

## UN SENCILLO Y BARATO MUESTREADOR *in situ* PARA AGUAS INTERSTICIALES DE SEDIMENTOS DE ENTREMAREAS

### A SIMPLE AND INEXPENSIVE *in situ* PORE WATER SAMPLER FOR INTERTIDAL SEDIMENTS

Saúl Alvarez Borrego  
Sergio Aguiñiga García  
Víctor F. Camacho Ibar

División de Oceanología  
Centro de Investigación Científica y de  
Educación Superior de Ensenada, BC.

Alvarez-Borrego, S., Aguiñiga-García, S. y Camacho-Ibar, V.F. Un sencillo y barato muestreador *in situ* para aguas intersticiales de sedimentos de entremareas. A Simple and Inexpensive *in situ* Pore Water Sampler for Intertidal Sediments. Ciencias Marinas; 14(1): 41-50,1988.

#### RESUMEN

Presentamos un nuevo muestreador *in situ* de agua intersticial para uso en sedimentos de entremareas. Consiste en una caja con orificios para la penetración vertical de una serie de tubos diseñados para muestrear a profundidades predeterminadas. El material es plástico acrílico claro. Se pueden generar series de tiempo con muestreos continuos o discretos. En un muestreo de prueba realizado en el extremo interno del Estero de Punta Banda, una laguna costera del noroeste de Baja California, en sedimento muy lodoso, rico en materia orgánica con *Spartina foliosa*, generamos series de tiempo de ~3.5h y de 10 a 40cm de profundidad, de  $S^{0/00}$  y  $PO_4.NO_3$  y  $NO_2$  no presentaron concentraciones detectables. La  $S^{0/00}$  varió un tanto irregularmente con la profundidad y el tiempo; a 10cm tuvo valores de ~35.0  $^{0/00}$ , aumentando en general con la profundidad hasta 36.0-38.0  $^{0/00}$  a 40cm.  $PO_4$  varió menos con el tiempo que la  $S^{0/00}$ , pero tuvo una variación más intensa con la profundidad, con ~30  $\mu M$  a 10cm, ~70  $\mu M$  a 30cm, y ~65  $\mu M$  a 40cm.

#### ABSTRACT

We present a new *in situ* pore water sampler for intertidal sediments. It consists of a box with holes for the vertical penetration of a series of tubes designed to sample from predetermined depths. It is made of clear acrylic plastic (plexiglass). Time series of pore waters properties may be generated, with discrete or continuous sampling. We did a test sampling in the internal extreme of Estero de Punta Banda, a coastal lagoon of northwestern Baja California, with muddy sediments, rich of organic matter, with *Spartina foliosa*. We generated ~3.5h  $S^{0/00}$  and  $PO_4$  time series, from 10 to 40cm depth.  $NO_3$  and  $NO_2$  had undetectable concentrations.  $S^{0/00}$  changed somewhat irregularly with depth and time; at 10cm it was ~35.0  $^{0/00}$ , increasing in general with depth up to 36.0-38.0  $^{0/00}$  at 40cm.  $PO_4$  changed less than  $S^{0/00}$  with time, but it had a more intense variation with depth, with ~30  $\mu M$  at 10cm, ~70  $\mu M$  at 30cm, and ~65  $\mu M$  a 40cm.

## INTRODUCCION

Un mecanismo importante de fertilización de aguas de bahías y lagunas costeras es el proceso de remineralización de nutrientes en las aguas intersticiales de los sedimentos, y su flujo de éstos a la columna de agua. Debido a este mecanismo, lagunas costeras como las del noroeste de Baja California son exportadoras de amonio (Farfán y Alvarez Borrego, 1983), y en los interiores de ellas los nutrientes no son limitantes para la fotosíntesis del fitoplancton (Silva Cota y Alvarez Borrego, en prensa; Abraján Villaseñor y Alvarez Borrego, 1987).

Los primeros estudios de aguas intersticiales de sedimentos costeras y estuarinos utilizaron las metodologías de muestreo desarrolladas para aguas profundas, tales como la colecta y congelamiento de núcleos de sedimentos, la separación en rebanadas, y el exprimir a presión el agua intersticial (McRoy *et al.*, 1972) con esta metodología se obtiene muy poca agua intersticial lo cual limita y dificulta los análisis (Green Ruiz *et al.*, 1983). Un problema importante es que sólo se puede generar una muestra por caso, no se puede muestrear la misma localización exacta por segunda vez (Montgomery *et al.*, 1981); esto implica que no se pueden generar series de tiempo para observar cambios en función de fenómenos físicos tales como mareas. Además, la manipulación de la muestra, exprimiéndola o centrifugándola, puede cambiar la composición química del agua intersticial significativamente (Bischoff *et al.*, 1970; Fanning y Pilson, 1971).

