

Tesis de Maestría

Cambio climático global y enfermedades emergentes, en especial, posible expansión de la esquistosomiasis en el cono sur de Sudamérica

Dabas, Raquel Victoria

2010

Tesis presentada para obtener el grado de Magister de la
Universidad de Buenos Aires en Ciencias Ambientales de la
Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the Master's and Doctoral Theses Collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Dabas, Raquel Victoria. (2010). Cambio climático global y enfermedades emergentes, en especial, posible expansión de la esquistosomiasis en el cono sur de Sudamérica. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4799_Dabas

Cita tipo Chicago:

Dabas, Raquel Victoria. "Cambio climático global y enfermedades emergentes, en especial, posible expansión de la esquistosomiasis en el cono sur de Sudamérica". Tesis de Magister. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2010.

http://hdl.handle.net/20.500.12110/tesis_n4799_Dabas

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

BIBLIOTECA CENTRAL
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
Y NATURALES / UBA

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Maestría en Ciencias Ambientales

**CAMBIO CLIMÁTICO GLOBAL Y ENFERMEDADES
EMERGENTES, EN ESPECIAL, POSIBLE EXPANSIÓN DE LA
ESQUISTOSOMIASIS EN EL CONO SUR DE SUDAMÉRICA**

Maestrando

Raquel Victoria Dabas

Director de Tesis

Dr. Rubén Bejaran

Codirector de Tesis

Dr. Daniel E. Nahabedian

B 0605

Tesis presentada para optar por el título de Magister en Ciencias Ambientales

2010

19/11/2010
474.434/2002

A CARLOS, MARIANO Y BÁRBARA
A CLEOPATRA Y COPÉRNICO
A LA HUMANIDAD

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rubén Bejarán, por su paciente comprensión, su apoyo en la dirección y la entrega generosa de sus conocimientos

Al Dr. Daniel Nahabedian, por su confianza, estímulo y enseñanza

A Carlos, mi compañero, por el amor, la seguridad y el apoyo incondicional en todos mis proyectos

A Mariano y Bárbara, por ser lo que son y como son

A mis padres, base que me impulsó a estudiar y perseverar en mis convicciones

A Becky, mi amiga leal

A Felisa, por el tiempo compartido

A la familia Zdrojweski, con quien cuento en todo momento

A la familia Dabas, que me alienta a distancia

A Mariana y Javi, por su compañía y ayuda desinteresada

Al Dr. Marasco, por mantenerme en mi eje

A mis amigos, que siempre están presentes

INDICE

Introducción	1
Capítulo 1 Materiales, Métodos y Área de Estudio	11
Capítulo 2 La enfermedad	19
Capítulo 3 El Huésped Intermediario	29
Capítulo 4 El Parásito, <i>Schistosoma mansoni</i>	45
Capítulo 5 Clima de las Regiones en Estudio	62
Capítulo 6 Tendencias observadas en las variables climáticas: Temperatura y Precipitación	94
Capítulo 7 Escenarios Futuros	125
Conclusión	155
Recomendaciones	159

INTRODUCCIÓN

Entre los factores que influyen en la instalación, dispersión y permanencia de las enfermedades, el clima juega un rol importante al favorecer condiciones que permiten su evolución.

En relación a las enfermedades infecciosas, Sattenspiel (2001) observó que, a través de la historia, las regiones tropicales, caracterizadas por fuertes lluvias, elevadas temperaturas y humedad relativa alta, han sido afectadas más seriamente por dichas dolencias que las regiones con climas templados, dado que el clima en las primeras es un condicionante que, al favorecer altos niveles de biodiversidad tanto de huéspedes, de vectores y de patógenos, posibilita el auge de dichas enfermedades.

Muchas enfermedades, tales como malaria, dengue, leishmaniasis, esquistosomiasis y leptospirosis, entre otras, que son hoy endémicas en más de 100 países, han sido un problema casi exclusivo de los países que se encuentran en esta franja del mundo. Sin embargo, en los últimos años se han observado cambios en el comportamiento de las enfermedades circunscritas a estas regiones, con la posible diseminación de muchas de ellas más allá de las áreas tropicales. De hecho, algunos trabajos ya han descripto el incremento de brotes de enfermedades previamente existentes y hasta la aparición de nuevas enfermedades en zonas o nichos donde antes no existían (Carbajo *et al.*, 2001, Huarcaya Castilla *et al.*, 2004). Cada evento ha representado un impacto económico, social y sanitario para la región afectada.

Entre los factores que han favorecido la dispersión de las enfermedades, podemos destacar los movimientos migratorios tanto de humanos como de animales, el aumento de turismo a regiones exóticas, el incremento del comercio de productos agrícolas que contribuye al transporte de microorganismos, insectos y/o sus huevos y la intervención del hombre en el uso de la tierra. Ahora bien, para que las enfermedades se instalen en estas áreas tienen que existir condiciones socio - sanitarias y ambientales preexistentes que lo faciliten.

Un factor importante escasamente considerado para el ingreso de enfermedades tropicales a otras áreas ha sido el **cambio climático**. Los cambios espaciales como temporales de la temperatura y las precipitaciones están creando un clima “más tropical” en diversos sectores del mundo, situación que favorece la diseminación de

vectores o **huéspedes intermediarios** de enfermedades y, por lo tanto, aumentando el riesgo de transmisión de las mismas (Dobson y Carter, 1993; Martens *et al.*, 1997; Githeko *et al.*, 2000; Fang y Cutchan, 2002).

Cambios en las variables climáticas modificarían no sólo el comportamiento y la distribución de vectores, huéspedes y parásitos, sino que también factores ambientales tales como la vegetación y la disponibilidad de áreas que favorezcan la incrementación de criaderos. (Martens *et al.*, 1995; Githeko *et al.*, 2000).

