

EVALUACION DEL METODO DE INVERSION DE LA SACAROSA COMO MEDIDA DE LA TEMPERATURA EFECTIVA EN LA ZONA INTERMAREAL DE CHILE CENTRAL

Alejandro H. Buschmann¹ y Ernst R. Hajek

Departamento de Ecología, Facultad de Ciencias Biológicas, Pontificia Universidad Católica de Chile, Casilla 114-D, Santiago, Chile.

(1) Dirección actual: Departamento de Acuicultura y Recursos Acuáticos, Instituto Profesional de Osorno, Casilla 933, Osorno, Chile

RESUMEN

En la zona intermareal de Chile central se realizó una evaluación del método de inversión de la sacarosa para la medición de la temperatura efectiva. Se usó la medida polarimétrica de una solución acidificada de azúcar en una zona intermareal sujeta a la acción de oleaje (eT *sensu* Pallmann *et al.* (1940)). El método fue suficientemente sensible como para detectar diferentes valores de temperatura efectiva a diferentes alturas de mareas. Los datos fueron comparados con valores absolutos de la temperatura del agua y del aire. Se presentan y discuten algunas recomendaciones para la ulterior aplicación del método.

ABSTRACT

BUSCHMAN A & E R HAJEK (1988) Evaluation of the sucrose inversion method for determining the effective temperature in the intertidal zone of Central Chile. *Medio Ambiente* 9 (2): 31-38.

An evaluation of the sucrose inversion method for determining the effective temperature in the intertidal zone of central Chile was made. The polarimetric measurement of the inversion of an acidified sugar solution was used in an intertidal zone exposed to severe water action to determine the effective temperature (eT *sensu* Pallmann *et al.* (1940)). The method was sensitive enough to detect different effective-temperature values at different tidal heights. Data were compared with measurements of absolute water and air temperatures. Some recommendations for further use of the method are presented.

INTRODUCCION

Variados problemas hacen difícil obtener un registro exacto y continuo de la temperatura en cualquier ambiente. Entre ellos destacan los aspectos logísticos, de seguridad del equipo, de costos y de tiempo. Dependiendo del tipo de ambiente, los problemas pueden aún hacerse más manifiestos. Así, por ejemplo, en un medio acuático la accesibilidad al instrumental es más limitada que en un ambiente terrestre, su control más difícil y su seguimiento en el tiempo más complejo.

La temperatura es sin duda una de las variables más relevantes (en el ambiente acuático) y existen estudios de mediciones parciales de ella en diferentes sistemas intermareales (Phleger y Bradschaw, 1966; Vugts y Zimmerman, 1979; Heath, 1977; de Wilde y Berghuis, 1979). En general, sin embargo, el número de estudios microclimáticos con se-

guimientos largos en la zona intermareal es reducido (Johnson, 1975). Este hecho parece deberse a que la mayoría de los instrumentos no han sido diseñados para resistir el efecto del oleaje, salinidad, y otros componentes físicos y biológicos de dicho entorno (Johnson, 1975).

Ello obliga a investigar en el tipo de instrumental y métodos que permiten cubrir las necesidades de determinaciones de la temperatura durante un período extenso de tiempo, en los ambientes acuáticos, para su eventual cotejo con eventos biológicos.

Pallmann *et al.* (1940) describen el método de inversión de la sacarosa, que se basa en el hecho que la velocidad de reacción para la inversión de una solución acidificada de sacarosa es dependiente de la temperatura y del tiempo de exposición a esa temperatura dada, para un pH determinado. La velocidad de reacción puede ser controlada me-

diente mediciones polarimétricas del cambio del ángulo de rotación de la solución (inversión desde dextrógira a levógira en un lapso de tiempo). A esta medida —que entrega un valor integrado de la temperatura se le denomina temperatura efectiva (eT).

