

## ESTUDIO DE LA TEMPERATURA EN UN INVERNADERO ADOSADO CON ORIENTACIÓN NORTE EN LA PATAGONIA ANDINA

**Alejandro D. González**

Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA), CONICET y UNCOMA, Centro Regional Universitario Bariloche, 8400 Bariloche, Río Negro. E-mail: [gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar](mailto:gonzalezad@comahue-conicet.gob.ar)

*Recibido: 08/08/12; Aceptado: 03/10/12*

**RESUMEN:** El objetivo de este trabajo es medir la temperatura a lo largo del año en un invernadero adosado a un vivienda en clima muy frío (zona bioclimática VI). Se estudió una vivienda con invernadero adosado en las orientaciones este y norte, y que contiene a la envolvente del local interior también monitoreado. En el período de 9 meses entre agosto de 2010 y abril de 2011, se registraron las temperaturas en el exterior, en el invernadero y en el local interior. En los meses de invierno y primavera se obtuvo una temperatura media del invernadero muy inferior a la temperatura de la cara interna del muro. A finales del mes de diciembre la temperatura media del invernadero superó a la temperatura interior, y esta situación se mantuvo hasta comienzo del mes de marzo, a partir del cual nuevamente se tienen menores temperaturas en la cara externa del muro que en el local interior. Se concluye que, en las condiciones climáticas de Bariloche, las temperaturas medias del invernadero no permitirían que exista aporte de calor al ambiente interior en invierno, primavera, y otoño, a través de un muro con orientación norte dentro del invernadero adosado.

**Palabras clave:** Energía solar, Muro masivo, Invernadero, Calefacción

### INTRODUCCIÓN

En la región de la Patagonia, el principal aporte energético en un edificio se dedica a la calefacción. En la zona cordillerana de Bariloche (RN), El Bolsón (RN), Esquel (Chubut), con temperaturas medias anuales entre 5°C y 9°C, y grado-día (base 18) entre 3000 y 5000, los estudios muestran que al menos un 80% de la energía total consumida en una vivienda unifamiliar se usa en calefacción. Sólo un 5% corresponde a electricidad, y el 95% a gas natural (González, 2008). Investigaciones realizadas en la ciudad de Río Grande (Tierra del Fuego), mostraron consumos de gas aun mayores a los registrados en la región cordillerana (Díaz y Czajkowski, 2006). En la región norte de la Patagonia, en particular en el Valle del Río Negro, se tienen inviernos más cortos y moderados (zona bioclimáticas IV), y la necesidad de acondicionamiento de aire es significativa entre 4 y 5 meses del año. Aun así, en encuestas en la ciudad de Cipolletti se observó un porcentaje de consumo de gas de 90% del total de energía usada en las viviendas. El porcentaje de uso eléctrico en el total de energía de una vivienda es de alrededor de 10% en la zona norte de la Patagonia, y de menos del 5% en la zona cordillerana.

El alto consumo predominante de gas se origina en 3 causas principales: 1) clima; 2) envolvente de edificios sin aislamiento térmico; 3) equipos de calefacción de muy bajo rendimiento. El clima en la Patagonia está caracterizado en su mayoría en zonas V y VI de la Norma Iram 11603, con alguna proporción menor en el norte en zona IV. Este clima exige diseños bioclimáticos adecuados en envolventes, pisos, zócalos externos, y vidrios (Evans y de Schiller, 1990). Sin embargo, en encuestas en Bariloche se encontró que el 97% de las viviendas unifamiliares no cuentan con ningún tipo de aislamiento y muy altos consumos de gas, aun en viviendas de menos de 100 m<sup>2</sup> (González, 2009). La implantación de edificios sin tener en cuenta una orientación conveniente, y en muchos casos en zonas con sombra por arboledas de hoja no caduca, son elecciones que se contraponen con un diseño bioclimático. Por otro lado, en trabajos previos se demostró experimentalmente la muy baja eficiencia térmica de los calefactores de tiro balanceado. Estos dispositivos se usan en más del 80% de los hogares en la región (Juanicó y González, 2008a y 2008b). Recientemente, en junio de 2012, un corte de gas masivo derivado de un accidente con una máquina vial dejó a Bariloche sin gas natural por 4 días. Con muy baja autonomía térmica, las actividades de la ciudad colapsaron (escuelas e instituciones cerradas, comercios sin actividad, suspensión de reservas hoteleras, etc.). Desde Defensa Civil se instruyó a la población a no abandonar sus hogares salvo por necesidad imperiosa, aunque la mayoría de los hogares se encontraron asimismo en condiciones muy por debajo del nivel de confort. Con las condiciones edilicias actuales la región tiene muy poca resiliencia ante un evento de carencia de combustible, en particular el gas, el cual es usado para compensar grandes pérdidas de calor debidas a las causas antes mencionadas.

