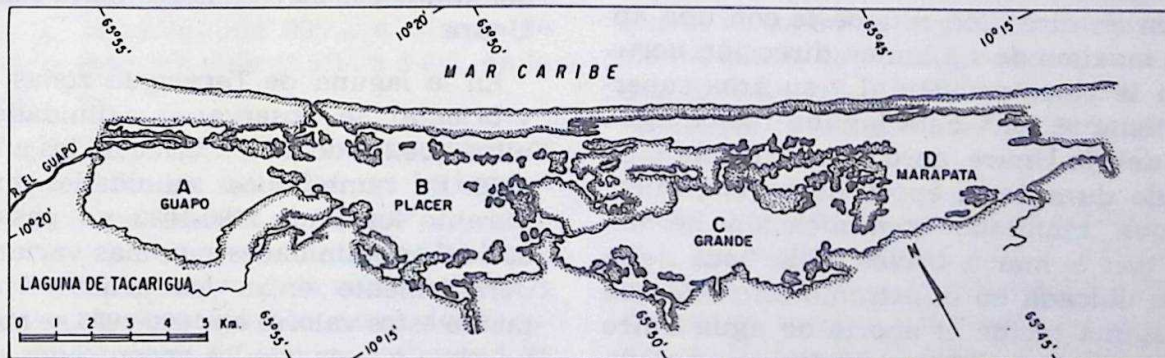


Fig. 3. Mapa de la laguna de Tacarigua.

OBSERVACIONES Y METODOS

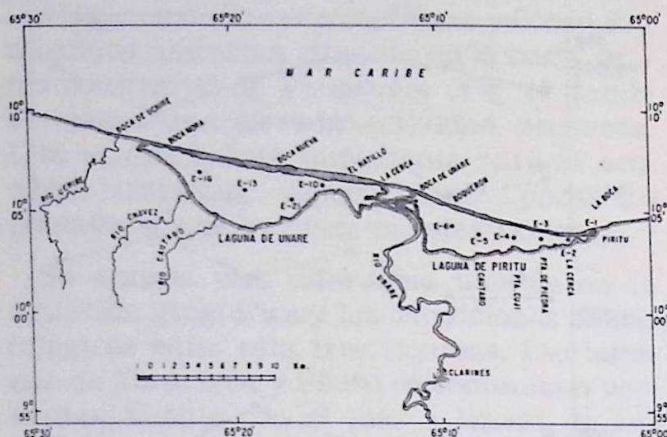


Fig. 4. Mapa de las lagunas de Unare y Píritu.

Sin embargo, como lo hemos indicado anteriormente el poco cambio de la profundidad media en los años 1980-1983, el nivel del agua actualmente se mantiene casi sin alteración debido a que el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables realiza el suministro controlado de agua dulce desde la represa "La Tigra" a las lagunas de Unare y Píritu a través del río Unare desde el año 1979. Antes la laguna de Unare se comunicaba con el mar por las bocas Mora y Nueva, pero desde hace más de 10 años no hay comunicación entre el mar y la laguna a través de estas bocas, debido a la acumulación de arenas sedimentarias. Solamente existe comunicación con el mar, a través de la boca del río Unare, la cual queda interrumpida en la época seca debido al descenso del nivel de las aguas del río.

La laguna de Píritu tiene una longitud de 15,5 km en dirección este-oeste con una anchura máxima de 4,5 km en dirección nortesur en la parte occidental y su área superficial tiene 38 km². Esta laguna recibe agua dulce del río Unare, pero en una forma muy limitada durante la época de sequía, mientras que mantiene comunicación permanente con el mar a través de la boca de la laguna ubicada en el extremo este. Así que esta laguna recibe el aporte de agua dulce desde la zona occidental y de agua salada desde la zona oriental.

Las observaciones hidroquímicas en este sistema lagunar fueron realizadas en diversas épocas (5 veces) en cada laguna y en 4 estaciones en la laguna de Tacarigua, 5 estaciones en la laguna de Unare y 6 estaciones en la laguna de Píritu, durante los años de 1980 a 1983.

Se determinó el oxígeno disuelto por el método de WINKLER, la salinidad por conductividad eléctrica, los elementos nutritivos (iones de fosfato, amonio, nitrito y nitrato) por los métodos descritos por STRICKLAND & PARSONS (1972), nitrógeno orgánico disuelto y total por FRAGA (1959), nitrógeno orgánico particulado por HOLM-HANSEN (1968) y fósforo orgánico (disuelto, particulado y total) por SOLORZANO & SHARP (1980).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las temperaturas del agua encontradas en estas tres lagunas fueron entre 26 y 31°C en la laguna de Tacarigua, 27 y 32°C en la de Unare y 27 y 31°C en la de Píritu. Las máximas temperaturas en las lagunas de Tacarigua y Unare fueron un poco inferiores, que las encontradas en las observaciones anteriores (34°C en la laguna de Tacarigua y 37°C en la de Unare).

La tabla 1 muestra los valores máximos y mínimos de salinidad en las tres lagunas de estudio. En esta tabla, se incluyen datos obtenidos por otros autores en la laguna de Unare.