Es interesante notar que los primeros estudios de flujo de materiales sedimento-columna de agua, en aguas costeras someras y en lagos, también utilizaron los conceptos e ideas de los estudios de mareas profundas, poniendo consideración única a la difusión vertical causada por gradientes de concentración en la interfase agua-sedimento (Mayer, 1976; Montgomery *et al.*, 1979; Green Ruiz *et al.*, 1983). Es decir, se asumía no movimiento en el sentido horizontal, y mucho menos vertical a través de los sedimentos. Sin embargo, en lagunas costeras como las de Baja California, con mareas amplias (con 2m o más en mareas vivas), la advección o percolación

## INTRODUCTION

An important fertilization mechanism of bays and coastal lagoons waters is the nutrient mineralization process in the sediments, and the flux of these to the water column. Due to this mechanism, coastal lagoons as those of northwest Baja California are ammonium exporters (Farfán and Alvarez-Borrego, 1983), and nutrients are not limiting to phytoplankton photosynthesis inside them (Silva-Cota and Alvarez-Borrego, in press.; Abraján-Villaseñor and Alvarez-Borrego, 1987)..

Early studies of coastal and estuarine pore waters used sampling methodologies developed for deep-sea studies, such as sampling and freezing sediment cores, slicing and thawing them in the laboratory, and squeezing the pore water (McRoy *et al.*, 1972). With this methodology very little pore water is obtained, which limits and makes the analysis difficult (Green-Ruiz *et al.*, 1983). One important limitation is that only one sample may be obtained in each case, it is not possible to sample the same exact location a second time (Montgomery *et al.*, 1981); this implies that it is not possible to generate time series to study changes as a function of physical phenomena such as tides. Furthermore, sample manipulation, by squeezing or centrifuging, may change the pore water chemical composition significantly (Bischoff *et al.*, 1970; Fanning and Pilson, 1971).

It is interesting to notice that early studies of sediment-water column material fluxes, in shallow coastal waters and lakes, also used the concepts and ideas from deep-sea studies. They took into consideration only the vertical diffusion caused by concentration gradients at the sediment-water boundary (Mayer, 1976; Montgomery *et al.*, 1979; Green-Ruiz *et al.*, 1983). They assumed no pore water horizontal advection, and of course no vertical advection through the sediments. However, in coastal lagoons as those of Baja California, with large tides (2m or more in spring tides), pore water advection or percolation in the sediment, and from and to the water column, makes an important flux of materials such as nutrients. This percolation is much more important than diffusion

del agua en los sedimentos, y desde y hacia la columna de agua, debe ser un factor importante en el flujo de solutos, tales como nutrientes. Esta percolación debe ser mucho más importante que el flujo por difusión, especialmente considerando que este último es difusión molecular y no turbulenta. Además, en el agua intersticial pueden existir gradientes fuertes de concentración en el sentido horizontal (Montgomery *et al.*, 1979).

Sayles *et al.* (1976) construyeron y probaron satisfactoriamente un muestreador *in situ* de agua intersticial, para mares profundos. El diseño de este muestreador es relativamente elaborado, pero no es apropiado para sedimentos de entremareas, porque no permite la generación de series de tiempo. Algunos de los primeros muestreadores *in situ* que se construyeron para aguas someras utilizaban membranas de diálisis y, de nuevo, tienen el problema de tomar una sola muestra por profundidad, y requieren de tiempos largos de espera (hasta de una o dos semanas) para lograr equilibrio entre el muestreador y el medio ambiente (Mayer, 1976; Hesslein, 1976). Zimmermann *et al.* (1978) diseñaron un muestreador *in situ* utilizando teflón poroso que permitía un tiempo de equilibrio de sólo 48h, y la generación de series de tiempo con un intervalo de muestreo de un día. Montgomery *et al.* (1979) y Montgomery *et al.* (1981) mejoraron este muestreador para tener la capacidad de muestrear prácticamente simultánea y continuamente a cuatro profundidades discretas en el sedimento. Este muestreador puede mantener un ambiente anaeróbico evitando el contacto de las muestras con el aire.

Es necesario decidir si el muestreo y análisis del agua intersticial deben necesariamente cumplir el requisito de mantener un ambiente anaeróbico. Sin esta complicación todo puede ser mucho más sencillo. La decisión depende de actual es el propósito del estudio de las aguas intersticiales. El ambiente anaeróbico es necesario cuando el interés es la composición química del agua intersticial como parte de un estudio más general de la biogeoquímica de sedimentos sumergidos o bajo inundaciones periódicas. En nuestro caso el propósito fundamental es llegar a

fluxes, specially since the latter is molecular and not turbulent diffusion. Furthermore, there may be strong horizontal gradients of pore water properties (Montgomery *et al.*, 1979).