En algunos intentos por mejorar la eficiencia térmica de los edificios, recientemente se han puesto en práctica un mayor número de estrategias bioclimáticas. Aunque al presente en porcentaje mínimo, la inclusión de orientaciones adecuadas, aprovechamiento de energía solar, y aplicación de envolventes eficientes está cobrando algún interés en la región. En estos planteos es habitual encontrar muros masivos orientados al norte que se han diseñado con el propósito de captar calor de la energía solar. No se trata de muros Trombe sino de muros simples, sin aislación térmica, en los cuales se busca la masividad, ya sea a través de espesores de 30 cm en ladrillos comunes o de espesores similares o mayores en adobe. En algunos casos, se decide además situar el muro dentro de un invernadero, asumiendo que la mayor temperatura del invernadero contribuirá a la transferencia de calor al interior a través del muro. En clima frío y ventoso como el de la Patagonia, los invernaderos adosados pueden constituir una ventaja con respecto a la exposición del muro al ambiente exterior; aunque el aporte puede

ser mínimo respecto del requerimiento térmico en otoño e invierno. En otras latitudes y climas, los invernaderos adosados pueden también aportar calor a través de las envolventes protegidas (Ganem y Esteves, 2001; Arboit et al., 2009; Espinoza et al., 2009). Por otro lado, en la Patagonia Andina, en época invernal la radiación solar tiene su mínimo, y la nubosidad y la cantidad de días lluviosos su máximo. Con temperaturas medias mensuales de invierno entre 2° y 3°C, y vientos promedio de 20 a 23 km/h, resulta a priori poco probable extraer calor de un muro masivo orientado al norte. Es diferente la situación con un muro Trombe, que por disponer de aberturas para un manejo diurno y nocturno aprovecha más la irradiación solar y es menos dependiente de las muy bajas temperaturas nocturnas (Mercado et al., 2009). En un trabajo previo de Garzón et al., (2008), se investigó la captación solar en colectores y muros tipo Trombe en una vivienda de Chubut, en la Patagonia Andina, y los resultados para comienzos del otoño no mostraron aportes de calor significativos en esa región.

De todos modos, el muro masivo con orientación norte sigue siendo una elección de diseño que se ejecuta, y existe en la zona creencia de su conveniencia. Entonces, cabe la pregunta: ¿qué temperaturas medias se obtienen en los invernaderos adosados en la Patagonia Andina? El presente trabajo tiene por objetivo contestar esta pregunta monitoreando las temperaturas a ambos lados de un muro, para encontrar en qué condiciones podría existir transferencia de calor positiva hacia el ambiente interior. Para esto, entre agosto de 2010 y abril de 2011, se midieron las temperaturas a cada lado de una envolvente aislada térmicamente y adosada a un invernadero con orientación norte, y las condiciones climáticas externas. Esta configuración permite la comparación de las temperaturas en ambas caras del muro, vivienda e invernadero, y el posterior análisis de si convendría o no instalar un muro masivo acumulador que eventualmente transfiera calor.

## CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS Y RADIACIÓN SOLAR

La Figura 1a) muestra las líneas de igual cantidad de grados día para el período frío (IRAM, 1996), y en color el área de influencia del presente estudio, la cual tiene condiciones climáticas similares a la ciudad de Bariloche. En la Figura 1b), se muestran las zonas bioclimáticas de acuerdo a la latitud y altitud (IRAM, 1996), y se indican las ciudades de mayor tamaño en el área de influencia del presente estudio.

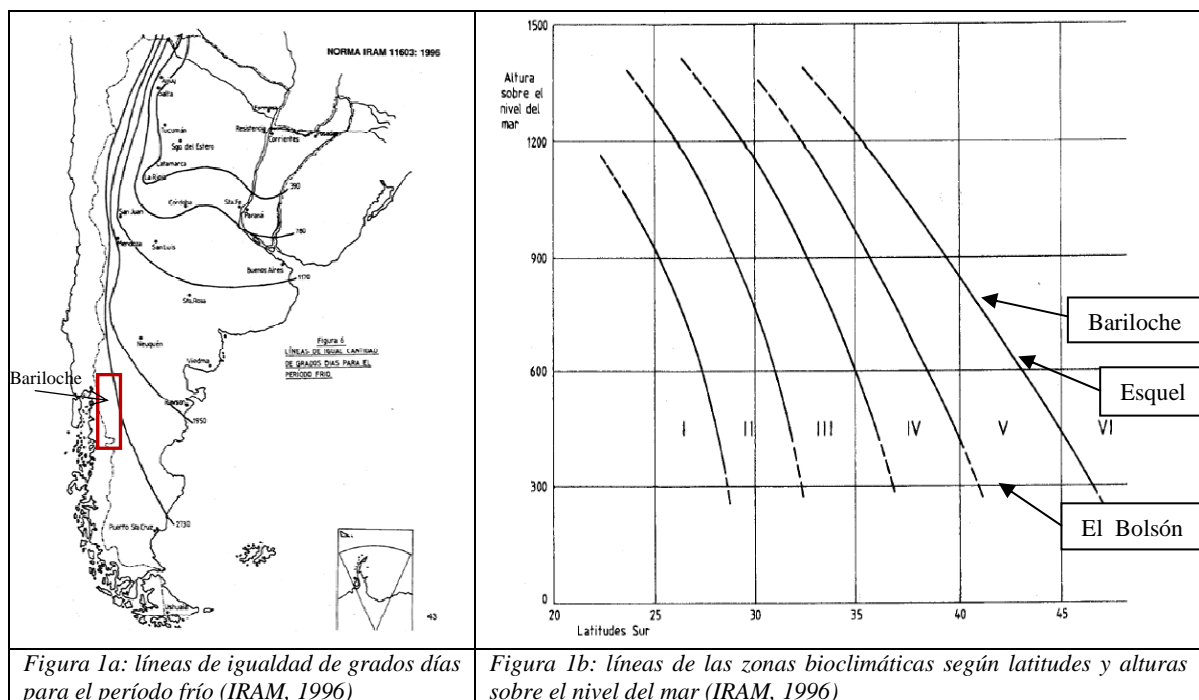


Figura 1a: líneas de igualdad de grados días para el período frío (IRAM, 1996)