En la laguna de Tacarigua zonas central y oriental se observaron salinidades más altas que las del Mar Caribe en los años 1967-1969. En cambio, las salinidades máximas durante los años 1980-1983 no pasaron de 35‰. Las salinidades mínimas varían considerablemente entre las zonas. Aparentemente estos valores en 1980-1983 se muestran un poco mayor que los encontrados en 1967-1969, pero no se puede decir que esta dife-

TABLA I - SALINIDAD EN EL SISTEMA LAGUNAR TACARIGUA, UNARE Y PIRITU (‰)

LAGUNA DE TACARIGUA

Zona	1967 — 1969		1980 — 1983	
	Max.	Min.	Max.	Min.
Laguna Guapo (A)	34,72	0,31	19,02	6,42
Laguna Placer (B)	39,72	12,09	34,70	22,81
Laguna Grande (C)	37,74	9,92	33,23	16,86
Laguna Marapatá (D)	37,61	12,79	34,73	17,13

LAGUNA DE UNARE

Años	Máx.	Min.	Autores
1962-1964	95,05	16,78	Okuda, et al (1965)
1981	11,1	5,2	Spiniello (1962)
1982	18,0	8,0	Bonnini (1983)
1981-1983	19,30	5,30	Okuda, et al (este trabajo)

LAGUNA DE PIRITU

Zona		Max.	Min.
La Cerca	(2)	37,31	32,11
Punta Cují	(4)	49,24	29,31
Boquerón	(6)	67,45	16,48

rencia es significativa. En general, la salinidad de la laguna de Tacarigua no se alteró notablemente entre los años 1967-1969 y 1980-1983.

En la laguna de Unare se presentó un cambio marcado tanto en la salinidad máxima como en la mínima desde los años 1962-1964 a los de 1980-1983, observándose una reducción repentina de 95‰ a menos de 20‰ en la máxima y de 16,8‰ a 5-8‰ en la mínima.

Por otro lado, debido a que no tenemos datos anteriores de salinidad en la laguna de Píritu, no se pueden comparar los cambios en este parámetro, sin embargo, tanto la salinidad máxima como la mínima, es muy elevada en comparación las otras dos lagunas. Especialmente, la máxima salinidad en la zona oeste de la laguna en la época seca

alcanzó un valor correspondiente al límite de la iniciación de la mortalidad de los peces que se observó en la laguna de Unare (1962-1964). También, se aprecia una diferencia marcada en la salinidad entre las zonas, habiendo un incremento de la salinidad en la dirección opuesta entre las máximas y las mínimas hacia el oeste en la salinidad máxima y hacia el este en la salinidad mínima (Tabla 1).

La figura 5 presenta la variación regional de la salinidad en las tres lagunas estudiadas donde se muestran algunos ejemplos representativos de cada laguna. En la laguna de Tacarigua, se observa una apreciable diferencia regional, notándose la más baja salinidad en la zona Guapo (A) donde desemboca el agua del río Guapo y la más alta salinidad en la zona placer (B), donde se comunica con el mar a través de la boca localizada en la parte noroccidental de esta zona, con la excepción del 17-9-69 cuando la salinidad aumentó gradualmente desde la zona oeste (Guapo) hacia la zona este (Marapatá). En esta laguna se restringe la circulación del agua debio a la presencia de manglares en la parte central de la laguna, como si fueran islas. Esta situación causa una gran diferencia regional de la salinidad en la laguna.

En la laguna de Unare, no se observa una apreciable variación regional de la salinidad, con excepción de la época seca (28-4-63) cuando la salinidad en la Estación 10 mostró aproximadamente 8-10‰ más altos que en otras estaciones. En esta época, debido a que el volumen del agua fue bastante reducido a causa de la evaporación, la profundidad de esta estación fue muy baja, en consecuencia hubo una elevación de la salinidad.

Por otro lado, la laguna de Píritu presentó una variación regional característica de la salinidad entre las estaciones 2 y 6 de acuerdo con el cambio del aporte de agua dulce del río Unare. En la época lluviosa (16-7-81), debido al aporte continuo del agua del río