Otra consecuencia relacionada con las alteraciones climáticas es que han producido migraciones humanas y asentamientos provisionales en condiciones sanitarias deficitarias (Patz *et al.*, 1996; Sattenspiel, 2000; Glantz, 2001). A nivel mundial ha aumentado el potencial de las dos enfermedades parasitarias más importante de los últimos tiempos, la malaria y la esquistosomiasis. La aparición de nuevos casos de esta última enfermedad se debe especialmente a las modificaciones humanas del medio ambiente, agravado por la asociación oportunista de la esquistosomiasis con otras dolencias (Rumi *et al.*, 1997).

Es importante notar que en Sudamérica estas variables climáticas están cambiando en las últimas décadas tal como lo informan los trabajos realizados en la región por numerosos autores. Barros *et al.* (2000) estudiaron las tendencias de las precipitaciones en la región sur de Sudamérica y comprobaron que en las últimas décadas se están presenciando las mayores lluvias, esto sumado a ciertas características topográficas representan mayor capacidad de encharcamiento en la región.

Otros trabajos manifiestan una tendencia positiva de las precipitaciones en la región de estudio, tal es el caso de los trabajos de Doyle *et al.*, (2005) realizados sobre gran parte de la región sudeste de Sudamérica durante el periodo 1959 - 2003 y que muestran que en las provincias de Misiones, Corrientes, Chaco y Formosa estas tendencias son muy significativas, alcanzando valores de 5 milímetros al año, lo cual generaría mayores áreas anegadas. Las nuevas condiciones de precipitación están relacionadas con tres procesos que probablemente estén vinculados entre sí: la mayor intensidad y frecuencia de eventos El Niño, el aumento de la temperatura de la Antártica y el desplazamiento del anticiclón del Atlántico Sur, esto último causado por el aumento de las concentraciones de los Gases causantes del Efecto Invernadero, es decir, que está vinculado al cambio climático global.

En función a lo declarado por el equipo técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007), “el calentamiento del sistema

climático es inequívoco, como evidencian ya los aumentos observados del promedio mundial de la temperatura del aire y del océano, el deshielo generalizado de nieves y hielos y el aumento del promedio mundial del nivel del mar”.

A escala regional se pronostican aumentos de las temperaturas que varían en función a las condiciones futuras que se consideren. En los trabajos de Núñez *et al.* (2005) sobre la determinación de los escenarios regionales de Cambio Climático para la República Argentina, para el periodo 2071 - 2100, se pronostica un aumento de la temperatura media de verano entre 2,5 y 3,5 °C y para invierno de 2,5 y 5,0 °C para la zona estudiada. Por su parte, Marengo y Ambrizzi (2006) plantean como escenario futuro un aumento de la temperatura en el litoral argentino de 4 °C para el 2071 en relación a la línea de base del periodo 1960 - 1990.

Por lo tanto, dado que el Cambio Climático ya se está produciendo y seguirá durante la primera mitad del siglo en forma inevitable (Barros, 2006), es importante plantear, por un lado, la adaptación a los cambios ya introducidos, y por otro lado, medidas de mitigación para evitar los daños mucho más importantes que se esperan para la segunda mitad del siglo.

Actualmente el cambio en el clima está dominado por la influencia del hombre, de manera tal que excede los límites de la variabilidad natural. La principal fuente de Cambio Climático inducida por el hombre es el cambio en la composición atmosférica. Estas perturbaciones resultan sobretudo de las emisiones asociadas con el uso de la energía, pero a escala local y regional, la urbanización y el cambio en el uso del suelo son también importantes (Karl y Trenberht, 2003).

En Argentina hay una creciente preocupación por la Esquistosomiasis. El noreste argentino y el área de influencia de la Cuenca del Río de la Plata son considerados una zona de riesgo potencial (Paraense y Correa, 1987; Quintana, 2000; Borda y Rea, 2007), dada la cercanía y la similitud en las condiciones sociales, sanitarias y ecoepidemiológicas con Brasil, en dónde la enfermedad tiene características endémicas. La esquistosomiasis es una enfermedad con baja mortalidad pero alta morbilidad, que debilita severamente a quienes la padecen, reduce su capacidad productiva y limita sus perspectivas de progreso económico y social (Mirkin *et al.*, 2000).

Para que la enfermedad tenga lugar intervienen tres actores, el esquistosoma (parásito), el huésped intermediario (un molusco) y el huésped definitivo (entre los que se encuentra el hombre). Además es necesario un espejo de agua, medio físico indispensable para el desarrollo del ciclo vital del parásito y la subsistencia del caracol.

Por otro lado, para que se instale la enfermedad debe existir una carga poblacional (población humana), (Bavia *et al.*, 1999) y una carga parasitaria, ligada a la densidad del molusco, apropiada para permitir la transmisión.

En Sudamérica la especie de parásito que produce la enfermedad es *Schistosoma mansoni*, y el molusco que actúa como intermediario es del Género *Biomphalaria*.

Tanto el parásito como el caracol necesitan para vivir que las condiciones externas se mantengan dentro de cierto rango. La variación de las mismas afecta no sólo a la sobrevivencia de ambos, sino que también sus capacidades de reproducción y el grado de infectividad. Hay que tener en cuenta que el número de moluscos, su concentración y el porcentaje de infestación están relacionados con la precipitación, la vegetación, la topografía, el tipo de suelo y las características del cuerpo de agua (Bavia *et al.*, 1999).

En cuanto a la relación de la esquistosomiasis con el calentamiento global, producto del Cambio Climático, unos pocos intentos se han realizado por predecir cambios espaciales en la distribución de la transmisión de la misma y los resultados han sido conflictivos (Xiao-Nong *et al.*, 2008). Mientras algunos modelos predicen un aumento del área geográfica susceptible a la esquistosomiasis (Martens *et al.*, 1995), otros pronostican un decrecimiento en la transmisión de la enfermedad (Martens *et al.*, 1997). Aunque la naturaleza y la extensión del Cambio Climático en la transmisión de la esquistosomiasis permanece pobremente entendida, hay consenso en que las áreas más sensibles están alrededor de los límites de la transmisión actual (Morgan *et al.*, 2001; Xian-Nong *et al.*, 2008).