Se destacan con posterioridad a Pallmann *et al.* (1940), los trabajos de Schmitz y Volkert (1959), quienes probaron el método en un bosque y en un estudio hidrológico; Berthet (1960) señala algunas modificaciones al método y explicita la técnica para trabajar con pH menores; con ello es posible obtener una mayor velocidad de inversión; Lützke (1963), compara valores de temperaturas obtenidos con una termocupla con los del método de inversión de la sacarosa en un período de 24 horas; Becker (1975), concluye a base de datos experimentales que el método es satisfactorio, simple y de bajo costo; Hajek & Sáiz (1976) aplican este método al caracterizar microclimáticamente el Parque Nacional "Fray Jorge" en Chile; por último Pattee (1978, 1981) aplica este método en varios biótopos de agua dulce.

Hasta la fecha no se tiene registros de la utilización de este método en sistemas intermareales rocosos expuestos al oleaje. La posibilidad de poder contar con un método exacto, continuo y barato (Becker, 1975) y obtener así un registro de temperaturas, importantes para estudios fisiocológicos en ambientes costeros marinos, hace interesante revisar esta metodología. En este trabajo evaluamos el método de la sacarosa (Pallmann *et al.* 1940; Berthet, 1960), de medición de temperatura, en un área intermareal de Chile central expuesta al oleaje.

MATERIALES Y METODOS

Area de Estudio:

La aplicación del método de la sacarosa fue realizada en el sector de Las Cruces, Chile central (33° 30' S; 71° 38' W). El perfil del sitio de estudio, un canalón intermareal expuesto al oleaje se muestra en la Figura 1.

Preparación de las Soluciones:

Se prepararon dos tipos de soluciones de sacarosa. La primera presenta finalmente un pH= 2,92 y la segunda, un pH=1,21.

Solución de pH 2,92 (lenta); Pallmann, 1940.

Para la preparación de las soluciones de la solu-

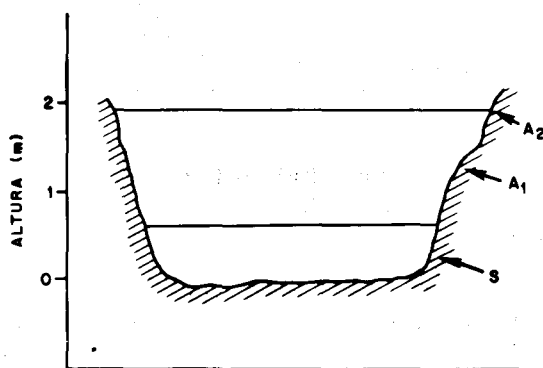


FIGURA 1.

Corte transversal del canalón. Las flechas indican las tres alturas de mareas a las cuales se colocaron las ampollas con la solución ácida de sacarosa: A₂ = Altura intermareal alta, A₁ = Altura intermareal media, S = Altura submareal (El esquema no está a escala). Las líneas horizontales en el canalón señalan las alturas de mareas máximas y mínimas durante el período de estudio.

ción se utilizan tres componentes: a. Solución citrato, b. solución ácido clorhídrico n/5 y c. Solución de sacarosa.

La preparación de la solución se hizo de acuerdo a lo indicado por Hajek & Sáiz (1976), modificado de acuerdo a los volúmenes de material necesarios para esta investigación.

a. Solución citrato (primera componente tampón): 10,504 g de ácido cítrico se disolvieron en 50 cc de NaOH 2N y se completaron con agua destilada hasta 250 cc.

b. Solución de ácido clorhídrico (segunda componente tampón): Acido clorhídrico químicamente puro se disolvió a una solución N/5.

El verdadero tampón citrato-HCl se obtiene mezclando las dos componentes. Se agregó a 202 cc de la solución citrato(a) 298 cc de ácido clorhídrico N/5 (b). La mezcla hace un total de 500 cc.

c. Solución de sacarosa. 750 g de sacarosa se disolvieron en 500 cc de agua destilada, y se agregó 15 ml de formol (40%). El jarabe resultante se filtró a través de papel filtro común. Se recomienda utilizar bomba de vacío para acelerar este proceso.

La mezcla de inversión (solución tampón de pH 2,92) se obtuvo mezclando en partes iguales la solución tampón-citrato y la solución de sacarosa. Sólo así se obtiene la solución capaz de invertirse.

Solución de pH 1,21 (rápida); Berthet, 1960.

1. Solución tampón. 3,739 g de KCl y 33,90 ml de HCl, se completan a 500 ml con agua destilada.
2. Solución de sacarosa. 400 g de sacarosa, 10 ml de formol (40%) y 260 ml de agua destilada. Se

filtra.