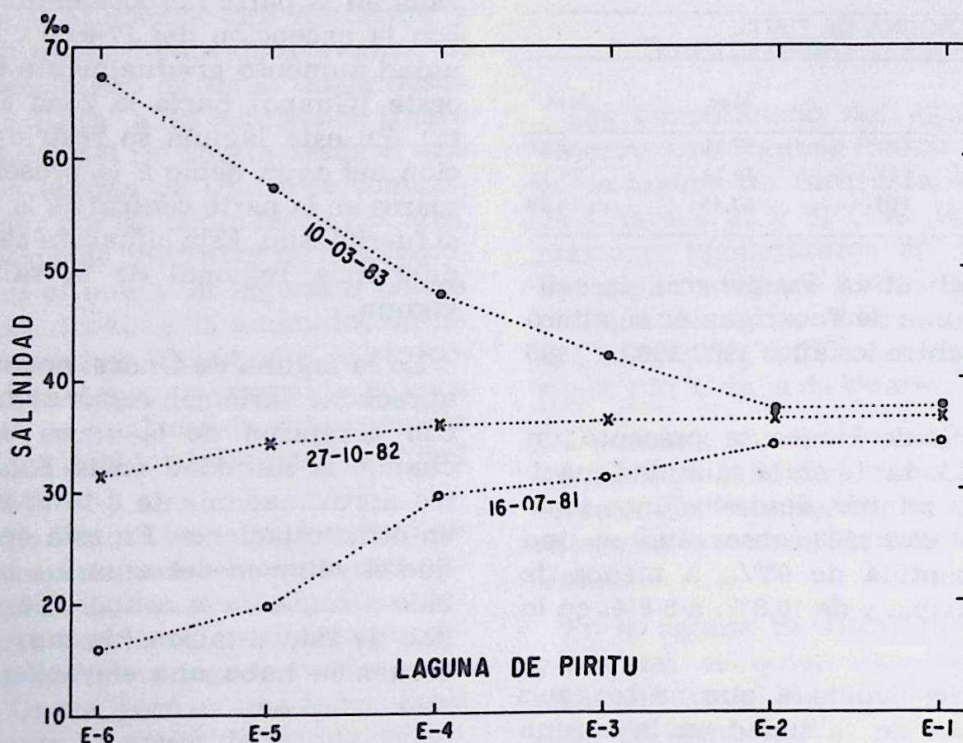
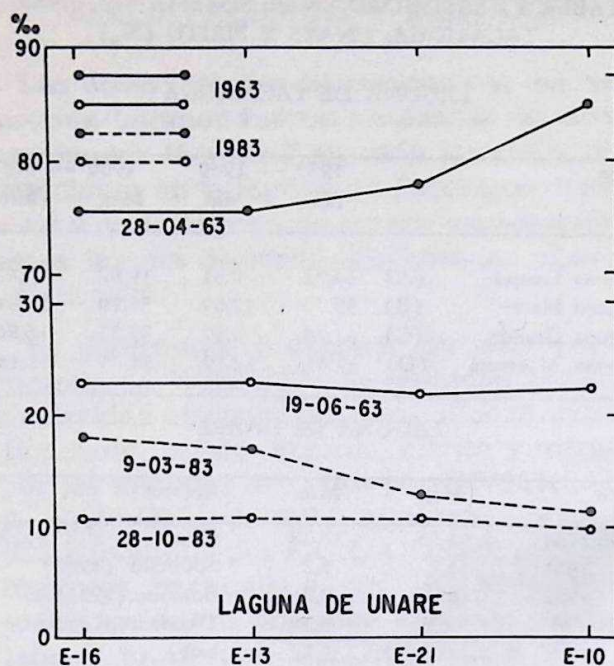
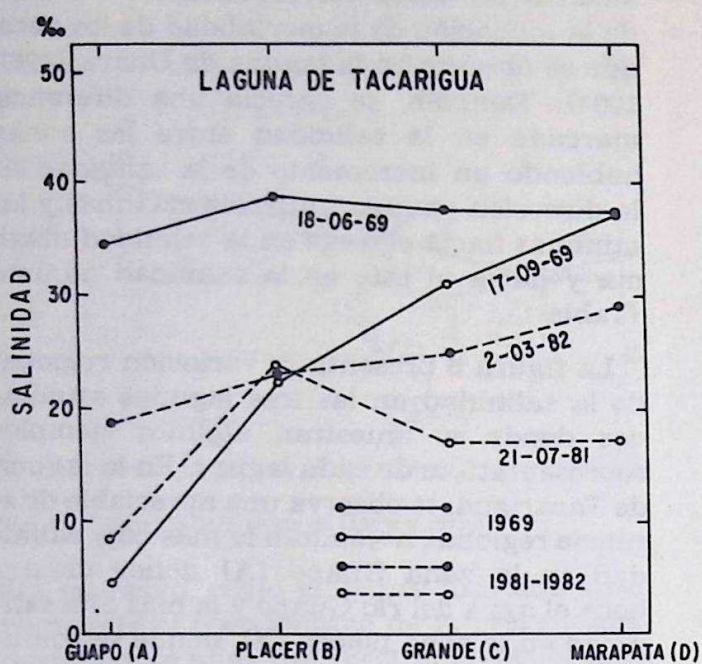


Fig. 5. Variaciones regionales de la salinidad.

Unare, la zona occidental (Estación 6) presenta una baja salinidad ocasionando un incremento gradual de este parámetro hacia las zonas orientales hasta la estación 2 (La

Cerca). Con la reducción de suministro del agua del río, se presenta una distribución de la salinidad en una forma relativamente uniforme entre todas las estaciones, como se

puede ver por ejemplo el 27-10-82. Luego, en la época seca con la interrupción de la comunicación con el río y por la evaporación, la salinidad de la zona occidental aumenta bruscamente originando una gran diferencia en la distribución regional de este parámetro como se puede observar en el ejemplo del 10-3-83. Podemos considerar que las zonas de las estaciones 1 y 2 son las influenciadas por el intercambio de agua entre el mar abierto y la laguna.

La figura 6 presenta las variaciones mensuales de la salinidad y la precipitación en la laguna de Tacarigua con el fin de ilustrar la diferencia regional de salinidad en relación con la variación de la precipitación. Se observa poca diferencia regional de la salinidad en el mes de enero y de marzo a junio, mientras que se nota una amplia diferencia regional de este parámetro durante los meses de julio a diciembre. Los meses de poca diferencia regional corresponden a la época

TABLA 2. — CONTENIDO DE LAS SALES EN LA LAGUNA DE UNARE

Fecha	Prof. Media (m)	Salinidad (‰)	Vol. Agua (m ³)	Contenido de Sal (ton)
1962—1963				
8—6—62	0,47	81,00	20,7 × 10 ⁶	1,68 × 10 ⁶
19—7—62	1,52	21,05	93,3 × 10 ⁶	2,05 × 10 ⁶
23—8—62	1,09	23,26	61,0 × 10 ⁶	1,42 × 10 ⁶
30—9—62	1,21	21,75	70,2 × 10 ⁶	1,53 × 10 ⁶
22—2—63	0,81	44,50	40,9 × 10 ⁶	1,82 × 10 ⁶
28—3—63	0,70	58,75	34,0 × 10 ⁶	2,00 × 10 ⁶
28—4—63	0,53	77,57	23,9 × 10 ⁶	1,85 × 10 ⁶
28—5—63	0,56	71,55	24,9 × 10 ⁶	1,78 × 10 ⁶
Promedio				1,77 × 10 ⁶
1981-1983				
15—07—81	1,06	11,50	62 × 10 ⁶	0,71 × 10 ⁶
30—03—82	1,02	11,54	58 × 10 ⁶	0,67 × 10 ⁶
28—10—82	1,10	10,55	64 × 10 ⁶	0,68 × 10 ⁶
10—03—83	0,94	15,45	54 × 10 ⁶	0,80 × 10 ⁶
Promedio				0,72 × 10 ⁶