Es importante notar que el comportamiento humano es aún el mayor componente de riesgo de contaminación. El deficiente manejo del recurso agua, aumenta la probabilidad de una transmisión satisfactoria del parásito, siendo la educación un arma que puede permitir disminuir la prevalencia de la enfermedad (Combes, 1990).

Antecedentes

Esquistosomiasis: Enfermedad y Clima

Hay abundante bibliografía que relaciona la esquistosomiasis con las variables climáticas de las regiones en que se disemina.

Investigadores en Sudáfrica (Shiff *et al.*, 1975) realizaron estudios mostrando que la producción de cercarias de *Schistosoma mansoni* y de *S. haematobium* siguen parámetros estacionales y sugirieron que el factor que más influye en éste comportamiento es la temperatura.

A su vez en Zimbabwe, África, se observó que las zonas de alta endemia son consistentes con climas cálidos, donde la transmisión de la enfermedad es constante y las áreas de baja endemia coinciden con climas más templados, donde existen periodos en los cuales se produce un adormecimiento del estadio intramolusco del parásito (periodo de incubación extrínseca) (Shiff *et al.*, 1975). En esa misma región de África se verificó que la mayor transmisión se da cuando empieza a aumentar la temperatura coincidente con un periodo seco, lo que produce un aumento en la concentración de caracoles. Al comenzar las lluvias los moluscos se dispersan y, aunque sigue la transmisión de la enfermedad durante toda la época de lluvia, la misma disminuye dado que por un lado baja la carga parasitaria, y por el otro, aumenta la disponibilidad de áreas acuáticas para la población.

Graeff-Teixeira *et al.* (2004) señalan que uno de los factores en la diferencia entre la expansión explosiva de la esquistosomiasis en la localidad de Richard Toll (16° 28' N, 15° 41' O, Senegal, África) en 1988, luego de la instalación de la represa Diama, con respecto a Esteio, (entre 29° 50' y 29° 54' S, y entre 51° 12' y 51° 10' O, Río Grande del Sur, Brasil) donde la enfermedad se detectó en 1997, ha sido el hecho de que en el sur de Brasil existen inviernos relativamente marcados.

Santana Teles *et al.* (2002) en estudios realizados en Bananal, estado de San Pablo, Brasil, sobre la conducta de *B. tenagophila*, observaron que pequeños cambios en el pH y la temperatura del agua, producían variaciones tanto en la densidad de población del molusco como en la transmisión de la enfermedad. Otra característica climática que relacionaron fue la precipitación, observando que la mayor densidad de población de *B. tenagophila* coincidía con la estación seca y los caracoles infestados eran más numerosos justo antes del periodo de lluvias fuertes.

Por otro lado, Bavia *et al.* (1999) en estudios realizados en el estado de Bahía, Brasil, donde los valores de temperatura son tales que permite el desarrollo tanto del molusco como el parásito, el límite de la enfermedad estuvo determinado por la duración del periodo seco anual y la densidad poblacional.

Sumado a los estudios realizados en campo se han llevado a cabo muchos experimentos en laboratorio para verificar la influencia de la variación de la temperatura en la mortalidad e infestación tanto del miracidio como de la cercaria.

De Witt (1954) trabajó en un rango de 10 a 35 °C y observó que la habilidad de el miracidio de *S. mansoni* de penetrar en el caracol, *B. glabrata*, estaría probablemente relacionada con la temperatura ambiental y la cepa de huésped.

Stirewalt y Fregeau (1965), realizaron estudios utilizando el rango de 7 a 45 °C, para relacionar la inmovilización y/o muerte del miracidio y las cercarias de *S. mansoni* a temperaturas límites, tanto máximas como mínimas.

Por otro lado Purnell (1966), estudió la sobrevivida e infestación del miracirio y de la cercaria en un rango de 12 a 33 °C, observando que éstas dependían de la temperatura de mantenimiento del baño en que se realizaba el experimento. Además, observó que para el caso de las cercarias, dichas funciones variaban con la relación entre la temperatura y la edad de las mismas.

Lawson y Wilson (1980), realizaron su estudio en un rango de temperatura de 10 a 40 °C, y enfatizaron la importancia de la temperatura del agua en la determinación de la longevidad de la cercaria de *S. mansoni*, y Anderson *et al.* (1982) mostraron que la supervivencia de los miracidios dependían tanto de la edad como de la temperatura.

Los experimentos realizados por Coelho y Bezerra (2006), quienes trabajaron en un rango de 15 a 30 °C, señalaron una relación directa entre temperatura y porcentaje de infestación en *B. glabrata*, observando también que en el periodo de incubación extrínseca el desarrollo del parásito se extendía cuando bajaba la temperatura.

Modificaciones en el uso del suelo y Enfermedad

En cuanto las modificaciones en el uso del suelo y la dispersión de vectores, podemos citar dos ejemplos, uno en Senegal y el otro en Brasil. En Senegal, la falta de agua era un limitante a la expansión de la esquistosomiasis, dado que tanto la temperatura como las condiciones socio - sanitarias eran favorables a la dispersión de la misma, pero la construcción de una represa posibilitó la proliferación del moluscos el aumento de su densidad y por lo tanto la carga parasitaria necesaria para la instalación y rápida propagación de la esquistosomiasis (Southgate *et al.*, 2001).

En cuanto al caso brasileño, en el estado de Paraná, había una zona que, hasta fines del siglo XIX, estaba cubierta de bosque primario, condición desfavorable para el crecimiento de *Biomphalaria*. Cerca de 1867 comenzaron las primeras migraciones desde San Pablo y Minas Gerais completando en la década de 1920 la ocupación de la tierra con plantaciones de café, a la que le siguieron continuas ondas migratorias desde el noreste del país. La asociación de tres factores: devastación del ambiente natural por la explotación agrícola, ocupación de la tierra por inmigrantes de bajo status socioeconómico y eutrofización de los cuerpos de agua, estimularon la proliferación de *B. glabrata* en la zona, extendiéndose hacia la frontera con Paraguay (Paraense, 2001).