Figura 1b: líneas de las zonas bioclimáticas según latitudes y alturas sobre el nivel del mar (IRAM, 1996)

La Figura 2a) muestra la irradiación solar media mensual para la zona de Bariloche. Los valores corresponden al Atlas de Energía Solar de la República Argentina (Grossi-Gallegos y Righini, 2007). La Figura 2b) resume los valores de la temperatura media mensual correspondiente al período 1981-1990, de acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2012). Se observa que en 5 meses de otoño/invierno, tanto la irradiación solar como la temperatura media son bajas. Nótese que aun con la alta irradiación solar en el período estival, la temperatura media mensual es baja (media anual = 8°C). En la situación térmica actual del parque edilicio de Bariloche, el consumo promedio en viviendas unifamiliares con gas natural es de alrededor de 20 m<sup>3</sup> por día en invierno. Esta cantidad de gas representa una energía de 200 kWh/día (poder calorífico inferior). Es interesante comparar este requerimiento con el promedio mensual de la irradiación solar diaria que resume la Figura 2a). En las encuestas los usuarios responden que usan la calefacción durante al menos 10 meses del año, y dejan los pilotos encendidos todo el año (González, 2008). En Río Grande, Díaz y Czajkowski (2006) encontraron que los hogares tenían las estufas encendidas aun en el verano. Estos comportamientos del usuario son coherentes con las temperaturas medias mensuales y los niveles mínimos o nulos de aislamiento térmico.

Aunque los valores de irradiación solar entre los meses de mayo y julio son muy bajos, el aporte de energía solar puede ser significativo en los meses fríos de la primavera y del otoño. Esta observación es la que conduce a inferir que sería conveniente la implementación de muros masivos como acumuladores de energía solar. Sin embargo, como veremos, el

hecho de que las temperaturas medias son muy bajas en la mayor parte del otoño y primavera también afecta el balance neto de energía captada por el muro. No se muestra por razones de espacio, pero el viento es también una variable desfavorable en

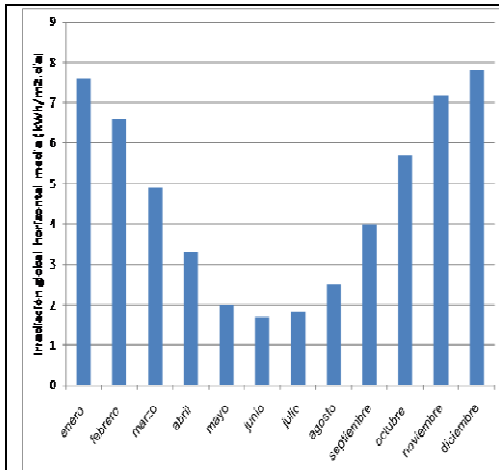


Figura 2a: Irradiación global horizontal media, en kWh/m<sup>2</sup>.día en Bariloche

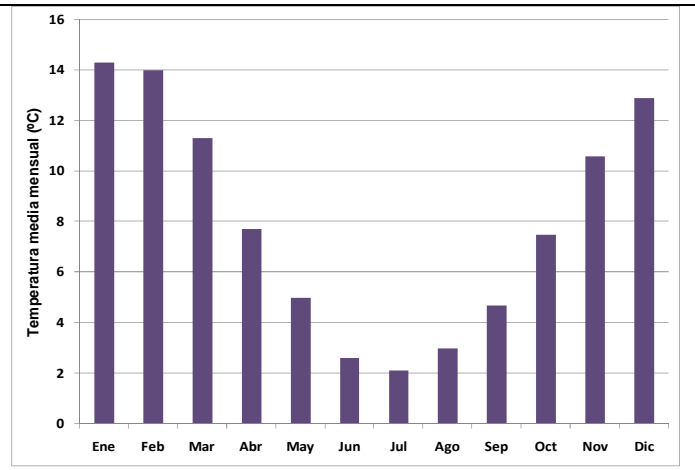


Figura 2b: Temperatura media mensual en Bariloche (SMN, 2012)

la región de estudio. A lo largo del año, el promedio mensual de viento se encuentra entre 20 y 29 km/h, y en los meses de invierno entre 20 y 23 km/h (SMN, 2012). Con invernaderos adosados, la influencia de esta variable se reduce sólo a las infiltraciones que puedan presentar los mismos, pero no a la acción directa en muros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Como se mencionó en las secciones anteriores, se midieron las temperaturas en ambos lados de un muro aislado térmicamente contenido en un invernadero con orientación norte, y adosado a la vivienda. El estudio de este caso simplifica el problema al eliminar la variable de viento directo sobre el muro, y permite conocer la temperatura del invernadero que es resultante del clima y de sus características constructivas, pero independiente del aporte de calefacción de la vivienda.

La Figura 3a) muestra el muro norte de la envolvente (pintado de color verde) incluida en el invernadero; y la Figura 3b) la fachada incluyendo en la planta baja el invernadero. Este tiene forma de L, con un ancho constante de 2,70 m; y largo de 11,30 m en la dirección E-O, y de 6,3m en la dirección N-S. La superficie total del invernadero es de 47 m<sup>2</sup>. La envolvente de la vivienda que está contenida en el invernadero tiene 8,6 m de largo en la dirección E-O y 6,3 m en la dirección N-S, siendo la altura de 2,5 m. El techo del invernadero es de chapa sinusoidal translúcida de resina de poliéster. Este mismo material cierra el lado orientado hacia el oeste (en el centro de la Figura 3a). Los laterales con orientación norte y este están vidriados, con las aberturas montadas en una base de mampostería de 0,80 m de altura (Figura 3a).