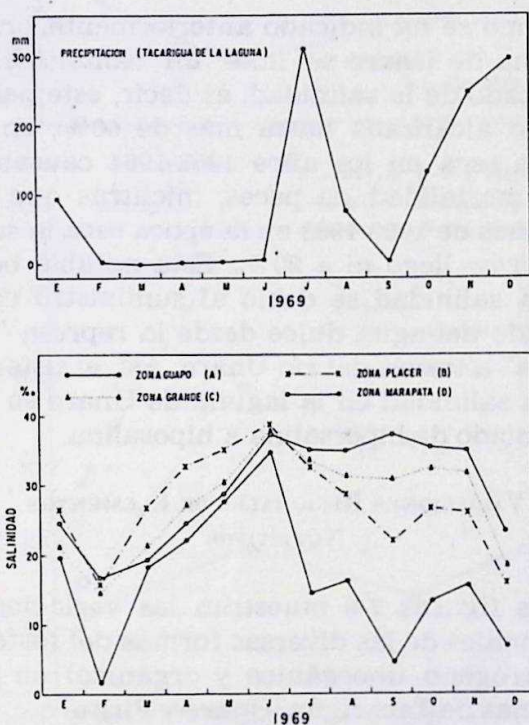


Fig. 6. Variaciones mensuales de la salinidad y la precipitación en la Laguna de Tacarigua.

de escasez de precipitación con excepción del mes de enero. Por otro lado, los meses de amplia diferencia regional de la salinidad corresponden a los meses de alta precipitación, exceptuando el mes de septiembre. Así, que en la mayoría de los casos de la diferencia regional de salinidad aparentemente dependen de las variaciones de la precipitación en el área. Sin embargo, ambas variables no presentan siempre buena correlación. Esto quizás debido a que el aporte de agua dulce del río Guapo a la laguna de Tacarigua es la fuente principal, pero este aporte no se refleja siempre en la precipitación local, también la precipitación puede variar de una zona a otra de la laguna de Tacarigua. En consecuencia si se pueden obtener los datos de precipitación en cada zona y de descarga del río Guapo, podría presentar una buena correlación entre la diferencia regional de salinidad y el aporte de agua dulce. Naturalmente, también debemos tomar en consideración el intercambio de las aguas entre el mar abierto y la laguna.

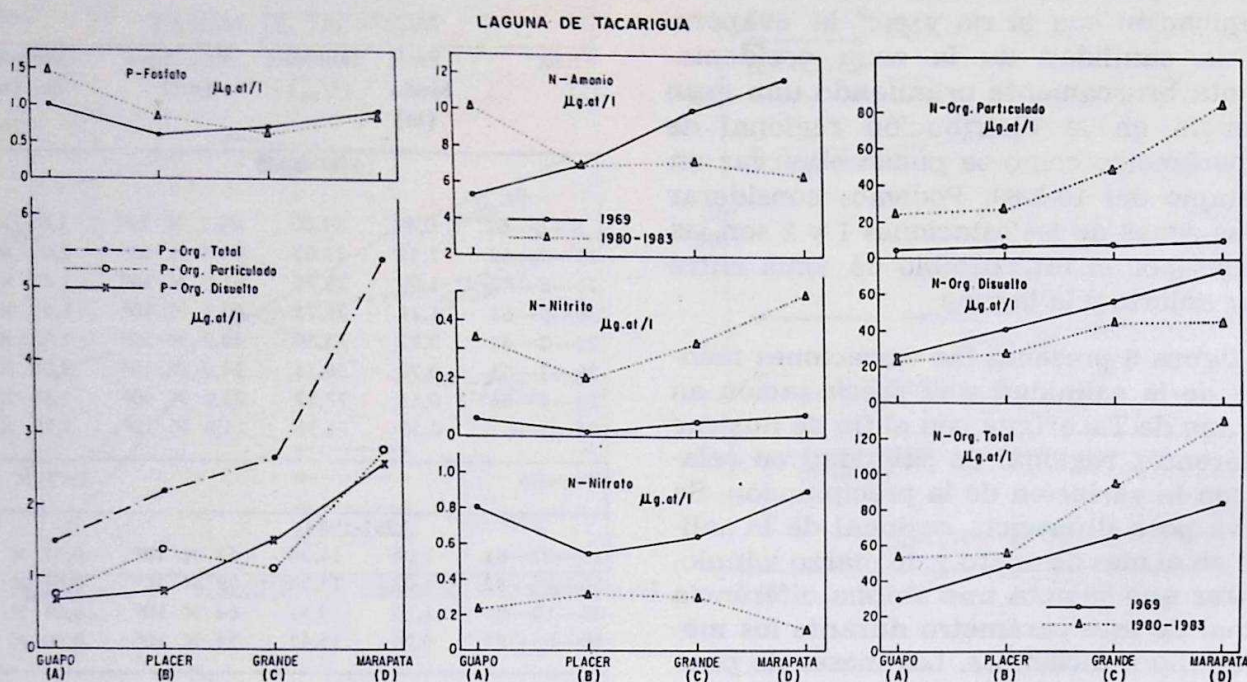


Fig. 7. Variaciones de las diversas formas del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) en la laguna de Unare.