De esta manera se instaló el molusco en la zona y posteriormente se instaló la enfermedad.

Enfermedad, Expansión Geográfica y Relación con el Área de Estudio

La esquistosomiasis arribó a la costa nordeste de Brasil a mediados del siglo XVI, transportada por los esclavos africanos portadores del parásito, que fueron llevados para trabajar en el cultivo de caña de azúcar, desde aquí se expandió hacia el norte y hacia el sur (Graul et al., 1998).

En los años '50, el crecimiento industrial y económico en los Estados de Minas Gerais, Río de Janeiro y San Pablo, favorecieron la migración hacia ésta región de personas desde áreas endémicas. Este hecho sumado a la presencia del hospedador intermediario y las malas condiciones socio - sanitarias dieron lugar a la carga parasitaria necesaria para la instalación de la enfermedad en toda la región.

Desde esta zona la esquistosomiasis se fue dispersando hasta arribar a los estados de la Región Sur de Brasil. Es así como en 1980 se detectó en el Estado de Santa Catarina, en la localidad de San Francisco do Sul (26° 14' S, 48° 39' O), donde se encontraron tanto ***B. tengophila*** como humanos infestados (Bernardini y Machado, 1981) y, en 1981 se detecta la enfermedad en la localidad de Jaraguá (26° 29' 37'' S, 49° 03' 44'' O).

Por último en 1997 se detectó por primera vez ***B. glabrata*** (Carvalho et al., 1998), así como el primer caso autóctono de infestación en humanos en Río Grande del Sur. Un año después se detectan caracoles infestados en varios estanques cerca del Río Sinos en la Municipalidad de Esteio (entre 29° 50' y 29° 54' S, y entre 51° 12' y 51° 10' O), área metropolitana de Porto Alegre capital del Estado (Graeff-Teixeira et al., 2004).

En 1916 Lutz declaró que en Río de Janeiro así como en San Pablo y hacia el sur de éste estado, no había esquistosomiasis. Desde entonces, la expansión se ha dado en forma lenta pero constante desde el norte de Brasil hacia las latitudes más altas (Paraense y Corrêa 1987; Paraense 2001). Y debemos tener en cuenta que no sólo existe un avance de la esquistosomiasis hacia el sur de Brasil, sino que el foco más austral donde se encuentra la misma, en la latitud 29° 50', está muy cercano a los límites con las Argentina.



Figura I.1: Expansión de la transmisión de esquistosomiasis en Brasil. Fuente Almeida Machado, 1977

En Argentina, Paraguay y Uruguay existen poblaciones de *B. tenagophila*, *B. straminea* (transmisores de la esquistosomiasis en Brasil) y *B. peregrina* consideradas un potencial huésped de *S. mansoni* (Correa y Paraense 1971; Borda *et al.*, 2003).

Parte de las superficies de estos tres países junto con otros dos (Brasil y Bolivia) están incluidas en la cuenca del Plata cuya actividad preponderante es la agricultura y la ganadería. El transporte fluvial es otra actividad de importancia en la región, destacándose la hidrovía comercial que conecta el interior de América del Sur a través del río Paraná. Además en la cuenca se han desarrollado grandes centrales de energía hidroeléctrica, represas, Yacyretá - Apipé (sobre los saltos del Paraná, Argentina - Paraguay), Itaipú (sobre río Paraná, Brasil - Paraguay), Salto Grande (sobre el río Uruguay, Uruguay - Argentina). Estas grandes extensiones de agua hacen de las regiones involucradas con la cuenca del Plata, áreas vulnerables a la infección de esquistosomiasis.

Completando el panorama podemos añadir que varios estudios realizados en laboratorio, mostraron que moluscos ubicados en ésta región son susceptibles a la infestación de cepas de *S. mansoni* brasileñas. En trabajos de Paraense y Correa (1989)

se muestra que *B. straminea* de El Espinillar cerca de Salto (Uruguay) mostraron un significativo nivel de susceptibilidad a la infestación con la cepa SJ2 de *S. mansoni*.

Borda y Rea en 1997, demostraron que *B. tenagophila* recolectada en Ayola y en Fuente Salto resultaron susceptibles a la infestación con la cepa de SJ2 de *S. mansoni*. Ayola es una pequeña localidad paraguaya (distrito del departamento de Las Misiones, 27° 23' 60'' S, 56° 53' 60'' O), ubicada sobre la margen derecha del río Paraná donde está emplazada la represa de Yacyretá. Fuente Salto está situada en las cercanías de la represa de la Central Hidroeléctrica Binacional de Salto Grande, ubicada en el curso medio del Río Uruguay, que se encuentra a unos 15 km al norte de las ciudades de Salto (Uruguay) y Concordia (Provincia de Entre Ríos, Argentina),

En 2007 Borda y Rea mostraron que *B. tenagophila* procedentes de Encarnación (27° 19' 60'' S, 55° 53' 60'' O, capital del departamento de Itapúa) en Paraguay; Maloyas, Rincón de Vences, Berón de Astrada y Goya (29° 9' 43'' S, 59° 15' 27'' O) en Corrientes (Argentina) y Posadas en Misiones (Argentina), todas localidades de la cuenca del río Paraná, resultaron susceptibles y compatibles a la infestación con miracidios de la cepa SJ2 de *S. mansoni*, procedentes de Brasil.

Asimismo se debe tener en cuenta que dada la variación de especies de *Biomphalaria* existentes en la Argentina, cabe la posibilidad de que se produzca una nueva adaptación molusco - parásito, tal como sucedió con *B. tenagophila* refractaria al principio a *S. mansoni* para convertirse luego en el principal vector en Río de Janeiro y San Pablo (Rumi y Hamann, 1992). Además existe otro peligro latente y es el arribo a la Argentina y la adaptación al medio de *B. glabrata*, que es el huésped intermediario más importante en cuanto a su afinidad con el parásito y eficiencia en la transmisión de la enfermedad en Brasil (Carvalho *et al.*, 1998).