Sayles *et al.* (1976) built and satisfactorily tested a deep-sea pore water *in situ* sampler. The design of this sampler is relatively elaborate, but it is not appropriate for intertidal sediments because it does not allow for the generation of time series. Some of the first shallow waters *in situ* samplers were built with dialysis membranes, and again, they had the limitation of only one sample per depth and they required long equilibration time between the sediments (up to one or two weeks) (Mayer, 1976; Hesslein, 1976). Zimmermann *et al.* (1978) designed an *in situ* sampler using porous teflon that allowed for an equilibration time of only 48h, and they could generate time series with a sampling interval of one day. Montgomery *et al.* (1979) and Montgomery *et al.* (1981) improved this sampler to have the capacity to sample simultaneously and continuously from four discrete depths in the sediment. This sampler can maintain an anaerobic environment, avoiding the air to contact the samples.

It is necessary to decide whether or not sampling and analysis of pore waters have to be anaerobic. Without this requirement everything is much simpler. The decision depends on the main purpose of the study. Sampling and analysis require an anaerobic environment when the main interest is the chemical composition of pore waters as a part of a more general biogeochemical study of submerged or periodically flooded sediments. In our case, the main purpose is to be able to describe fluxes of materials between sediments and the water column, such as the fluxes of nutrients. When pore water flows out of the sediment, it either has contact with air or it mixes in the water column where there is dissolved oxygen. Any oxidation effect, direct or indirect, affecting dissolved forms of Si, N and P, will do it in a similar manner in a sample that is in contact with air. Therefore, for our purpose it is not necessary to maintain an anaerobic environment when sampling pore waters.

describir los flujos de materiales, como nutrientes, entre el sedimento y la columna de agua. Cuando el agua intersticial fluye hacia afuera del sedimento tiene contacto con el aire o se mezcla en la columna de agua, donde existe oxígeno en solución. Cualquier efecto de oxidación directo o indirecto, que afecte las concentraciones de formas disueltas de silicio, nitrógeno y fósforo, lo hará de manera similar en una muestra que tomemos sin evitar el contacto con el aire. Por lo anterior, para nuestro propósito no es necesario mantener un ambiente anaeróbico al tomar y analizar las muestras de agua intersticial.

### Diseño y uso del muestreador

Nuestro muestreador está compuesto por una serie de colectores cilíndricos de diferente longitud que son montados en una caja. La caja tiene una serie de hoyos en las placas superior e inferior, a través de los cuales se insertan los colectores para asegurar su penetración vertical en el sedimento (Fig. 1). Todo está construido con plástico acrílico claro (Plexiglas). Cada colector consiste básicamente de un tubo dentro de otro tubo. El tubo interno es de 0.93cm (3/8") de diámetro interno, y 1.25cm (1/2") de diámetro externo; tiene en el extremo inferior un cono para facilitar la inserción en el sedimento. En general, inmediatamente arriba del cono tiene una serie de agujeros de 1mm de diámetro y en una banda de 1cm de ancho, para la colecta del agua intersticial; pero en los colectores de baja profundidad (10cm o menos) entre los agujeros y el cono existe un tramo de tubo interno que actúa como vaso colector hacia abajo de la entrada del agua intersticial (Fig. 1). El tubo externo es de 1.25cm de diámetro interno y 1.86cm (3/4") de diámetro externo. La parte superior de este tubo tiene una pieza sólida rectangular que facilita la determinación de la profundidad de muestreo, y que mediante un tornillo permite el ajuste sujetando al tubo exterior con el interior.

Una vez determinado el sitio de muestreo, se coloca una hoja de madera reforzada (triplay) de 1.2m x 2.4m (4' x 8') para trabajar sobre ella y perturbar el sedimento al mínimo. Se hunden los extremos inferiores de la caja de acrílico hasta que la

### Design and use of the sampler

Our sampler consists of a series of cylindrical collectors of different lengths which are mounted in a box. The box has a series of holes in the upper and lower plates, through which the collectors are inserted securing their vertical penetration into the sediment (Fig. 1). Everything is made of clear acrylic plastic (plexiglass). Each collector basically consists of a tube inside another tube. The internal tube has an internal diameter of 0.93cm (3/8"), and an external diameter of 1.25cm (1/2"); it has a nose cone which facilitates insertion into the sediment. In general, above the nose cone it has a series of 1mm diameter holes in a 1cm width band, for the collection of pore water; but, low depth collectors (10cm or less) have a piece of internal tube between the holes and the nose cone as a cup below the collection depth (Fig. 1). The external tube has an internal diameter of 1.25cm, and an external diameter of 1.86cm (3/4"). The upper part of this tube has a right-angled solid piece to facilitate sampling depth determination, and with a screw it allows for depth adjustment fastening the exterior tube with the interior one.