CAMBIO DE LA CANTIDAD DE SAL ENTRE LOS AÑOS 1962-1963 Y 1981-1983

OKUDA, *et al* (1965) estimaron un balance anual del volumen de agua en la laguna de Unare en los años de 1962-1963. Aplicando el mismo método a los datos obtenidos durante los años de 1981-1983, se ha estimado el volumen de agua en la misma laguna. Además se calculó la cantidad de sal en toda la masa de agua en la laguna en los años 1962-1963 y 1981-1983, basándose en la salinidad y el volumen de agua (Tabla 2).

En los años 1962-1963, varió la cantidad de sal entre $1,42 \times 10^6$ y $2,04 \times 10^6$ toneladas, mientras que en los años 1981-1983 fue entre $0,67 \times 10^6$ y $0,80 \times 10^6$ toneladas. De acuerdo con los valores promedios de ambos períodos, se encuentran que la sal en la laguna de Unare se redujo aproximadamente 1×10^6 toneladas desde los años 1962-1963 a los años 1981-1983, esta pérdida corresponde aproximadamente a un 60%.

Como se ha indicado anteriormente, en la laguna de Unare se notó un cambio bien marcado de la salinidad, es decir, este parámetro alcanzaba hasta más de 90‰ en la época seca en los años 1962-1964 causando una mortalidad de peces, mientras que en los años de 1980-1983 en la época seca la salinidad no llegó ni a 20‰. Esta notable baja de la salinidad se debió al suministro controlado del agua dulce desde la represa "La Tigra" a través del río Unare. Así, el sistema de la salinidad en la laguna de Unare se ha cambiado de hipersalina a hiposalina.

VARIACIONES REGIONALES DE ELEMENTOS NUTRITIVOS

Las figuras 7-9 muestran las variaciones regionales de las diversas formas del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) en las lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu.

En la laguna de Tacarigua (Fig. 7) se presenta una tendencia común en las distribu-

ciones del fósforo y del nitrógeno orgánico, apreciándose un incremento en las concentraciones de las formas particulada y disuelta de ambos elementos de la zona Guapo a la zona Marapatá. En cuanto a la fracción inorgánica del fósforo y del nitrógeno, no se observa una tendencia similar. Sin embargo, con la excepción del amonio en 1969 y el nitrato en los años 1980-1983, las concentraciones del fosfato y los iones de amonio nitrito y nitrato en la zona del Guapo presentan algunos valores altos y no varían apreciablemente entre las diferentes zonas. Pero, las concentraciones del nitrito en 1980-1983 y del nitrato en 1969 muestran un aumento notable de la zona Guapo a la zona Marapatá. Igualmente, se nota una tendencia clara en el amonio en 1969 que presenta

un incremento lineal de su concentración de la zona Guapo a la Zona Marapatá.

De acuerdo con estas distribuciones regionales de las diversas formas del fósforo y nitrógeno en las fracciones inorgánicas y orgánicas, en la zona del Guapo se suministra tanto el fósforo inorgánico como el nitrógeno inorgánico desde el río Guapo que desemboca en esta zona. Mientras que en la zona oriental (Marapatá) se tiende a acumular el fósforo y nitrógeno orgánico. Esto quizás se relaciona a que las aguas en esta zona están estancadas debido a la situación geográfica de la laguna y el desarrollo de los manglares en la parte central de la misma.

El fosfato y el nitrógeno inorgánico (amonio, nitrito y nitrato) en la laguna de Unare