Objetivo

De acuerdo con lo expuesto anteriormente se resumen las motivaciones del presente trabajo:

- Tanto el parásito como el molusco tienen dependencia directa e indirecta con la temperatura y la precipitación.
- Las variables climáticas están experimentando cambios asociados al Calentamiento Global con una posible redistribución de enfermedades, entre ellas la esquistosomiasis.

- Existe una constante modificación en el uso del suelo en la región de estudio.
- La esquistosomiasis está extendiéndose hacia el sur de Brasil.
- Existe similitud socio - sanitaria entre el sur de Brasil y el noreste de la Argentina.
- *B. tenagophila* y *B. straminea* se encuentran en Argentina y en Brasil, en este último país ambas están infestadas con *S. mansoni*.
- En Argentina existen cepas de moluscos susceptibles a *S. mansoni*.

A partir de ello el objetivo general de este trabajo es poder analizar el riesgo de que una enfermedad, la esquistosomiasis, endémica en Brasil, se disperse a países limítrofes conforme al clima cambiante en la región.

En esta tesis se describen distintas características de la esquistosomiasis, abarcando aspectos biológicos y sanitarios. Se analiza climatológicamente la región de estudio con el objeto de evaluar zonas de riesgo, se verifican los cambios registrados en la temperatura y la precipitación de la región, y se estudia la posible evolución de estas variables en el contexto de un cambio climático, teniendo en cuenta diferentes escenarios futuros.

Los objetivos específicos son:

- Analizar las temperaturas de las regiones endémicas comparándolas con las zonas libres de enfermedad.
- Estudiar las tendencias climáticas en los últimos 60 años, con el fin de verificar y explicar cambios ambientales en la región en estudio.
- Evaluar los posibles escenarios climáticos futuros.

Al mismo tiempo, se pretende informar y contribuir con una herramienta de evaluación en estudios ambientales interdisciplinarios, colaborando en la construcción de medidas preventivas para mitigar los futuros impactos en el medio que los recepte.

CAPITULO 1

MATERIALES, MÉTODOS Y ÁREA DE ESTUDIO

Para este trabajo se consideró una amplia región comprendida entre las latitudes $6^{\circ} 30'$ S y 34° S y las longitudes de 34° O y 60° O. Se extiende en una franja al este del continente Sudamericano que abarca parte Este de Brasil, Este de Paraguay, Uruguay y el litoral de Argentina (Figura 1.1).

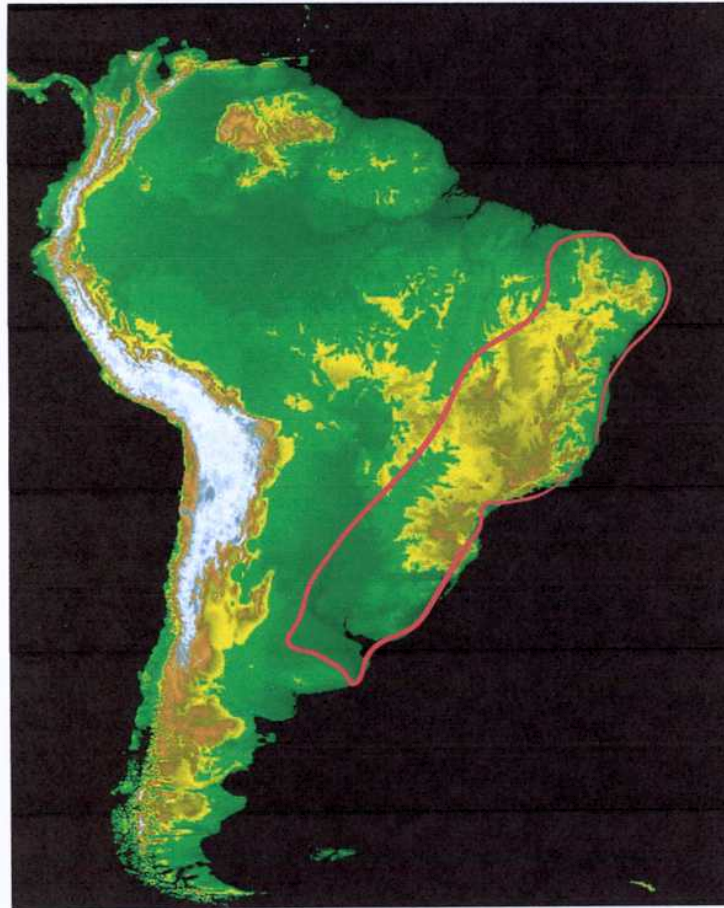


Figura 1. 1. Dentro del área circunscripta se encuadra la región en estudio, mostrando la localización de la misma en América del Sur.

Una vez limitada el área a estudiar se la dividió en regiones en función del grado de endemia (Ver Capítulo 2) y se le asignó una coordenada representativa de la misma (Tabla 1.1).

En la Tabla 1, se señala la latitud y longitud correspondiente a cada región, y si bien se agrega la provincia o país donde se localiza, hay que tener en cuenta que la zona que representa cada región es más amplia.

	REGIONES	LATITUD	LONGITUD
BAHÍA NORDESTE BRASIL	1	12° S	40° O
MINAS GERAIS SUDESTE BRASIL	2	20° S	42° O
LÍMITE MINAS GERAIS - SAN PABLO SUDESTE BRASIL	3	22° S	45° O
SAN PABLO SUDESTE BRASIL	4	22° S	50° O
SANTA CATARINA SUR BRASIL	5	27° S	50° O
RÍO GRANDE DO SUL SUR BRASIL	6	30° S	52° O
PARAGUAY	7	25° S	55° O
MISIONES ARGENTINA	8	27° S	55° O
CORRIENTES ARGENTINA	9	27° S	57° O
CORRIENTES ARGENTINA	10	30° S	57° O
SANTA FE ARGENTINA	11	30° S	60° O
URUGUAY	12	32° S	57° O
ENTRE RÍOS ARGENTINA	13	32° S	60° O
PROV. BS. AS. ARGENTINA	14	35° S	60° O

Tabla 1.1. Coordenadas representativas de cada región. Sombreado en rosa fuerte regiones de alta endemia, rosa claro regiones de baja endemia, no sombreados, regiones libres de enfermedad.