Once we have decided the sampling location, we position a 1.2m x 2.4m (4' x 8') triply sheet, to work on top of it to have minimum sediment disturbance. Then we sink the inferior extremes of the acrylic box into the sediment until the lower plate touches the surface, and level it for the vertical alignment of upper and lower holes. Then we inserted the collection tubes according to desired sampling depths. When inserting the tubes into the sediment, the external one completely covers the internal one, resting on the nose cone. Once the collector is completely inserted, with the right-angled piece resting on the upper plate of the box, we sink the internal tube to a depth such that the collection holes are in contact with the sediment. The sampler may be utilized for flooded sediments, with a water column up to ~0.3m, we simply need to use longer tubes above the upper plate.

The sampler has functioned satisfactorily, both in sandy and muddy sediments. Sampling may be done as sophisticated as

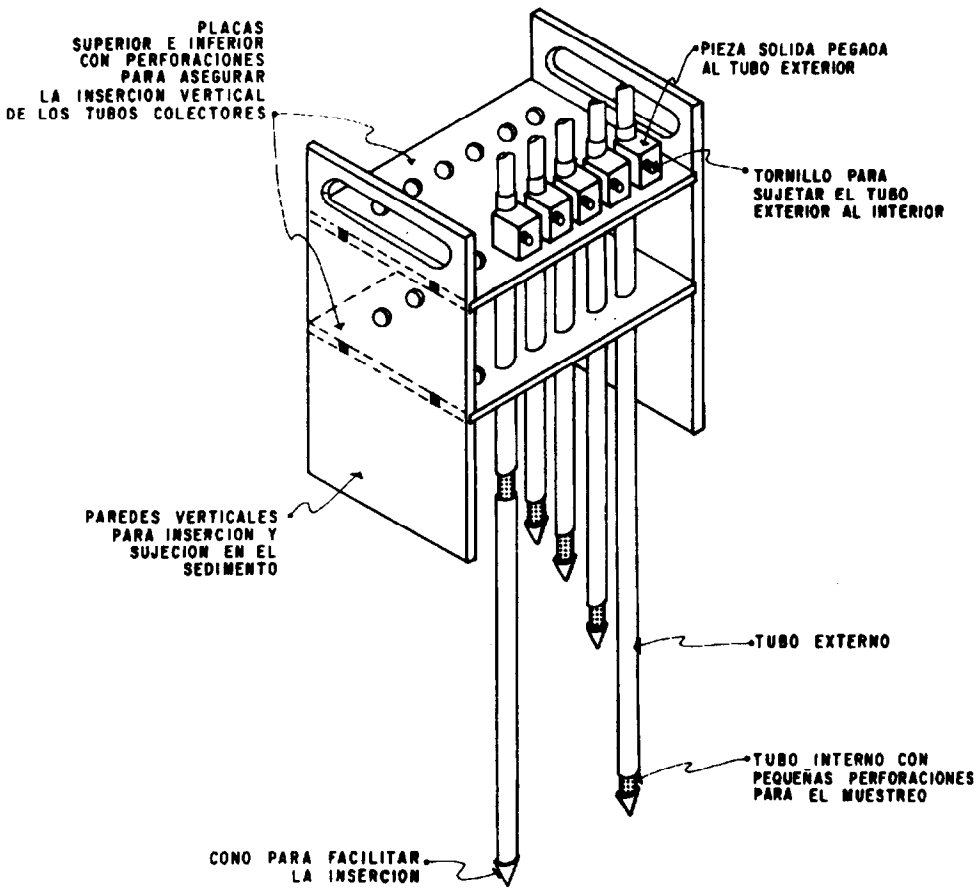


Figura 1. El muestreador. Para dimensiones ver en el texto.  
Figure 1. The sampler. See text for dimensions.

placa inferior de la misma toque la superficie del sedimento, nivelándola para que los orificios superiores e inferiores queden alineados verticalmente. Luego se insertan los tubos colectores de acuerdo con las profundidades que se deseen muestrear. Durante la inserción el tubo externo cubre completamente al interno, apoyado al cono. Una vez que cada colector está inserto de tal manera que la pieza sólida rectangular se encuentra apoyada en la placa superior de la caja, se permite al tubo interior deslizarse e insertarse en el sedimento una profundidad mayor suficiente para que los agujeros queden en contacto con el sedimento. El muestreador se puede utilizar para sedimento con la superficie cubierta

with a tubing lead and a peristaltic pump. This way we could continuously sample and analyze with automated equipment in case only manual and more traditional equipment is available we may sample with a syringe, and then treat the sample with the necessary care depending on the property of interest. In the latter case we may have several minutes of sampling interval. If pore water collection is slow, with relatively little water during the sampling interval (i.e.: 15 minutes), we could take all of this water as a single sample, with average values of its properties for the sampling interval. If the collection of pore water is so fast that in few seconds we obtain the necessary volume for our sample, at the

hasta con ~0.3m decolumna de agua, para lo cual simplemente se usan tubos con extremos más largos por arriba de la placa superior de la caja.