LAGUNA DE UNARE

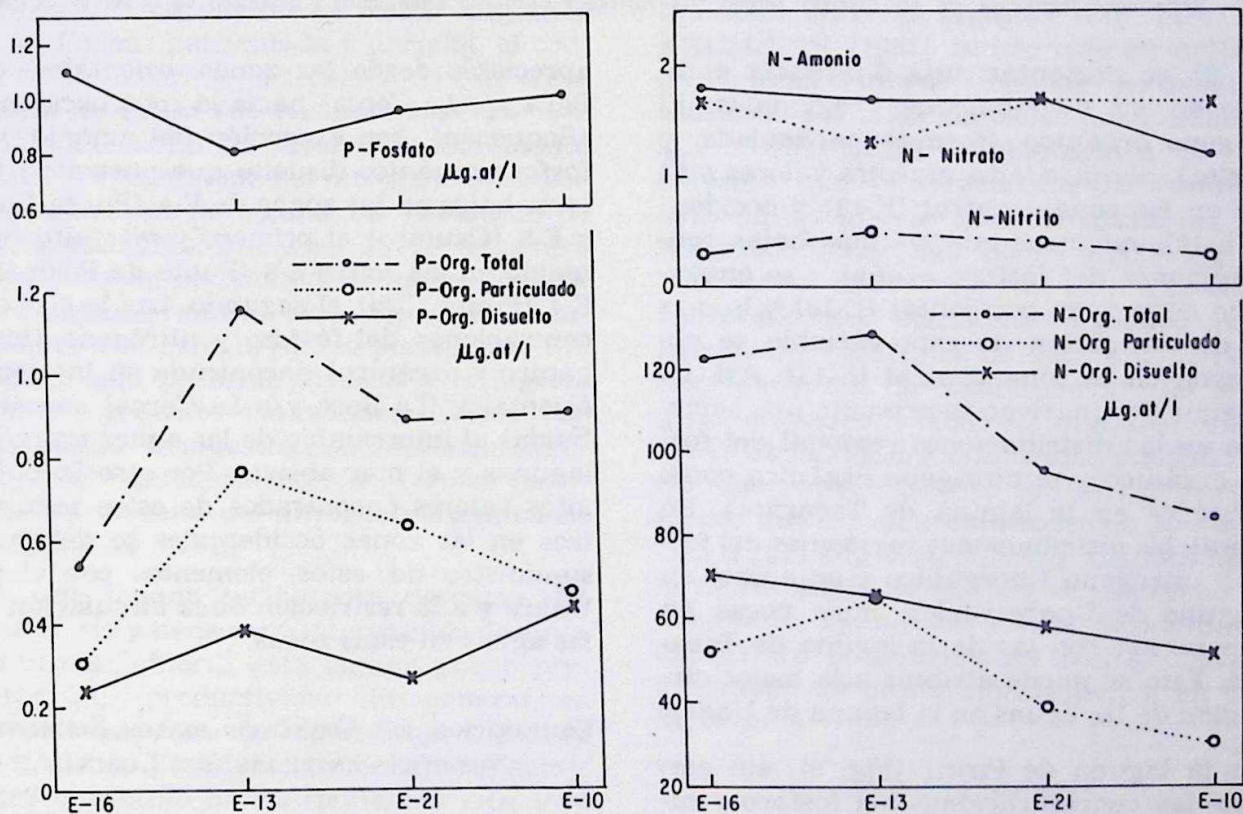


Fig. 8. Variaciones regionales de las diversas formas del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) en la laguna de Unare.

LAGUNA DE PIRITU

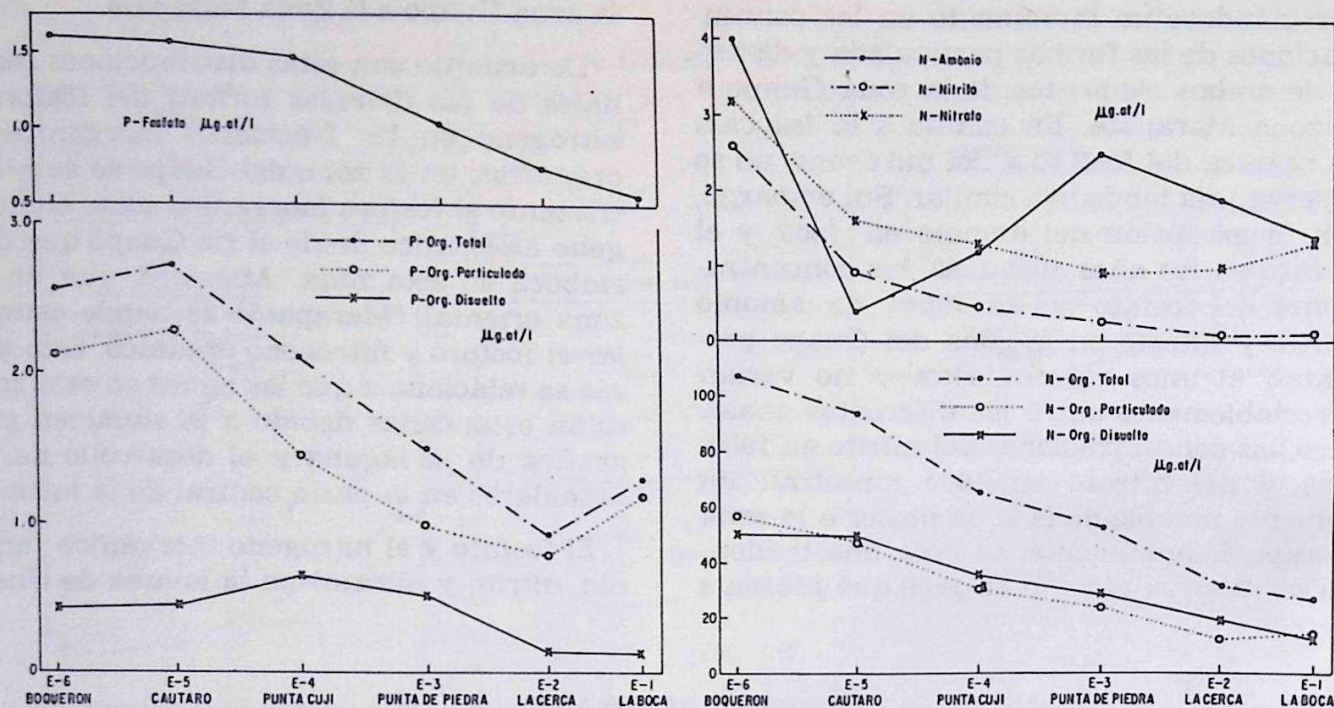


Fig. 9. Variaciones regionales de las diversas formas del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) en la laguna de Piritu.

(Fig. 8) no presentan una diferencia apreciable en su distribuciones regionales. El nitrógeno orgánico (formas particulada y disuelta), por otro lado, muestra valores más altos en las zonas central (E-13) y occidental (E-16), mientras que las más bajas concentraciones del fósforo orgánico se encontraron en la zona occidental (E-16) y la más alta concentración de esta variable se observaron en la zona central (E-13). Así, en la laguna de Unare no se presenta una semejanza en las distribuciones regional del fósforo orgánico y el nitrógeno orgánico como se observa en la laguna de Tacarigua. En general, las distribuciones regionales del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) en la laguna de Unare varían muy pocas en comparación con las de la laguna de Tacarigua. Esto se puede atribuir a la mejor circulación de las aguas en la laguna de Unare.