De esta manera la zona quedó clasificada en 14 regiones geográficas, cuya numeración se realizó de norte a sur siguiendo el camino de avance de la enfermedad en territorio brasileño, por lo que la región 1 corresponde al nordeste de Brasil y la región 14 a la provincia de Buenos Aires, tal como lo muestra la Figura 1.2.

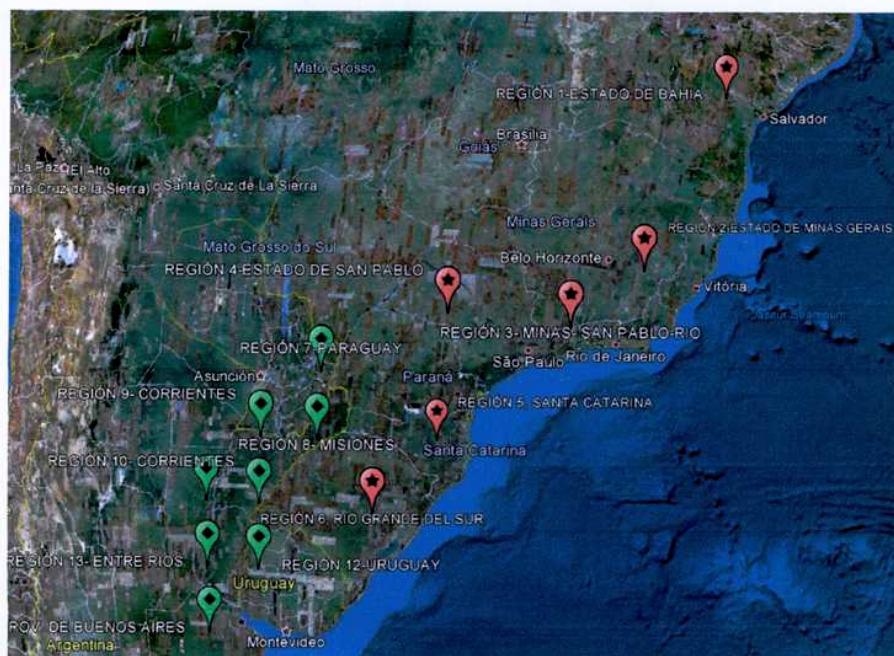


Figura 1.2. Mapa con la ubicación de las coordenadas elegidas, que representan las 14 regiones.

A partir de esta clasificación se realizaron los siguientes análisis:

- *Caracterización Climática de la región en estudio (Capítulo 5).*

Se procedió a la caracterización climática para cada región según la Clasificación de Köppen; asimismo se analizaron las marchas anuales climatológicas de las temperaturas medias mensuales y precipitaciones medias mensuales, periodo 1948 - 2007. La información utilizada corresponde a la base de datos de los Reanalysis NCEP/NCAR, (Kalnay *et al.*, 1996), provistos por la National Oceanic and Atmospheric (NOAA, USA). En función a estos datos se caracterizó climáticamente cada región.

-Comparación de las principales características térmicas entre zonas endémicas y zonas libres de esquistosomiasis (Capítulo 5).

Primero se compararon las temperaturas medias anuales, temperaturas medias estacionales y temperaturas medias mensuales de las 14 regiones, haciendo uso de la base de datos de los Reanalysis NCEP/NCAR (Kalnay *et al.*, 1996).

Con el objeto de profundizar el análisis se compararon número de días cuya temperatura media, temperatura máxima o temperatura mínima superaban cierto umbral. Para este análisis se utilizaron datos correspondientes a Estaciones Climatológicas (Tabla 1.2), durante el periodo 1977 - 2007, los mismos fueron extraídos de National Climatic Data Center, (NCDC), NOAA.

Estas estaciones cumplen con el requisito de encontrarse próximas a zonas donde se notificaron casos de esquistosomiasis en regiones endémicas o en el caso de regiones libres de enfermedad fueron zonas de mayor población o consideradas de alto riesgo.

País	Estaciones Climatológicas	Latitud	Longitud
BAHÍA NORDESTE BRASIL	SALVADOR DE BAHÍA REGIÓN 1	13° 01' S	38° 31' O
MINAS GERAIS SUDESTE BRASIL	BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	19° 56' S	43° 56' O
LÍMITE MINAS GERAIS - SAN PABLO SUDESTE BRASIL	RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	22° 55' S	43° 10' O
SAN PABLO SUDESTE BRASIL	LONDRINA REGIÓN 4	23° 23' S	51° 11' O
SANTA CATARINA SUR BRASIL	FLORIANOPOLIS REGIÓN 5	27° 35' S	48° 34' O
RÍO GRANDE DO SUL SUR BRASIL	PORTO ALEGRE REGIÓN 6	30° 01' S	51° 13' O
PARAGUAY	CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	25° 27' S	54° 36' O
MISIONES ARGENTINA	POSADAS REGIÓN 8	27° 22' S	55° 58' O
CORRIENTES ARGENTINA	CORRIENTES REGIÓN 9	27° 27' S	58° 46' O
CORRIENTES ARGENTINA	MONTE CASEROS REGIÓN 10	30° 16' S	57° 39' O
SANTA FE ARGENTINA	RECONQUISTA REGIÓN 11	29° 11' S	59° 42' O
ENTRE RÍOS ARGENTINA	CONCORDIA REGIÓN 12	31° 18' S	58° 01' O
SANTA FE ARGENTINA	ROSARIO REGIÓN 13	32° 55' S	60° 47' O
PROV. BS. AS. ARGENTINA	JUNÍN REGIÓN 14	34° 33' S	60° 55' O

Tabla 1.2. Estaciones Climatológicas elegidas. Sombreado en rosa fuerte regiones de alta endemia, rosa claro regiones de baja endemia, no sombreados, regiones libres de enfermedad.