Figura 3a: vista del invernáculo que contiene el muro en estudio



Figura 3b: fachada norte

La envolvente de la vivienda está compuesta de un muro de ladrillo cerámico de 0,18 m, revocado en la cara externa, con aplicación de 0,06 m de poliestireno expandido en la cara exterior y con revestimiento de placa de yeso (pintado color verde en la Figura 3a). La aislación de poliestireno expandido se prolonga 0,5 m debajo del nivel de tierra que se observa en la figura. En la cara de la envolvente hacia el local interior, se tiene cámara de aire de 0,02 m con revestimiento de placa de yeso. La transmitancia del muro compuesto es de 0,43 W/m<sup>2</sup>K. El nivel de aislamiento térmico del muro corresponde, para esta zona bioclimática, a la solución denominada económica en un trabajo previo de Galli y Evans (2003). Las aberturas

tienen vidrio y cámara de aire de 0,015, constituida entre el vidrio simple y un plástico externo de 150 $\mu$ m. La transmitancia de esta abertura es similar a la que se obtiene con doble vidriado. Con esta configuración, la transferencia térmica entre el local interior y el invernadero se encuentra muy reducida respecto a la configuración con un muro convencional sin aislantes y con vidriado simple, con lo cual puede asumirse que las temperaturas en el local y en el invernadero son variables independientes. De esta forma, las condiciones que originan un régimen particular de temperaturas en el invernadero serán aproximadamente independientes del interior de la vivienda, y dependerán de la irradiación solar, de las variables climáticas externas, y de las características constructivas del invernadero.

En este punto es importante notar que la configuración actual de la envolvente adosada al invernadero es la que permite realizar esta experiencia, pero no es la que debería tenerse para eventualmente acumular y transferir calor. Como se mencionó, el muro descrito en el presente trabajo limita significativamente el intercambio de calor entre el ambiente interior y el invernadero ( $K=0,43\text{W/m}^2\text{K}$ ). Esta configuración es necesaria para la realización del estudio, asumiendo que la calefacción interior no aporta calor al invernadero. Esto hace que la medición de temperaturas a ambos lados del muro tenga sentido para conocer si las condiciones ambientales del invernadero serían favorables, o no, a un aporte de calor hacia el interior. Dicho de otra forma, se busca observar si existirían las condiciones externas para entregar calor a ese ambiente, o, de lo contrario, si ese ambiente calefaccionado y de temperatura media constante calentaría el exterior. Un muro para transferir calor acumulado no debería tener aislamiento térmico, pero la conveniencia o no de su instalación depende de las condiciones ambientales del invernadero en la región de estudio.

La pregunta objetivo de este trabajo puede contestarse por otros métodos, por ejemplo con simulaciones numéricas y mediciones de consumo de energía. Estos son muy adecuados y han sido bien desarrollados por otros autores. Sin embargo, aquí se quiere mostrar que también es posible encontrar una respuesta en el presente caso con medición sólo de temperaturas.

Entre los meses de agosto de 2010 y abril de 2011 se midió la temperatura del aire de un local interior adyacente al muro en el lado norte, así como también del aire del invernadero adyacente a la envolvente, y del aire exterior al invernadero. Se utilizaron Datalogger TDL 2048 fabricados en el Instituto Balseiro de la Universidad Nacional de Cuyo, de rango  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $85^{\circ}\text{C}$ , con apreciación mínima de  $0,5^{\circ}\text{C}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 4 se muestran las mediciones de temperaturas entre el 2/8/2010 y el 1/10/2010. En la Figura 2b) se observa que este período se caracteriza por aumento de la temperatura media, correspondiendo a la segunda mitad del invierno y comienzo de primavera. En azul se grafica la temperatura del local interior, y la recta que corresponde al promedio, el cual tiene un valor constante debido al uso de calefacción. Las fluctuaciones corresponden al comportamiento de los usuarios. Por lo general se utilizó la calefacción entre 4 y 6 horas por día. En rojo se grafica la temperatura del invernadero. Ésta presenta grandes fluctuaciones entre las diurnas con irradiación solar y las nocturnas, y pueden observarse los días con irradiación solar pobre. La temperatura media diaria del invernadero tiene un valor de  $6^{\circ}\text{C}$  el 2 de agosto y asciende a  $12^{\circ}\text{C}$  el 1 de octubre. En color verde se graficó la temperatura exterior. Nótese que el invernadero presenta temperaturas muy bajas en los períodos sin radiación solar, en algunos casos bajo cero, y en todos los días mostrados en la Figura 4 la temperatura mínima del invernadero está por encima de la temperatura exterior entre  $2^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$ . Si bien esta diferencia con el exterior es una