El muestreador ha funcionado satisfactoriamente tanto en sedimentos arenosos como en sedimentos de alto porcentaje de granos finos y ricos en materia orgánica. El agua intersticial se muestrea de los colectores mediante una manguera delgada y una jeringa. En lugar de la jeringa se podría utilizar una bomba peristáltica y se podría muestrear y analizar continuamente con un autoanalyzer. Utilizando una jeringa se puede muestrear con intervalo de varios minutos. Si se acumula en el colector relativamente poca agua intersticial durante el intervalo de muestreo (v.g.: 15 minutos), se podría tomar toda esta agua como una sola muestra, con valor promedio de las variables de interés para los 15 minutos. O bien, si el flujo del agua intersticial hacia el colector es tan grande que en unas decenas de segundos se obtiene el volumen necesario para la muestra, al llegar el momento de muestrear primero se extrae toda el agua acumulada en el colector y luego se toma la muestra representativa de ese momento en la serie de tiempo.

Es importante asegurar que este tipo de muestreadores colecten agua intersticial solamente de la profundidad donde se encuentran los agujeros (o el material poroso en su caso). Pudiera ser que también colectaran agua de otras profundidades, que se podría deslizar entre el sedimento y las paredes de los colectores. Nosotros no hicimos análisis para verificar esto, pero Montgomery *et al.* (1979) hicieron pruebas de laboratorio con su muestreador *in situ*. Utilizaron agua "marcada" con  $^{14}\text{C}$ , a una profundidad 10cm menos en un caso, y a 1cm más en otro, que la de muestreo. En ambos casos demostraron que su muestreador coleccionaba agua intersticial únicamente de la profundidad predeterminada. Su muestreador consistió de un tubo de 5cm de diámetro externo, por lo cual perturbaba más el sedimento que nuestros colectores.

#### Resultados preliminares de una laguna costera

El 18 de enero de 1986 se realizó una prueba del muestreador en sedimentos de

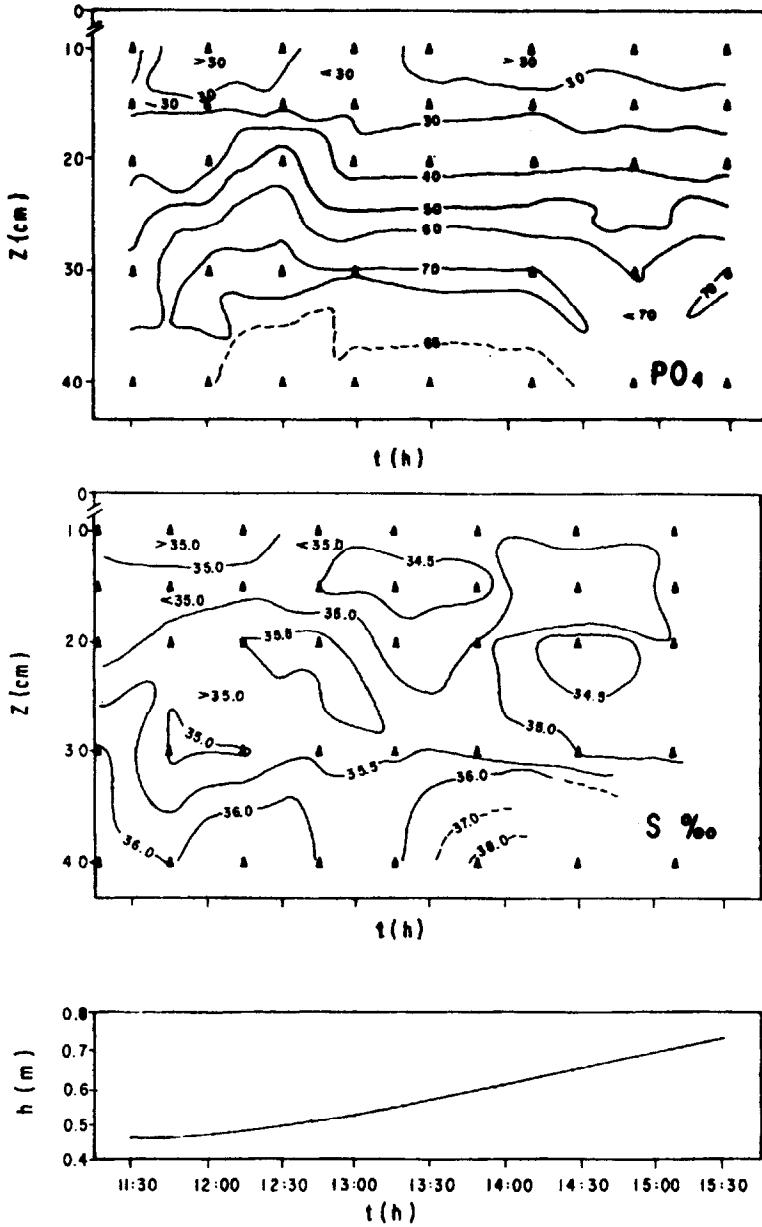
sampling time we first extract all the water accumulated in the collector and then we take our sample, which is representative of that moment in the time series.