- *Tendencias observadas en las variables climáticas: Temperatura y Precipitación (Capítulo 6).*

Teniendo en cuenta que la esquistosomiasis se está extendiendo de norte a sur de Brasil, con el fin de poder explicar el corrimiento de la enfermedad hacia latitudes mayores, se calcularon las tendencias de las temperaturas y de las precipitaciones en las diferentes regiones en estudio, para el periodo 1948 - 2007, 60 años, utilizando los datos de Reanalysis NCEP/NCAR evaluados en las 14 coordenadas descriptas. Las variables consideradas fueron las tendencias de la temperatura media anual, la temperatura media de verano, la temperatura media de invierno, la amplitud térmica anual, la de la precipitación anual y las de las precipitaciones estacionales.

Además se compararon las frecuencias relativas diarias, correspondientes a temperaturas umbrales entre los periodos 1978 - 1987 y 1998 - 2007, utilizando datos diarios de las Estaciones Climatológicas descritas anteriormente (Tabla 1.2).

-Escenarios futuros, Aplicación de Modelos Climáticos (Capítulo 7).

Se analizan las proyecciones de las temperaturas y las precipitaciones, haciendo uso de Modelos Climáticos como herramienta de simulación del clima futuro. Estos modelos son simuladores del sistema climático, que utilizan la resolución de las ecuaciones de las leyes y principios de la Física que gobiernan los procesos en cada componente del sistema, y los intercambios de energía y masa entre sí.

Los modelos utilizados fueron el HadCM3 (UKMO-HadCM3) y el modelo ECHAM (ECHAM5/MPI-OM). La elección de estos modelos es debido a que son ampliamente usados y citados en trabajo científicos.

Características de los Modelos utilizados

El HadCM3 (UKMO-HadCM3) es un Modelo Climático Global (GCM) acoplado océano-atmósfera desarrollado en el Centro Hadley perteneciente al Reino Unido (Hadley Centre for Climate Prediction and Research Met Office United Kingdom) y descrito por Gordon *et al.* (2000). Las variables atmosféricas que pronostica son, Temperatura, velocidad zonal (U), velocidad (V), presión en superficie, agua líquida contenida y agua líquida. La resolución atmosférica es de 2,5° de latitud por 3,75° de longitud, lo que equivale a una resolución de aproximadamente 417 km por 278 km en el Ecuador, reduciéndose a 295 km por 278 km a 45° de latitud.

El modelo ECHAM5/MPI-OM, también es un Modelo Climático Global acoplado océano-atmósfera, siendo la quinta generación del Modelo de Circulación General ECHAM, desarrollado en el Instituto Max Planck en Alemania (Max Planck Institute for Meteorology, Germany; Roeckner *et al.*, 2006; Jungclaus *et al.*, 2006). Las variables atmosféricas que pronostica son vorticidad, divergencia, temperatura, presión, vapor de agua, agua líquida en nubes y hielo en nubes.

Escenarios

Teniendo en cuenta que el desarrollo de la actividad humana puede tomar diferentes caminos y por lo tanto generar diferentes impactos, se construyen escenarios climáticos que prevén distintos comportamientos futuros. Los escenarios son supuestos de lo que podría acontecer, no son un pronóstico que describe un futuro altamente probable, sino que lo que describen es un posible futuro, internamente coherente y no les asigna

probabilidades de producirse. Tampoco son una extrapolación de tendencias históricas. Cada escenario contiene una serie de variables relacionadas entre sí, para formar una imagen de cómo el mundo podría ser en el futuro y constituyen una herramienta de utilidad para la creación de modelos del clima, para la evaluación de los impactos y para posibilitar la toma de decisiones en la mitigación y adaptación a posibles cambios.

La mayoría de los escenarios del clima futuro se basan en los escenarios elaborados a pedido del IPCC sobre Escenarios de Emisiones (IEEE, 2000), los que han sido ideados por Nakicenovic *et al.* (2000) y se utilizaron como base para la proyección climática en el informe especial de dicho organismo. En los distintos escenarios se describe un mundo futuro determinado, con supuestas características sobre factores económicos, sociales y ambientales. Por lo tanto, cada escenario va a ocasionar determinadas proyecciones de gases de efecto invernadero lo que se traduce en diferentes valores en la variación de temperatura futura.

Los IEEE están agrupados en cuatro familias, A1, A2, B1 y B2 y en función al IPCC se definen:

Escenario A1: presupone un crecimiento mundial muy rápido, máxima población hacia mediados de siglo y rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes.

Escenario B1: supone un mundo convergente, con la misma población mundial que en A1 pero con una evolución más rápida de las estructuras económicas teniendo como base una economía de servicios y de información.

Escenario B2: describe un planeta con una población intermedia y un crecimiento económico intermedio, más orientada a las soluciones locales para alcanzar la sostenibilidad económica, social y medioambiental.

Escenario A2: describe un mundo muy heterogéneo con crecimiento de población fuerte, desarrollo económico lento, y cambio tecnológico lento.

En éste trabajo se han utilizado como referencia el SRB1 y SRA2. Las características por las cuales han sido seleccionados son porque SRA2 presenta alta probabilidad de aumento (para el periodo 2000 - 2100) tanto de los gases de efecto invernadero como de la temperatura superficial, mientras que el SRB1 muestra una disminución de los gases efecto invernadero y un aumento más atenuado de la temperatura en superficie (Figura

1.3;

IPCC,

2007).