3. La mezcla de inversión (solución tampón de pH 1,21) se obtiene mezclando la solución 1 y 2 en partes iguales.

La principal característica de la segunda solución es que permite obtener resultados más rápidamente que al utilizar la solución de pH mayor. Debe tenerse la precaución de controlar debidamente el pH de la solución, ya que la reacción es altamente sensible a éste (Schmitz y Volkert, 1959). En este trabajo se utilizó para ello un pH-metro Pye, modelo 291.

Las soluciones preparadas fueron envasadas en ampollas de vidrio de 25 ml de capacidad. Las ampollas se llenaron con 10 ml de solución ácida de sacarosa y luego fueron rápidamente selladas con un mechero de O₂ para evitar el calentamiento de la solución. En este paso hay que tener la precaución de evitar la caramelización de la solución de sacarosa y la rotación óptica de ella por calentamiento. Las ampollas selladas fueron almacenadas en un congelador hasta su posterior utilización.

Mediciones. Las mediciones del ángulo de rotación de las soluciones se realizaron con un polarímetro Zeiss con sensibilidad de 0,05°. Se utilizaron tubos de 50 mm de longitud, por lo cual el valor de la medición debe multiplicarse por 2, dado que la medición del ángulo de rotación depende de la longitud del tubo utilizado. Tres parámetros se determinaron con el polarímetro: 1. Ángulo de rotación óptica en tiempo cero (Alfa 0); 2. Ángulo de rotación óptica a tiempo t (Alfa t); y 3. Ángulo de rotación óptica máximo (Beta 0). Estos parámetros son necesarios para el cálculo de la temperatura efectiva. Todas las mediciones efectuadas con el polarímetro, (Alfa 0, Alfa t y Beta 0) se obtenían con un mínimo de 5 mediciones para cada una de las muestras. Se consideraba que un coeficiente de variación de la medición no podía superar el 3%. El coeficiente de variación para el caso de la determinación de Alfa 0 y Beta 0 tampoco excede entre réplicas, a un error del 2,5% en ninguno de los casos.

Se determinó el ángulo de rotación inicial de las soluciones momentos antes de iniciarse su mantención en las cámaras de incubación, en el caso de las determinaciones en sistemas con temperatura controlada (laboratorio); o antes de ser llevadas a terreno.

Las ampollas para determinar Beta 0 se mantuvieron en una cámara de incubación a 10°C hasta

antes de realizar la medición. Los ángulos de rotación máxima (Beta 0), se establecieron usando un baño maría según recomendación de Hajek (1968)¹, realizándose observaciones del ángulo de rotación a distintos tiempos de calentamiento para asegurarse de la total inversión de la solución de sacarosa. Es conveniente hacer esto con lentitud, para no ocasionar la caramelización de la solución.

Las ampollas se transportaron a terreno en recipientes a 0°C.

En los sitios experimentales se expusieron las ampollas en los niveles correspondientes (ver Figura 1). Luego de completado el período de medición, se sacaron del sitio, se transportaron al laboratorio en recipientes a 0°C y se midieron los respectivos ángulos de rotación de la sacarosa a tiempo "t" (Alfa t).

Cálculo de la temperatura efectiva (eT). El Cuadro 1 presenta esquemáticamente los pasos para obtener eT, según la metodología de Pallmann *et al.* (1940) y Berthet (1960). Los cálculos de eT se realizaron sólo con las relaciones dadas por Berthet (1960), ya que Pallmann y colaboradores no entregan constante para pH = 1,21. Se realizaron comparaciones con ambas formas de cálculos para pH = 2,92.

En laboratorio. En las cámaras de incubación se mantuvieron ampollas con solución de sacarosa de pH = 1,21 y 2,92 (Berthet, 1960), a 10° y 15°C. Se realizaron mediciones a 5 y 10 días para soluciones con pH rápido (1,21). Con pH lento (2,92) se realizaron mediciones después de 14 días de mantención a 10°C y después de 10 y 15 días a 15°C. La cámara de incubación a 10°C presentó, durante la primera semana, algunas oscilaciones entre 8 y 10°C, manteniéndose luego a una temperatura estable de 10 ± 0,5°C. La cámara de 15°C no mostró fluctuaciones durante el tiempo de estudio y se considera 15 ± 0,5°C como su temperatura.