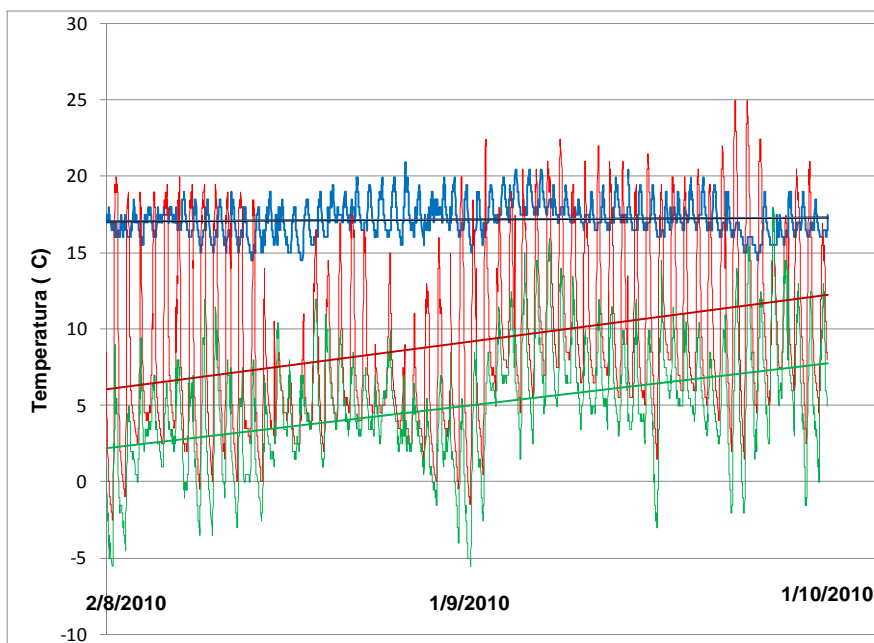


Figura 4: Temperaturas en función del tiempo entre los meses de agosto y octubre de 2010. En azul, local interior; en rojo, invernadero; en verde, exterior. Las rectas indican los ajustes lineales en los 3 casos.

ventaja para preservar cultivos, nótese que la envolvente de la vivienda dentro del invernadero se encuentra de todos modos a temperaturas muy bajas.

La temperatura exterior, en color verde, aumenta desde una media de 2°C hasta 7°C en el período indicado, con incremento similar al observado en el invernadero. En el período indicado en la Figura 4, la cara de la envolvente hacia el invernadero está expuesta a temperaturas medias muy por debajo de las del local interno, y por lo tanto no puede aportar calor al ambiente calefaccionado. La gran diferencia de temperatura media observada muestra que no sería posible obtener ganancia de calor hacia el local interior a través de la envolvente norte y, considerando la temperatura externa, menos aun ocurriría en el caso de que el muro no estuviera protegido por el invernadero. Sin embargo, en casos en que el muro externo esté expuesto a la radiación solar directa, habría que realizar un análisis adicional, y no queda a priori claro el resultado. No se midió aquí el período más frío del invierno, pero de los registros de radiación solar y clima (Figuras 4, 2a, y 2b), se deduce que las condiciones serían aun más desfavorables para una posible acumulación y transferencia de calor al interior.

En la Figura 5 se grafican las mediciones para el período del 1/10/2010 hasta el 16/12/2010. La temperatura del local interno, en azul, disminuye a partir del 15/11/2010 debido a que se apagó el sistema de calefacción (central por caldera y radiadores).

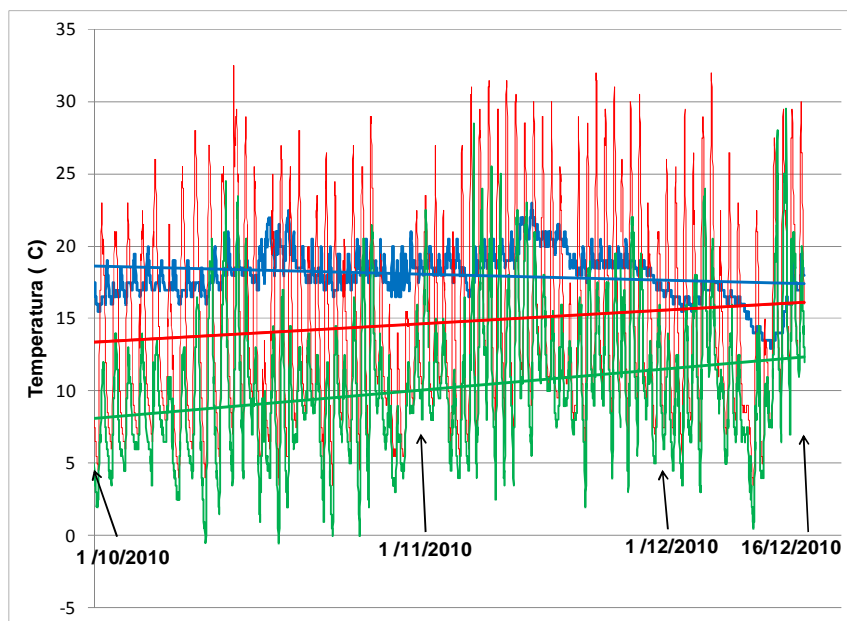


Figura 5: Temperaturas en función del tiempo entre los meses de octubre y diciembre de 2010. En azul, local interior; en rojo, invernadero; en verde, exterior. Las rectas indican los ajustes lineales en los 3 casos.

En este período la temperatura promedio del invernadero aumenta hasta situarse muy cerca de la correspondiente al ambiente interior, y la temperatura exterior media tiene un incremento levemente superior a la del invernadero. De todos modos, en este periodo la temperatura media del local interior es mayor a la del invernadero, por lo cual también en este período de primavera se registran condiciones no adecuadas a la ganancia de calor por acumulación solar y transferencia al ambiente interior a través de una eventual envolvente masiva con bajo aislamiento térmico.

De la Figura 2a), nótese que la irradiación solar es muy alta en los meses de noviembre y diciembre, en forma consistente con lo observado en las temperaturas máximas del invernadero y exterior. Las temperaturas medias exteriores obtenidas (Figuras 4 y 5) son consistentes con las medias mensuales históricas de agosto a noviembre (3°C, 4,5°C, 7,5°C y 10,5°C, respectivamente) que se muestran en la Figura 2b).