It is important to make sure that this type of collectors sample pore water only from the depths where the holes are (or the porous material). They could also collect water from other depths, above or below. We did not make any experiment to check this, but Montgomery *et al.* (1979) performed laboratory tests with their *in situ* sampler. They used  $^{14}\text{C}$  to mark water at depths 10cm above and 1cm below sampling depth. In both cases, they demonstrated that their sampler only collected water from the desired sampling depth. Their sampler consisted of a 5cm external diameter tube, which disturbed the sediment more than our collectors.

#### Preliminary results from a coastal lagoon

In January 18, 1986, we carried out a test of our sampler in intertidal sediments of the internal extreme of Estero de Punta Banda, a coastal lagoon near Ensenada, BC, (31°41.77'N, 116°37.65'W). Sampling was done in a mud flat, with sediment rich in organic matter, and with *Spartina foliosa* as the dominant vegetation. These are the most difficult conditions to sample; sampling is slow. With sandy sediments, free of seagrasses, pore water collection is much faster, although care has to be taken not to break the tubes during insertion. Sediment surface was 1.06m above mean low water height (IML-WH). Sampling was done with neap tides, and with flood tide. We started at 11:15h when the tide was 0.45m above MLWH, and finished at 15:30h with 0.69m above MLWH (Fig. 2).

Studied properties were salinity ( $\text{S}^0_{/00}$ ) and phosphate ( $\text{PO}_4$ ), nitrate ( $\text{NO}_3$ ), and nitrite ( $\text{NO}_2$ ) concentrations. Sampled depths were: 10, 15, 20, 30 and 40cm. Sampling interval was ~30 minutes, with ~15 minutes lag between  $\text{S}^0_{/00}$  and nutrients. Sampling was done with a syringe and tubing. Each sample was filtered with 0.45  $\mu\text{m}$  pore filters, and were put in standard  $\text{S}^0_{/00}$  and plastic bottles, respectively. Nutrient samples were



**Figura 2.** Series de tiempo del nivel de mar  $h$  (m) con respecto al nivel de bajamar media inferior,  $PO_4$  ( $\mu M$ ), y  $S^{\circ}/_{\infty}$ .  $t$  es la hora local;  $z$  es la profundidad en el sedimento.

**Figure 2.** Sea-level  $h$  (m) with respect to mean low water height, and  $PO_4$  ( $\mu M$ ) and  $S^{\circ}/_{\infty}$  time series.  $t$  is the local time;  $z$  is the depth in the sediment.

entremareas del extremo interno del Estero de Punta Banda, una laguna costera cercana a Ensenada, BC (31°41.77'N, 116°37.65'W). El muestreo se realizó en una franja de la marisma baja, con sedimento muy lodoso, rico en materia orgánica y con *Spartina foliosa* como vegetación dominante. Estas son las condiciones más difíciles para el muestreador, en cuanto a que el muestreo es más lento; opera mucho mejor en sedimentos más arenosos, siempre y cuando se tenga cuidado de no romper los tubos al insertarlos. La superficie del sedimento estaba a 1.06m sobre el nivel de bajamar media inferior (NBMI). Se muestreó durante el período de mareas muertas, con la marea subiendo; se empezó a las 11:15h cuando la marea estaba a 0.45m sobre NBMI y se terminó a las 15:30h con 0.69m sobre NBMI (Fig. 2).

Las propiedades que se estudiaron fueron salinidad y concentración de fosfatos ( $\text{PO}_4$ ). Las profundidades muestreadas fueron: 10, 15, 20, 30 y 40cm. El intervalo de muestreo fue ~30minutos, con ~15minutos de desfaseamiento entre el muestreo alternado para ambas propiedades, salinidad y nutrientes. Para el muestreo alternado para ambas propiedades, salinidad y nutrientes. Para el muestreo se utilizó una jeringa y una manguera. Después de tomar cada muestra se filtraba con filtros de  $0.45\mu\text{m}$  de poro y se colocaba en una botella estándar de  $\text{S}^0/_{00}$  en un caso; y una botella de plástico en el otro. Las muestras de nutrientes se congelaron en una hielera con hielo seco, para su posterior análisis en el laboratorio. Los análisis se hicieron de manera estándar, por conductividad y espectrofotometría respectivamente (Strickland y Parsons, 1968), pero realizando diluciones previas de las muestras de  $\text{PO}_4$ .