En Terreno. Se transportaron las ampollas selladas envueltas en papel de aluminio e impregnadas en una capa de neoprén con el fin de aumentar la resistencia a la acción del oleaje y aislarla de la acción directa del sol; para ello el papel aluminio sirve de buen reflector de los rayos incidentes. Las ampollas fueron colocadas, en el medio, a tres niveles de marea (Figura 1), sujetas a un cable mediante una banda elástica.

Las ampollas de pH lento fueron transportadas a principio de junio de 1984 a terreno. A los 18 días se procedió a retirar una parte de ellas de los tres niveles, y a transportarlas al laboratorio para determinar Alfa t. Además se colocaron en esa

1 Hajek, E. 1968. Medición ecológica de la temperatura del suelo. Mimeogr. 20 pp. II Reunión Latinoamericana sobre Biología del Suelo. Santa María, Brasil.

CUADRO 1. Resumen del método de cálculo de la temperatura efectiva (eT):

A. según el método de Pallmann *et al.* (1940) para pH = 2.92 y

B. Según el método de Berthet (1960) para ambos pH (2.92 y 1.21)

A. CALCULOS DE eT SEGUN PALLMANN *et al.* (1940)

K_T	= constante de inversión de la temperatura T, para pH de la solución.
H	= concentración de iones H de la solución.
t	= tiempo de incubación (días).
Alfa 0	= ángulo de rotación óptica de sacarosa en tiempo cero
Alfa t	= ángulo de rotación óptica de sacarosa en tiempo t
Beta 0	= ángulo de rotación óptica de sacarosa en tiempo infinito
B	= -1,2200 (constante)
m	= 0,0720 (constante para pH = 2,92)

$$K_T = \frac{1}{H t} \log \frac{\text{Alfa } 0 - \text{Beta } 0}{\text{Alfa } t - \text{Beta } 0}$$

del cálculo de K_T se puede obtener eT directamente:

$$eT = (\log K_T - B) / m$$

Este cálculo es válido sólo para pH = 2,92.

B. CALCULOS DE eT SEGUN BERTHET (1960).

K'_T	= constante de inversión
t	= tiempo en días
Alfa 0	= Alfa t; Beta 0, igual que caso de Pallmann <i>et al.</i>

1. Para pH = 2,92 (lento)

$$K'_T = \frac{1}{t} \log \frac{\text{Alfa } 0 - \text{Beta } 0}{\text{Alfa } t - \text{Beta } 0}$$

$$eT = \frac{5854}{17,28778 - \log K'_T} - 273,2$$

2. para pH = 1,21 (rápido)

$$K'_T = \frac{1}{t} \log \frac{\text{Alfa } 0 - \text{Beta } 0}{\text{Alfa } t - \text{Beta } 0}$$

$$eT = \frac{5854}{18,99053 - \log K'_T} - 273,2$$

misma fecha, en los tres niveles, nuevas ampollas, ahora de pH rápido. Se retiraron luego de 7 días nuevamente ampollas de ambos pH. Lamentablemente debido al corte de dos de las cuerdas por efecto del oleaje, hubo de suspenderse la experiencia en este punto.

En resumen, se realizaron mediciones de tres alturas de mareas en dos intervalos de tiempo para pH lento y para un intervalo de tiempo para pH rápido. Estos datos se comparan con mediciones que fueron tomadas con un termómetro de sensibilidad igual a 0,5°C.

Análisis de Datos. Los datos fueron analizados estadísticamente utilizando una prueba de ANDEVA para tamaños de muestras desiguales (Sokal y Rohlf, 1979).

RESULTADOS

La Figura 2 muestra un ángulo de rotación máximo obtenido con 60 minutos de calentamiento (Beta 0 = -6,22), para pH = 2,92. La determinación de Beta 0 a pH = 1,21 se encontró luego de sólo 5 minutos de calentamiento (Beta 0 = 6,02; Figura 2); esto se debió a que el ángulo de rotación se encontraba más cercano a cero que para el caso de la solución lenta, y a que la velocidad de inversión de la sacarosa es mayor en la solución más ácida.