En la Figura 6 se grafican las temperaturas para el período 16/12/2010 hasta el 1/3/2011. Este es muy interesante porque muestra el cruce de las rectas promedio de las temperaturas del invernadero y del ambiente interior, el cual se produce alrededor del 27 de diciembre. A partir de esa fecha, la temperatura del invernadero es mayor a la interior, y una envolvente masiva sin aislamiento estaría en condiciones de entregar calor al ambiente interior. La pendiente del aumento de temperatura interior es similar a la de aumento de temperatura exterior, lo cual se explica por la ganancia de calor como consecuencia de la mayor temperatura externa en la parte de la envolvente de la vivienda ajena al invernadero. Con la calefacción apagada la temperatura del ambiente interior depende de los aportes y pérdidas en toda la vivienda (Figura 3b).

En el período entre el 16/12/2010 y el 7/1/2011 de la Figura 6 no se registran las temperaturas del ambiente exterior. Esto se debió a una falla en el seteo del Datalogger, sin embargo no tiene mayor relevancia en el análisis de datos general. En ese período la recta en color verde es la extrapolación del período entre el 7/1 y el 1/3. Por otro lado, las temperaturas medias mensuales medidas para enero y febrero se corresponden con las medias históricas graficadas en la Figura 2b). Nótese que aun en enero y febrero las temperaturas exteriores medias son menores a 15°C, con varias noches por debajo de los 5°C. Como se mencionó, en viviendas sin aislamiento térmico es habitual que los usuarios dejen los pilotos encendidos todo el año, para poder hacer uso de la calefacción en algunas noches del verano.

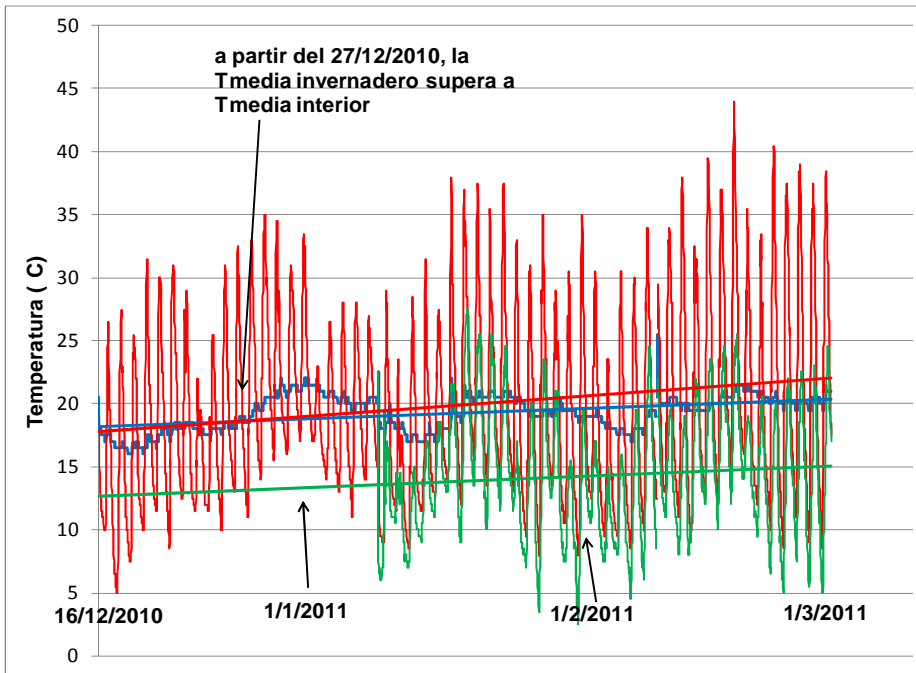


Figura 6: Temperaturas en función del tiempo entre los meses de diciembre de 2010 y marzo de 2011. En azul, local interior; en rojo, invernadero; en verde, exterior. Las rectas indican los ajustes lineales en los 3 casos.

La Figura 7 muestra el resultado de las mediciones en el período del 1/3/2011 al 12/4/2011. Por dificultades operativas no se obtuvieron datos para el periodo entre el 7/3 y el 15/3, y que se indica en la Figura 7 con una separación y una llave. Al disminuir la temperatura exterior y la irradiación solar, las temperaturas del invernadero disminuyen, obteniéndose que alrededor del 4 de marzo las rectas promedio del invernadero y del interior del local se cruzan, con lo cual aproximadamente a partir de esta fecha el ambiente interno se encuentra a mayor temperatura media que el invernadero. La calefacción se encendió el 28/3/2011, produciendo el aumento de temperatura observado en la gráfica en color azul.