La  $\text{S}^0/_{00}$  cambió con la profundidad y con el tiempo (Fig. 2). En la primera hora de muestreo disminuyó de  $>35.0^0/_{00}$  a 10cm, a  $<35.0^0/_{00}$  a 15cm, y luego aumentó monótonicamente hasta  $>36.0^0/_{00}$  a 40cm; en la siguiente hora y media disminuyó de  $>34.5^0/_{00}$  a 10cm a  $<34.5^0/_{00}$  a 15cm, y luego aumentó monótonicamente a  $36.0\text{-}38.0^0/_{00}$  a 40cm. En la última hora de muestreo aumentó de  $<35.0^0/_{00}$  a 10cm, a  $>35.0^0/_{00}$  a 15cm, luego disminuyó a

immediately frozen with dry ice. Analysis were done in the laboratory at Ensenada, by conductivity and spectrophotometry respectively, by standard methods (Strickland and Parsons, 1968), but previously diluting  $\text{PO}_4$  samples.

$\text{S}^0/_{00}$  changed with depth and time (Fig. 2). During the first sampling hour it decreased from  $>35.0^0/_{00}$  at 10cm, to  $<35.0^0/_{00}$  at 15cm, and then it increased monotonically up to  $>36.0^0/_{00}$  at 40cm; during the following one and half hour it decreased from  $>34.5^0/_{00}$  at 10cm, to  $<34.5^0/_{00}$  at 15cm, and then it increased monotonically to  $36.0\text{-}38.0^0/_{00}$  at 40cm. During the last sampling hour it increased from  $<35.0^0/_{00}$  at 10cm, to  $>35.0^0/_{00}$  at 15cm, then it decreased to  $<34.5^0/_{00}$  at 20cm, and increased to  $>36.0^0/_{00}$  at 40cm. The most intense change with time was observed for 40cm, where within one hour  $\text{S}^0/_{00}$  increased  $\sim 2^0/_{00}$ .

Between 10 and 15cm,  $\text{PO}_4$  changed relatively little and irregularly, around  $30\mu\text{M}$ ; from 20 to 30cm it had an intense gradient increasing monotonically from 40 to  $70\mu\text{M}$ ; then it decreased down to  $\sim 65\mu\text{M}$  at 40cm.  $\text{PO}_4$  showed certain variation with time, but not as pronounced as that of  $\text{S}^0/_{00}$  (Fig. 2).  $\text{NO}_3$  and  $\text{NO}_2$  had undetectable concentrations, which indicates that due to very low redox potential (Eh) the only N form available as nutrient was ammonia ( $\text{NH}_4$ ).

This was a test sampling and we did not measure other properties to explain the  $\text{S}^0/_{00}$  and  $\text{PO}_4$  variations. However, the nutrient maximum has been reported by other authors. Montgomery *et al.* (1979) sampled in sediments with 0.5m of water column, in the Indian River estuary, Florida, with seagrasses; and they found  $\text{PO}_4$ , silicate and  $\text{NH}_4$  maxima, coinciding with the highest negative Eh values, at 8-10cm depth. Their  $\text{NO}_3$  values were the highest at 2cm ( $3.3\mu\text{M}$ ) and less than  $0.1\mu\text{M}$  throughout the other depths. Their highest  $\text{PO}_4$  values were  $\sim 24\mu\text{M}$ , and ours were  $\sim 70\mu\text{M}$ . Our sampling location, at the internal extreme of the lagoon, without visible freshwater input, has sediments with high organic matter content, and under the first



<34.50/00 a 20cm, y aumentó a >36.00/00 a 40cm. El cambio temporal más intenso se observó para los 40cm, donde en una hora la S<sup>0</sup>/00 aumentó ~20/00.

Entre 10 y 15cm, PO<sub>4</sub> varió poco e irregularmente, alrededor de 30μM; de 20 a 30cm mostró un gradiente intenso aumentando monotónicamente de 40 a 70μM; luego disminuyó hasta ~65μM a 40cm. Aunque PO<sub>4</sub> mostró cierta variación con el tiempo, no fue tan pronunciada como la de S<sup>0</sup>/00 (Fig. 2). Los NO<sub>3</sub> y NO<sub>2</sub> no tuvieron concentraciones detectables, lo cual indica que por bajos valores de potencial redox (Eh) la única forma de nitrógeno disponible como nutriente era amonio (NH<sub>4</sub>).