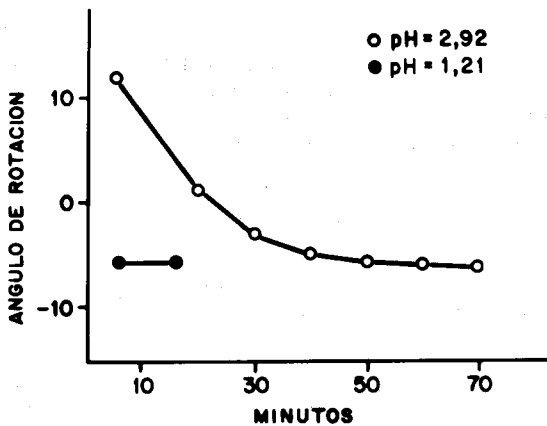


FIGURA 2.

Obtención del ángulo de rotación máximo. Se calentaron las soluciones de ambos pH hasta obtener un ángulo de rotación constante (máximo).

Experimentos Controlados. El ángulo de rotación inicial (grados) para los experimentos de laboratorio fue de $25,74 \pm 0,11$ (para pH = 2,92) y $25,5 \pm 0,13$ (para pH = 1,21). En la Figura 3 y 4 se presentan las temperaturas efectivas encontradas para las dos temperaturas controladas, 10 y 15°C,

para pH = 2,92 y 1,21 respectivamente. En el primer caso (Figura 3) se observa que a temperatura de 10°C la ampolla (pH = 2,92) estimó un valor igual a 9,8°C según Pallmann y colaboradores (1940) y 9,65°C según Berthet (1960). La medición se realizó luego de 14 días de incubación y no tiene réplicas. En el caso de mediciones a 15°C se presentan en dos tiempos, 10 y 15 días de incubación. En todos los casos la temperatura efectiva corresponde a valores cercanos a 15°C. Las diferencias entre ellas no son significativas ($P > 0,1$), así como tampoco las diferencias de la utilización de la relación presentada por Pallmann *et al.*, (1940) versus la relación de Berthet (1960) para pH = 2,92, aunque esta última entrega valores promedios levemente más bajos ($P > 0,1$).

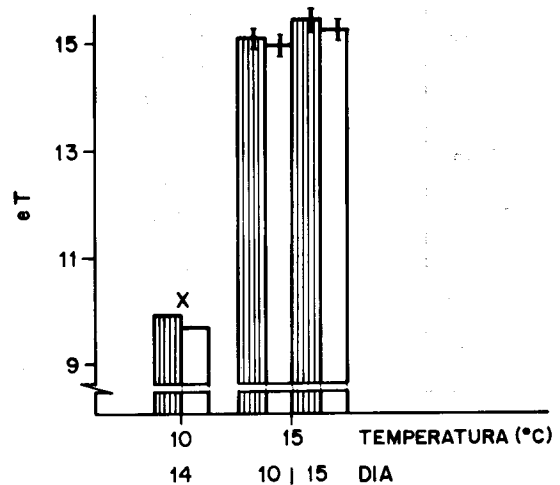


FIGURA 3.

Experimentos de Laboratorio (Temperatura de incubación constante) para solución de pH = 2,92. Se usaron dos temperaturas de incubación, 10 y 15°C, y se controló a diferentes días de iniciado el experimento. Las barras achuradas fueron calculadas según Pallmann *et al.* (1940) y las barras blancas según Berthet (1960). (x = sin réplica).

La Figura 4 presenta el mismo caso para pH = 1,21, con mediciones a 5 y 10 días. Tanto los valores de eT a 10°C para ambos tiempos como a 15°C (también para 5 y 10 días) no son significativos ($P > 0,1$). Es claramente visible que el método discrimina entre ambas temperaturas en condiciones constantes de laboratorio. Estos cálculos de eT para pH = 1,21 fueron hechos según Berthet (1960).