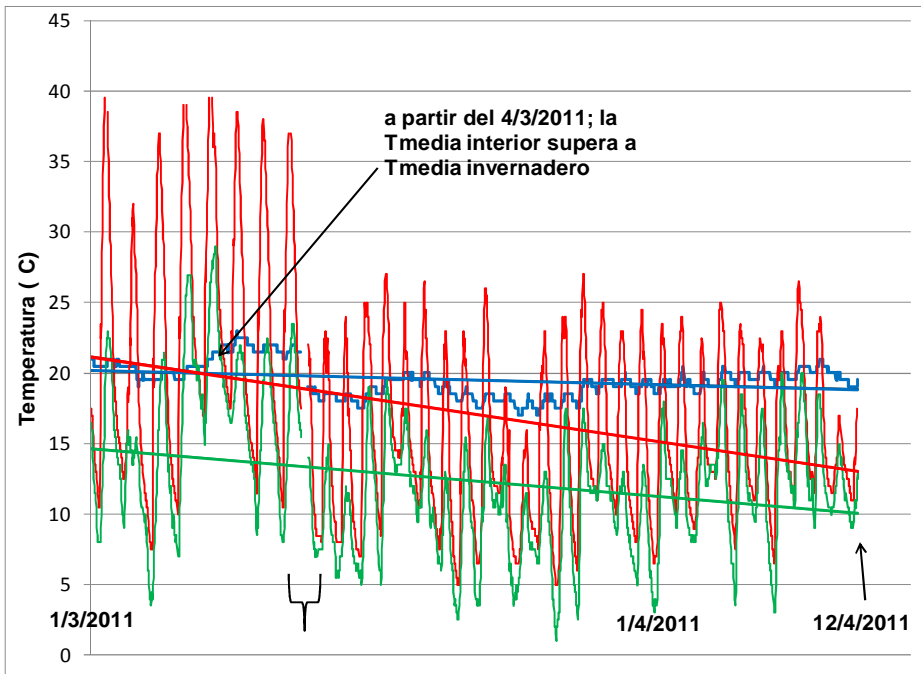


Figura 7: Temperaturas en función del tiempo entre los meses de marzo y abril de 2011. En azul, local interior; en rojo, invernadero; en verde, exterior. Las rectas indican los ajustes lineales en los 3 casos, y la llave un período de 8 días sin mediciones.

A partir del 15/3/2011 las condiciones de irradiación solar y temperatura exterior cambiaron significativamente con respecto a las condiciones de los períodos anteriores, y nuevamente se entra en un período en el cual no se obtendría ganancia de calor a través de una envolvente con orientación norte incluida en el invernadero. Las temperaturas exteriores para el período mostrado en la Figura 7 son consistentes aunque algo superiores a las medias históricas mostrados en la Figura 2b). Nótese

que en el mes de marzo se tienen temperaturas nocturnas cercanas a 0°C, que influyen significativamente en la disminución de temperatura promedio del invernadero.

De la medición sistemática mostrada en las Figuras 4 a 7 puede observarse que, aun cuando las temperaturas máximas en el invernadero son altas debido a la alta irradiación solar, las características del clima cordillerano hacen que las temperaturas nocturnas sean muy bajas. Este comportamiento climático conduce a que, en época fría de otoño, invierno, y primavera, no pueda existir ganancia neta de calor a través de un muro orientado al norte e incluido en un invernadero. Esta conclusión también muestra la conveniencia de la rehabilitación térmica de las envolventes en esta región, aun en aquellas orientadas al norte. El espesor de aislamiento recomendado según norma es de 150 mm, y el económico mínimo de 50 mm (Galli y Evans, 2003).

Con anterioridad al presente estudio, se pensó que la envolvente incluida en el invernadero podría aportar calor al interior dadas las altas temperaturas diurnas que pueden observarse en el mismo, aun en invierno, debido a la irradiación solar. Entonces, durante el año previo al presente trabajo, el muro descrito aquí no se encontró aislado térmicamente, ni contó con los revestimientos ni cámara de aire interior; es decir, en el año previo se tuvo un muro convencional de ladrillo cerámico de 0,18 m y revoque externo, el cual sí podía actuar como muro acumulador y además transferir calor. Durante el período de mayo a octubre de 2009, con esa configuración sin aislamiento térmico se obtuvieron temperaturas entre 10°C y 11°C en la superficie de las paredes interiores del local, el cual calefaccionado presentó temperaturas medias de 18°C. La observación de estas bajas temperaturas en la cara interna del muro sin aislación durante 5 meses del período frío, fue relevante para inferir que la envolvente en esas condiciones no estaba aportando calor al ambiente, aun con su otra cara en el invernadero. Este hecho motivó la rehabilitación de esa parte de la envolvente y posteriormente el presente estudio sistemático de la temperatura del invernadero adosado. Es interesante notar nuevamente que las altas temperaturas desarrolladas en el invernadero en algún momento del día, en una región muy fría, se contraponen con muchas horas sin aporte solar y temperaturas muy bajas, lo cual conduce a temperaturas medias bajas en la época en que el requerimiento de calefacción es máximo.

En un trabajo previo, Garzón et al. (2008) observaron altos requerimientos de calefacción en la Patagonia Andina a comienzos del otoño. Estudiaron una vivienda con diseño bioclimático que se desarrolló en la Provincia de Chubut, en Cushamen, también en zona bioclimática VI. Las viviendas incluyen muros masivos de suelo cemento de 0,30 m de espesor, invernadero adosado, y alguna parte de la superficie norte con muros Trombe. En forma consistente con los resultados que se muestran aquí, esos autores encontraron que fue necesario un consumo de calefacción significativo ya en el mes de abril, y predijeron consumos más altos que los esperados en diseño para el invierno. La vivienda estudiada por Garzón et al. (2008) se encontró a 220 km al sur de Bariloche, cerca de la ciudad de Esquel, con condiciones climáticas similares (Figura 1b). Los resultados del presente trabajo sugieren que sería también importante estudiar en detalle el comportamiento térmico de los muros Trombe para las condiciones muy frías de la zona bioclimática VI.