En la laguna de Piritu (Fig. 9), sin embargo, las concentraciones del fósforo y nitrógeno tanto inorgánico como orgánico, en sus diversas formas, muestran un aumento

apreciable desde las zonas orientales (La Boca y/o La Cerca) hacia la zona occidental (Boquerón), con excepción del amonio y el fósforo orgánico disuelto que presentan valores bajos en las zonas de E-4 (Punta Cují) y E-5 (Cautaro) el primero y más alto contenido en las zonas E-3 (Punta de Piedra) y E-4 (Punta Cují) el segundo. Las bajas concentraciones del fósforo y nitrógeno (inorgánico y orgánico) encontrada en las zonas orientales (La Boca y/o La Cerca) son atribuidas al intercambio de las aguas entre las lagunas y el mar abierto. Por otro lado, los altos valores encontrados de estos parámetros en las zonas occidentales se deben al suministro de estos elementos por el río Unare y a la restricción de la circulación de las aguas en estas zonas.

COMPARACION DEL CONTENIDO DE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS ENTRE LAS TRES LAGUNAS

La tabla 3 muestra una marcada diferencia en las concentraciones encontradas de

las diversas formas del fósforo y nitrógeno inorgánico y orgánico entre las tres lagunas estudiadas. Los valores del fósforo y nitrógeno inorgánico se encuentran más elevados en la laguna de Piritu con la excepción de los del amonio, mientras que la laguna de Tacarigua presenta el más bajo contenido de la forma inorgánica de ambos elementos, exceptuando el alto contenido de amonio encontrado. En cuanto a la fracción orgánica se observa una tendencia irregular en el orden del contenido de mayor a menor del fósforo y el nitrógeno entre las tres lagunas, es decir, las concentraciones de fósforo orgánico tanto particulado como disuelto en la laguna de Unare fueron mínimas y las de la laguna de Tacarigua fueron máximas. Por otro lado, la fracción orgánica del nitrógeno en la laguna de Unare presentó mayor concentración y la de la laguna de Piritu menor.

A pesar de que las lagunas de Tacarigua y Unare no presentan una diferencia apreciable entre los valores de fósforo orgánico de las formas particulada y disuelta, el contenido de la forma particulada de éste en la laguna de Piritu fue bastante superior que la forma disuelta. Se observa un incremento notable del contenido del nitrógeno orgánico particulado en la laguna de Tacarigua de 1967 a 1980-1983, mientras que se encontró una reducción marcada de la forma disuelta de nitrógeno orgánico. En la laguna de Tacarigua, el nitrógeno orgánico particulado fue superior que la forma disuelta y la laguna de Unare presentó una relación inversa. Por otro lado, no se muestra una diferencia apreciable del contenido entre las formas particulada y disuelta del nitrógeno orgánico en la laguna de Piritu.

Si una laguna recibe poca descarga del agua de río y tiene poco intercambio de agua con el mar abierto, esta laguna puede presentar baja productividad. En general, es conocido que lagunas hipersalinas son muy productivas, posiblemente debido al suministro constante de nutrientes de ríos y el mar abierto. En la laguna de Unare durante 1964 se observaron extremadamente altas

concentraciones del nitrógeno orgánico (tanto particulado como disuelto) en la época seca (hipersalina) siendo 8 veces más altas que las concentraciones de este parámetro en el agua del río Unare. El hecho de que se haya observado una reducción del nitrógeno orgánico en la laguna de Unare desde los años 1962-1964 a los años 1980-1984 está relacionado probablemente con el cambio ocurrido durante este período en esta laguna (de hipersalina a hiposalina).

Es interesante observar que la razón entre N-inorg/P-fosfato es muy baja con excepción de los años 1962-1964 en la laguna de Unare. En cambio, las razones entre N-org/P-org. y entre N-total/P-total fueron bastante elevadas en estas tres lagunas. Se considera que las lagunas costeras de la región tropical, el fósforo es el elemento limitante en la producción orgánica. Sin embargo muy bajas razones encontradas de N-inorg/P-inorg. puede indicar que el fósforo no es elemento limitante en estas lagunas. Por otro lado, KRUMBEIN (1981) indicó que en ambiente de lagunas costeras tropicales se desarrolla una activa producción bentónica mucho más que la producción fitoplanctónica. Si consideramos que la circulación del fósforo es más rápida que la del nitrógeno, las altas razones encontradas de N-org/P-org. (28-124) y N-total/P total (24-61), incremento observado del nitrógeno orgánico en la laguna de Tacarigua de 1969 a 1980-1983 y una tendencia de acumulación del nitrógeno orgánico y fósforo orgánico en las zonas de las aguas estancadas pueden indicar que probablemente se desarrolla activamente una fijación del nitrógeno por bacterias quimioorganotróficas y cianobacterias mientras tanto el fósforo se mantiene disponible en las aguas. Así la disponibilidad del fósforo probablemente podrá controlar el sistema de producción orgánica en estas lagunas.

CONCLUSIONES

Como consecuencia de las distintas condiciones climatológicas y características geo-

gráficas entre las lagunas de Tacarigua, Unare y Píritu, se presenta una marcada diferencia en las condiciones hidroquímicas de estas lagunas.