Experimentos de Terreno. Los cálculos de eT según Berthet (1960), para pH = 2,92 se presentan para las diferentes alturas de mareas estudiadas (Figura 1) y tiempos de muestreos (18 y 25

días de incubación) en la Figura 5. A los 18 días de incubación de las ampollas en terreno éstas mostraron que la temperatura efectiva promedio en el submareal (S) era de 11,7°C; en la zona intermareal media (A1) era de 17,3°C; en la zona intermareal alta (A2) de 16,4°C. A los 25 días de incubación se encontró un patrón semejante: eT promedio en el submareal fue igual a 12,4°C, en el intermareal medio igual a 16,6°C y en el intermareal alto igual a 15,4°C. El método muestra diferencias significativas ($P < 0,01$) entre las diferentes alturas controladas de eT, encontrándose diferencias ($P < 0,05$) entre el nivel submareal y ambos niveles intermareales pero sin obtenerse diferencias significativas ($P > 0,01$) entre los niveles intermareales.

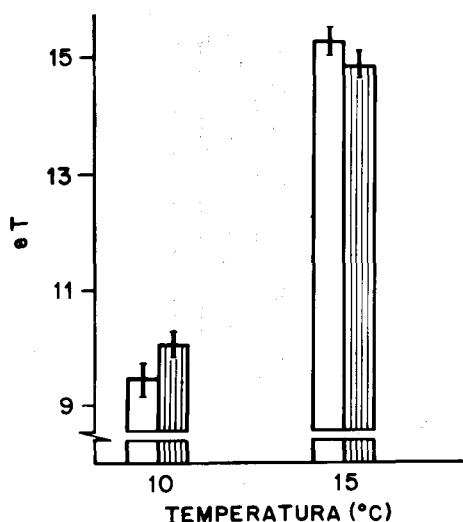


FIGURA 4. Experimentos de Laboratorio (Temperatura de incubación constante) para soluciones de pH = 1,21. Se realizaron las incubaciones a 10 y 15°C. Las barras blancas indican medición a los 5 días de incubación y las barras achuradas, a los 10 días de incubación.

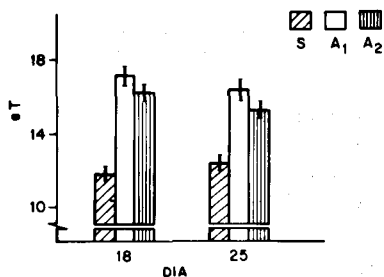


FIGURA 5. Experimentos de terreno para pH = 2,92. Las ampollas incubadas a diferentes alturas de marea: A₂ = Intermareal alto, A₁ = Intermareal bajo, y S = submareal. Se muestreó a los 18 y 25 días de iniciado el experimento.

Los cálculos de eT según Berthet (1960) para pH = 1,21 se presentan para los diferentes niveles de mareas estudiados a los 7 días de comenzada la incubación (Figura 6). En el nivel submareal (S) se encontró una temperatura efectiva de 11,1°C (esta medición no posee réplicas). Las temperaturas efectivas promedios en la zona intermareal en los niveles A₁ y A₂ son 16,3 y 15,5°C, respectivamente. La solución de pH = 1,21 (solución rápida) mostró también diferencias significativas de la eT a las diferentes alturas de mareas controladas ($P > 0,01$).

Los datos de temperatura del agua y del aire (en el canalón) medida en forma puntual a medio-día de los días correlativos del experimento 0, 18 y 25 indican, respectivamente para la temperatura del aire 15,0, 15,8 y 14,0°C y para la del agua, 10,0, 10,5 y 9,5°C.

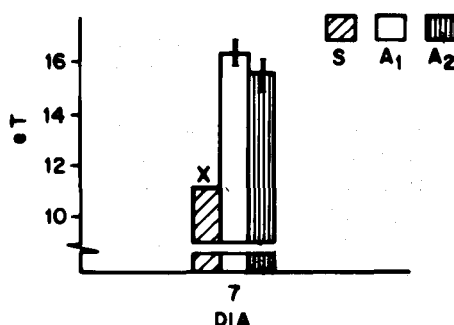


FIGURA 6. Experimento de terreno para pH = 1,21. Las ampollas incubadas a diferentes alturas de marea: A₂ = Intermareal alto, A₁ = Intermareal bajo, y S = submareal. Se muestrearon las ampollas luego de 7 días de iniciado el experimento.