En las Figuras 4 a 7 se observa que en todos los meses de medición el invernadero adosado constituye una ventaja térmica con respecto a la configuración sin invernadero. Las temperaturas medias del invernadero son sistemáticamente más altas que las del exterior. Sin embargo, una envolvente expuesta al exterior recibiría el aporte directo de radiación solar, por lo cual debería estudiarse el caso sin invernadero teniendo en cuenta esta variable, junto con la temperatura y la acción convectiva del viento. Entonces, no podemos extender por ahora los resultados obtenidos aquí a la conveniencia, o no, de un muro con orientación norte que no esté incluido en un invernadero.

## **CONCLUSIONES**

Se estudiaron las condiciones de temperatura del aire interior y exterior a una envolvente incluida en un invernadero con orientación norte. El objetivo fue identificar las condiciones en las cuales sería conveniente no aislar un muro norte en la localidad de Bariloche, en zona bioclimática VI, y que este transfiera calor al ambiente. Durante un período de 9 meses entre 2010 y 2011, se midió sistemáticamente la temperatura en ambas caras de una envolvente aislada que no afecta la temperatura del invernadero. De esta forma se monitorearon las condiciones climáticas del invernadero que dependen del clima externo y de sus características. Desde agosto a octubre se observan temperaturas promedio muy inferiores en el invernadero que en el ambiente exterior, lo cual no haría posible la transferencia de calor hacia el interior si se instalara una envolvente masiva sin aislación. En noviembre y diciembre las diferencias son menores, y cerca de fin de diciembre la temperatura media del invernadero supera a la temperatura media del local interior. Esta situación favorable a una ganancia de calor hacia el interior se mantiene durante el verano, hasta que a comienzo del mes de marzo la situación nuevamente se revierte, y el aporte de calor por acumulación y transferencia no es posible. Esto indica que una envolvente masiva sin aislación adosada al invernadero aportaría calor a la vivienda sólo durante el período estival.

De acuerdo a los resultados obtenidos se confirma la conveniencia de realizar aislaciones térmicas adecuadas para zona bioclimática VI, aun en envolventes con orientación norte dentro de invernaderos.

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo ha sido financiado en parte por el proyecto PIP 114 200801 00107 del CONICET, y por el proyecto B155 "Problemáticas ambientales en norpatagonia andina: riesgos y oportunidades" de la Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche.

## **REFERENCIAS**

- Arboit M. et al., (2009). Estrategias bioclimáticas adoptadas en el diseño de viviendas de interés social. Caso de estudio comuna de Perugia, Italia. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 5.104-5.112
- Díaz C., Czajkowski J. (2006). Auditorías energéticas en viviendas de interés social en Río Grande, Tierra del fuego. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 10, 07.33-07.38
- Espinoza R. et al., (2009). Evaluación experimental de cambios constructivos para lograr confort térmico en una vivienda Altoandina del Perú. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 5.203-5.210
- Evans, J.M., de Schiller, S. (1990). Bridging the gap between climate and design: a bioclimatic design course for architectural students in Argentina. *Energy & Buildings* 15, 43–50
- Galli G.R., Evans J.M. (2003). Espesores económicos de aislación térmica: impacto de la crisis económica. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 7, 07.07-07.12
- Ganem C., Esteves A. (2001). Invernadero adosado: tecnología solar para acondicionamiento térmico de viviendas y obtención de hortalizas y forrajes en comunidades de bajos recursos. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 6, 02.19-02.24
- Garzón B., Hernández A., Mele E., De Benito L. (2008). Estrategias bioclimáticas aplicadas, monitoreo y simulación en una vivienda rural de interés social. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 5.113-5.120
- González A.D. (2009). Consumo de gas en viviendas unifamiliares de Bariloche: análisis de criterios para fijar aumentos de tarifa. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 7.17-7.23
- González A.D. (2008). Aumento de eficiencia térmica en la ciudad de Bariloche: propuesta de plan de mejoras con dirección de subsidios a la inversión, y no al consumo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 12, 7.57-7.64
- Grossi Gallegos H., Righini R. (2007). Atlas de energía solar de la República Argentina. Secretaría de Ciencia y Tecnología y Universidad Nacional de Luján
- IRAM (1996). Norma IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Disponible en: <http://procesosconstructivos.wordpress.com/2011/08/22/pc2%E2%80%A2ficha-n%C2%BA2-%E2%80%A2norma-iram-11-603>
- Juanicó L., González A.D. (2008a). Thermal efficiency of natural gas balanced-flue space heaters: measurements for commercial devices. *Energy and Buildings* 40, 1067-1073
- Juanicó L., González A.D. (2008b). Savings in natural gas consumption by doubling thermal efficiencies of balanced-flue space heaters. *Energy and Buildings* 40, 1479-1486
- Mercado M.V., Esteves A., Chaves C. (2009). Evaluación termo-energética de una vivienda bioclimática en la periferia de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* 13, 5.104-5.112
- SMN, 2012. Servicio Meteorológico Nacional, [www.smn.gov.ar](http://www.smn.gov.ar), sección Climatología-Datos estadísticos.

**ABSTRACT:** The aim of this work is to measure year-round temperatures in an attached greenhouse in a very cold climatic zone (IRAM bioclimatic zone VI). A one-family house with an attached greenhouse facing North and East was studied by measuring temperatures during 9 months between August 2010 and April 2011. Air temperatures in the greenhouse, in the house and in the outside were obtained. During autumn and winter the average temperature in the greenhouse was always lower than the interior. Only at the end of December (beginning of summer) the average temperature in the greenhouse is higher than the interior one, and this situation keeps until the beginning of March. Therefore, in the climatic region studied, the period for which the envelope wall can contribute to transfer heat to the house is the summer, when it is usually not needed.

**Keywords:** Solar energy, Attached greenhouse, Heating