En las lagunas de Tacarigua y Píritu, la dirección prevaleciente de los vientos fuertes (E-NE) es opuesta a la dirección de penetración del agua de los ríos. Esto causa una limitación de la mezcla de las aguas en dichas lagunas, ocasionando una gran diferencia en la distribución horizontal de la salinidad y de los elementos nutritivos. También la presencia de los manglares en la parte central de la laguna de Tacarigua contribuirá a una restricción de la circulación del agua. Por el contrario, en la laguna de Unare ambos flujos tienen la misma dirección la cual favorece la mezcla de las aguas, presentando poca diferencia en la distribución horizontal de los parámetros hidroquímicos.

Debido a que a partir del año 1979 se suministró el agua dulce de la represa "La Tigra" a la laguna de Unare a través del río Unare, se observó un cambio notable de la salinidad de hipersalina (más de 90‰ en la época seca en los años 1962-1964) a hiposalina (menos de 20‰ aún en la época seca en los años 1980-1983). En la laguna de Tacarigua, no se presentaron cambios apreciables de salinidad entre los años 1967-1969 y 1980-1983. Por otro lado, se notó alta salinidad de más de 60‰ en la época seca en la laguna de Píritu. Esta salinidad coincide cuando se inició la mortalidad de peces en la laguna de Unare en los años 1962-1964.

Si se hace una comparación entre los períodos anteriores y recientes, se encuentra que la laguna de Unare presentó una reducción marcada del amonio y el nitrógeno orgánico disuelto y un aumento del fosfato, mientras que se observó un incremento notable del nitrógeno orgánico particulado en la laguna de Tacarigua en los años 1980-1983. La más alta concentración de fosfato se encontró en la laguna de Píritu, la del nitrógeno inorgánico y del fósforo orgánico en la laguna de

Tacarigua y la del nitrógeno orgánico en la laguna de Unare.

El hecho de que se encontraron altas razones de N/P (tanto entre formas orgánicas como entre totales) y una tendencia de acumulación del nitrógeno y del fósforo orgánico en las zonas relativamente de aguas estancadas se puede indicar una posible presencia activa de fijación del nitrógeno por bacterias quimioorganotróficas y cianobacterias fotosintéticas en estas albuferas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal científico y técnico del Departamento de Oceanografía por la valiosa colaboración prestada, en el trabajo de campo como en los análisis de las muestras, igualmente a la señora LOURDEZ M. DE RIVERO por el trabajo mecanográfico.

REFERENCIAS

- BONNINI, M. 1983. Productividad primaria en la Laguna de Unare y su variación estacional. Fac. de Ciencias, UCV (Tesis de grado en Biología).
- FRAGA, F. 1959. Determinación de nitrógeno orgánico suspendido y disuelto en el agua de mar. *Inv. Pesq.* 14: 121-127.
- GAMBOA, B., A. GARCÍA, J. BENÍTEZ A. & T. OKUDA. 1971. Estudios de las condiciones hidrográficas y químicas en el agua de la Laguna de Tacarigua. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 10 (1): 55-72.
- HOLM-HANSEN, O. 1968. Determination of particulate organic nitrogen. *Limnol. Oceanogr.* 13 (1): 175-178.
- KRUMBEIN, W. E. 1981. Biogeochemistry and geomicrobiology of lagoons and lagoony environments. *Coast Lagoon Researchs, Present and Future.* Proceedings of an Unesco/IABO Seminar, August 1978. Beaufort, N. C. (Unesco Technical Papers in Marine Science 33): 97-109.
- OKUDA, T., J. GÓMEZ, J. BENÍTEZ A. & A. GARCÍA. 1965a. Condiciones hidrográficas de la Laguna y río Unare. *Bol. Inst. Oceanogr. Univ. Oriente.* 4 (1): 109-120.

Evaluación comparativa de condiciones hidroquímicas en el sistema lagunar Tacarigua-Unare-Piritu

- OKUDA, T., A. GARCÍA & J. BENÍTEZ A. 1965b. Variación estacional de los elementos nutritivos en el agua de la Laguna y río Unare. *Ibid.*, 4 (1): 121-136.
- OKUDA, T. 1965. Consideraciones generales sobre las condiciones ambientales en la laguna y río Unare. *Ibid.*, 4 (1) 137-155.
- OKUDA, T. 1968. Estudio comparativo de las condiciones hidroquímicas de las lagunas de Unare y Tacarigua. *Lagunas Costeras*. Simposio Men. Simp. Intern. Lagunas Costeras, UNAM-UNESCO, Nov. 28-30, 1967. México, D. F.: 291-300.
- OKUDA, T. 1981. Inorganic and organic nitrogen contents in some coastal lagoons in Venezuela. *Coastal Lagoon Research, Present and Future*. Proceedings of and Unesco/IABO Seminar, August 1978. Beaufort, N. C. USA (Unesco Technical Papers in Marine Science 33): 119-134.
- SOLÓRZANO, L. & J. M. SHARP. 1980. Determination of total dissolved phosphorus and particulate phosphorus in natural waters. *Limnol Oceanogr.* 25: 754-758.
- SPINIELLO, P. 1982. Composición, variaciones especiales y análisis de sucesión del phytoplankton en la laguna de Unare (Estado Anzoátegui). Facultad de Ciencias. UCV. (Tesis de grado en Biología).
- STRICKLAND, J. D. H. & T. R. PARSON 1972. *A practical handbook of seawater analysis*. Bul. Fish. Res. Bd. Canadá. 167: 1-310.
- (Manuscrito recibido el 15 de noviembre de 1985).