DISCUSION

La medida del ángulo de rotación estimará la temperatura si la relación funcional entre temperatura, concentración de hidrógeno y velocidad de inversión es conocida. La relación entre temperatura y ángulo de rotación no es lineal; a temperaturas altas la velocidad aumenta, comparado a la inversión a bajas temperaturas. En general las fluctuaciones incrementan eT (Brechtel, 1967). Debido a esto, podemos atribuirle al valor de eT una clara significación biológica (Hajek & Sáiz, 1976), pues altas y bajas temperaturas tienen distintos pesos en la reacción. Solamente si el medio es constante en cuanto a su temperatura, los valores de eT son comparables a temperaturas convencionales. En medios como agua y tierra, donde la variabilidad de la temperatura es baja, el método puede ser

preciso (Schmitz, 1959) y en ese sentido podría ser adaptable a situaciones similares a las observadas en el intermareal.

Las fluctuaciones son mayores en el aire; así, los valores de eT son superiores a los de la temperatura media; en nuestros experimentos esto se observa claramente en las ampollas donde hay interacción agua-aire.

Lützke (1963) señala, basado en datos tomados en el ambiente exterior, que la determinación de la temperatura por el método de la inversión de la sacarosa es poco precisa en el caso de la medición de temperaturas absolutas, si existen fluctuaciones de ella. Si observamos los datos obtenidos, en nuestros experimentos, éstos sobrepasan a los datos de temperaturas absolutas medidas. Las fluctuaciones de temperatura pueden ser causantes de este hecho, pero también puede haber ocurrido un calentamiento por acción directa de los rayos solares sobre las ampollas con solución. El aislamiento puede no haber sido suficientemente eficiente, y éste es un punto importante de ser tomado en cuenta.

Schmitz (1964), enuncia otras fuentes de error: la presencia de sustancias extrañas en la solución; lectura en el polarímetro a temperaturas fuera del rango de 15 – 25°C; errores debido a cambios en el ángulo de rotación durante la disolución del azúcar; mediciones inexactas del peso del azúcar; todas estas fuentes de error por separado, son causantes de errores leves. Schmitz & Volkert (1959) demuestran que errores en el pH de magnitud igual a 0,01° producen errores de 0,15°C y que errores de la lectura del ángulo de rotación del orden de 0,05° producen un error de 0,05°C. Se da cuenta de que la fuente principal de error es la medida del pH. Durante esta experiencia, el pH fue controlado con un pH-metro con sensibilidad de $\pm 0,05^\circ$. Es decir, puede considerarse un error de 0,75°C debido al ajuste de la solución tampón. El efecto de fluctuaciones en las cámaras de incubación y las variaciones en el ajuste del pH de la solución tamponada, explican las variaciones de las temperaturas efectivas determinadas en laboratorio.

Con estas consideraciones, este trabajo concluye que es posible detectar diferencias en la temperatura efectiva en el intermareal rocoso a diferentes alturas de mareas, pero que en cuanto a valores absolutos de temperaturas éstos manifiestan claramente las fluctuaciones de temperaturas ambientales debido a los cambios periódicos de temperatura agua-aire y a fluctuaciones microclimáticas del área de estudio. Las condiciones que ocurren en la zona intermareal son el resultado de la interacción entre el ambiente marino y el terrestre (Johnson, 1975). Dado que la velocidad de reacción de la solución ácida de sacarosa corresponde a una función exponencial, altas y bajas temperaturas entran con distinto peso en la reacción; luego, no pueden compararse las cifras de eT con aquellos valores que incluyen temperaturas no captadas por este método (Hajek & Sáiz, 1976). Es posible encontrar valores comparables, sólo en condiciones en que la temperatura ambiental fluctuara poco y la totalidad de los componentes tuviera valores dentro del rango captado por el método. Desde el punto de vista del método de la sacarosa, se concluye que su utilidad y efectividad es apropiada como metodología para la medición de las temperaturas biológicamente efectivas y es un complemento apto para la caracterización microclimática del intermareal rocoso expuesto al oleaje.