Debido a que éste fue un muestreo de prueba, no contamos con datos sobre otras propiedades para explicar la variación de S<sup>0</sup>/00 y PO<sub>4</sub>. Sin embargo, el máximo de nutrientes ha sido reportado por otros autores. Montgomery *et al.* (1979) muestrearon en sedimentos con 0.5m de columna de agua, en el estuario del Indian River, Florida, con pastos marinos; y encontraron máximos de PO<sub>4</sub> silicato, y NH<sub>4</sub>, coincidiendo con los más altos valores negativos de Eh, a 8-10cm de profundidad. Sus valores más altos de NO<sub>3</sub> fueron ~3μM, a 3cm, y fueron menores a 0.1 μM en todas las otras profundidades. Sus máximos valores de PO<sub>4</sub> fueron ~24 μM, comparados con ~70μM en nuestro caso. Nuestro sitio de muestreo, en la parte más interna de la laguna costera, sin aporte visible de agua dulce, tiene un alto contenido de materia orgánica y, seguramente, bajo los primeros milímetros el sedimento es totalmente anaeróbico y con altos valores negativos de Eh.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Efrén Mercado Iguico y Gilberto Licea Morales, de los Talleres de Mecánica Fina y Soplado de Vidrio de CICESE respectivamente, su valiosa ayuda en la elaboración del muestreador. Agradecemos a Timothy Baumgartner del CICESE sus críticas como árbitro, las cuales ayudaron a mejorar el manuscrito.

millimeters these sediments are, for sure, totally anaerobic and with high Eh negative values.

#### ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Efrén Mercado Iguico and Gilberto Licea Morales, of the Machine and Glass Blowing shops respectively, for their valuable help in building the sampler. We also thank Timothy Baumgartner of CICESE for his criticisms as referee, which helped us to improve the manuscript.

The author translated this paper into English.

#### LITERATURA CITADA

- Abraján Villaseñor, I., y Alvarez-Borrego, S. (1987) Relación fotosíntesis-irradiancia de fracciones de tamaño de fitoplancton de una laguna costera. *Ciencias Marinas* 13(3):49-62.
- Bischoff, J.L., Greer, R.W. and Luistro, A.O. (1970) Composition of Interstitial Waters of Marine Sediments: Temperature and Squeezing Effect. *Sci.* 167:1245-1246.
- Fanning, K.A. and Pilson, M.E. (1971) Interstitial Silica and pH in Marine Sediments: Some Effects of Sampling Procedures. *Sci.* 173:1228-1231.
- Farfán, B.C. and Alvarez-Borrego, S. (1983) Variability and Fluxes of Nitrogen and Organic Carbon at the Mouth of a Coastal Lagoon. *J. of Estuarine, Coastal and Shelf Sci.* 17:599-612.
- Green-Ruiz, M.J., Caschetto, S. y Alvarez-Borrego, S. (1983) Silice disuelto en la columna de agua y en las aguas intersticiales de una laguna costera. *Ciencias Marinas* 9(2):51-74.
- Hesslein, R.H. (1976) An *in situ* Sampler for Close Interval Pore Water Studies. *Limnology and Oceanography* 21:912-914.
- Mayer, L.M. (1976) Chemical Water Sampling in Lakes and Sediments With Dialysis Bags. *Limnology and Oceanography* 21:909-912.

Alvarez-Borrego *et al.*- Un sencillo y barato muestreador

- McRoy, C.P., Barsdate, R.J. and Nebert, M. (1972) Phosphorous Cycling in an Eelgrass (*Zostera marina* L.) Ecosystem. *Limnology and Oceanography* 17:58-67.
- Montgomery, J.R., Zimmermann, C.F. and Price, M.T. (1979) The Collection, Analysis and Variation of Nutrients in Estuarine Pore Water. *Estuarine and Coastal Marine Science* 9:203-214.
- Montgomery, J.R., Price, M.T., Holt, J. and Zimmermann, C.F. (1981) A Closed-Interval Sampler for Collection of Sediment Pore Waters for Nutrient Analysis. *Estuaries* 4:75-77.
- Sayles, F.L., Mangelsdorf, P.C. Jr., Wilson, T.R.S. and Hume, D.N. (1976) A Sampler for the *in situ* Collection of Marine Sedimentary Pore Waters. *Deep-Sea Research* 23:259-265.
- Silva-Cota, S. y Alvarez-Borrego, S. (en prensa). The "El Niño" Effect on the Phytoplankton of a Northwestern Baja California Coastal Lagoon. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Strickland, J.D.H. and Parson, T.R. (1968) A Practical Handbook of Seawater Analysis. *Bull. Fish. Res. Board Can.* 167:1-310.
- Zimmermann, C.F., Price, M.T. and Montgomery, J.R. (1978) A Comparison of Ceramic and Teflon *in situ* Samplers for Nutrient Pore Water Determinations. *Estuarine and Coastal Marine Science* 7:93-97.