Si se pretende adicionalmente medir valores relativos entre sitios y esencialmente en el medio acuático marino a diversas profundidades, el método podría resultar adecuado. El bajo costo de los "sensores" y de las soluciones (experimentos hechos con azúcar corriente nos han resultado también satisfactorios) lo puede hacer útil para mediciones continuadas y con muchas réplicas, en este tipo de sistemas.

Finalmente, se recomienda realizar futuros estudios en relación al aislamiento de las ampollas del efecto de la radiación directa del sol, al uso de ampollas de un material resistente a la acción del oleaje y a estudios de variaciones estacionales de la temperatura. Estos estudios tenderán, por otra parte, a mejorar significativamente el conocimiento microclimático de la zona intermareal rocosa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BECKER N J (1975) Praktische Erfahrungen mit der reaktionskinetischen Temperaturmessung nach Pallmann. *Archiv für Meteorologie Geophysik und Bioklimatologie, Ser. B*, **23**: 415–430.
- BERTHET P (1960) La mesure ecologique de la temperature par determination de la vitesse de inversion du saccharose. *Vegetatio* **9**: 197–207.
- BRECHTEL H M (1967) Chemical totalizer of radiation. Thesis for the Degree of Master of Science, Colorado State University, 124 pp.
- HAJEK E & F SAIZ (1970) Aplicación del método de la sacarosa a la caracterización microclimática del Parque Nacional "Fray Jorge", Chile. *Anales del Museo de Historia Natural de Valparaíso*, **9**: 163–172.
- HEAT R A (1977) Heat balance in a small coastal inlet Pauatahanui Inlet, North Island, New Zealand. *Estuarine coastal marine Science*, **5**: 783–792.
- JOHNSON S E (1975) Microclimate and energy flow in the marine rocky intertidal. In: Gates, D.H. & R. B. Schmerl (eds.), *Perspectives of Biophysical Ecology*, pp. 559–587. Springer-Verlag, New York Inc.
- LUTZKE R (1963) Über die Problematik von Temperaturmessungen mit der eT Methode bei lokalklimatologischen und standortkundlichen Untersuchungen. *Archiv. für Forstwesen*, **12**: 1053–1065.
- PALLMANN H, E EICHENBERGER & A HASLER (1940) Eine neue Methode der Temperaturmessung bei oekologischen oder bodenkundlichen Untersuchungen. *Berichte der Schweizerischen Botanischen Gesellschaft*, **50**: 337–367.
- PHLEGER F B & J S BRADSHAW (1966) Sedimentary environments in a marine marsh. *Science*, **154**: 1551–1553.
- PATTEE E (1978) Un índice thermique utile en écologie. I. la mesure de la temperature par la méthode de l'inversion du saccharose. *Bull. Ecol.* **9** (3): 253–258.
- PATTEE E (1981) Un indice thermique utile en ecologie. II. Quelques valeurs annuelles et trimestrielles obtenues en eau douce par la methode de l' inversion du saccharose. *Bulletin d' Ecologie* **12**: 1–8.
- SCHMITZ W (1964) Messprobleme bei reaktionskinetischen Untersuchungen mit dem Kreispolarmeter dargestellt am Beispiel der reaktionskinetischen Temperaturmessung. *Zeiss Mitteilungen* **3**: 227–249.
- SCHMITZ W & E VOLKERT (1959) Die Messung von Mitteltemperaturen auf reaktionskinetischer Temperaturmessung Grundlage mit dem Kreispolarmeter und ihre Anwendung in Klimatologie und Bioökologie, speziell in Forst und Gewässerkunde. *Zeiss Mitteilungen* **1**: 300–337.
- SOKAL R R y F J ROHLF (1979) *Biometría*. 832 pp. H. Blume Ediciones, Barcelona, España.
- VUGTS H F & J T F ZIMMERMANN (1975) Interaction between daily heat balance and the tidal cycle. *Nature, Lond.* **225**: 113–117.
- WILDE P A, W J DE & E M BERGHUIS (1979) Cyclic temperature fluctuations in a tidal mudflat. In: E. Naylor, R. J. Harnoll (eds.) *Cyclic phenomena in marine plants and animals*. Pergamon Press.
-