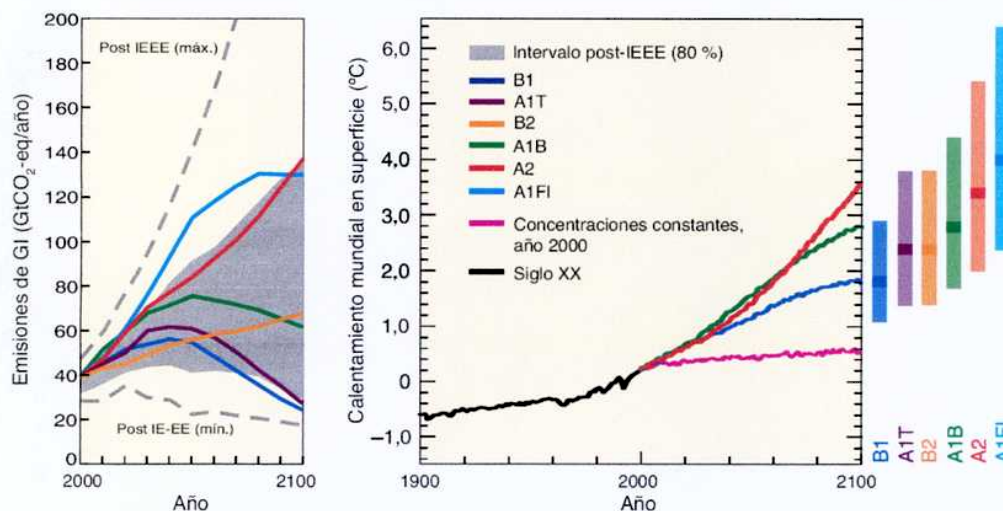


Figura 1.3. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero entre el 2000 y el 2100, y proyecciones de las temperaturas en la superficie. Fuente IPCC, 2007.

Una vez elegidos los modelos y escenarios, se analizaron los cambios proyectados de la temperatura media mensual para el periodo 2010 - 2039 considerando al SRB1 y al SRA2. Por último se analizaron los cambios proyectados del régimen de precipitaciones por el Modelo UKMO-HadCM3, en el SRB1 y SRA2, para el periodo 2010 - 2039. En todos los casos las proyecciones utilizan como línea de base el periodo 1961 - 1990. La información utilizada fue provista por IPCC-DDC.

Cabe aclarar las suposiciones que se tuvieron en cuenta en este estudio:

- Se utilizó la temperatura del aire para representar la condición térmica del agua, dado que el hábitat en que se desarrolla el molusco y en general el parásito, son aguas poco profundas (Martens *et al.*, 1997). En aquellos casos donde se habló específicamente de la temperatura del agua se especificó a cual medio físico se hacía referencia.
- Con respecto a las regiones brasileñas, se consideró a la quinta y sexta de baja endemia y a las restantes de alta prevalencia de esquistosomiasis. Sin embargo, se debe tener en cuenta que éstas últimas presentan heterogeneidad. Por lo tanto, en ellas se presentan áreas de mediana y baja prevalencia y hasta territorios libres de la enfermedad (Coura y Amaral, 2004; Santos do Amaral *et al.*, 2006).
- En cuanto a las áreas libres de enfermedad, si bien la región 7 es considerada no endémica, no se ha podido tener acceso a los datos oficiales provenientes de Paraguay.

- En las variaciones proyectadas por los modelos climáticos, se supone que el valor medio de la variable climática se puede modificar pero no su distribución (o sea puede cambiar el valor medio pero no su varianza).
- Se considera sólo la influencia de la temperatura y la precipitación en la distribución de la enfermedad, para lo que se supone que el resto de los factores condicionantes (presencia o ausencia de vegetación y depredadores, biología del molusco o parásito, topografía, modificaciones humanas del medio ambiente, migraciones humanas, asentamientos en condiciones sanitarias deficitarias, proyectos antropogénicos, etc.) en la instalación y dispersión de la esquistosomiasis no presentan una limitante y que dichos factores no se modificarían durante el periodo estudiado.

CAPITULO 2

LA ENFERMEDAD

La esquistosomiasis es una enfermedad de áreas tropicales y subtropicales, transmitida por un trematodo del género *Schistosoma*. Está extendida mundialmente y si bien produce una mortalidad relativamente baja, tiene una proporción de morbilidad elevada. La ecología de la enfermedad incluye ambientes lóticos y lénticos, estando asociados al comportamiento de los humanos y de sus animales domésticos.

La enfermedad existe desde hace miles de años, tal como se demuestra en el diagnóstico retrospectivo de momias del antiguo Egipto fechadas aproximadamente en el 3200 a. C. La primera descripción del helminto (gusano plano) causante de la esquistosomiasis fue realizada por Theodor Maximilian Bilharz (1825 - 1862), en Egipto en el año 1851 por lo que la enfermedad es también conocida con el nombre bilarziasis. Un año después se descubrió la asociación del parásito con la enfermedad (etiología). Sin embargo el ciclo de vida del esquistosoma es recién descrito en 1913 por Miyairi y Suzuki (Rollinson y Southgate, 1987).

Manson en 1902, detecta la enfermedad en un hombre de origen inglés que había viajado extensamente a través del Caribe y Sambon en 1907 encontró al parásito en muestras de sangre y designó a la especie como *Schistosoma mansoni*. En 1908 fue encontrada en Sudamérica por Pirajá da Silva. Para 1918 Leiper había conducido extensas investigaciones en esquistosomiasis y reportado el ciclo de vida de *S. mansoni* en el cual describió al caracol como vector y la morfología del gusano adulto (Despommier *et al.*, 2005).

La esquistosomiasis, muy extendida en África, se ha difundido al resto del mundo desde mediados del siglo XVI con el comercio de esclavos quienes portaban el parásito. Pero sólo pudieron subsistir las larvas en las áreas tropicales donde existía un hospedador intermediario óptimo, siendo en América, un caracol de una especie del Género *Biomphalaria*. Se cree que los primeros casos americanos diagnosticados corresponden a las Antillas (1902) y desde entonces la difusión de la enfermedad ha sido notable (Quintana, 2000).

En la actualidad la enfermedad es endémica desde el Caribe hasta la región sur de Brasil, limítrofe con la Argentina, aproximadamente en los 29° 50' de latitud sur.

Ciclo de Vida

Para que la enfermedad tenga lugar se necesita al parásito del Género *Schistosoma*, un huésped intermediario (molusco), un huésped principal o definitivo y el medio acuoso. En la Figura 2.1, se visualiza el ciclo de vida del esquistosoma que produce la enfermedad.

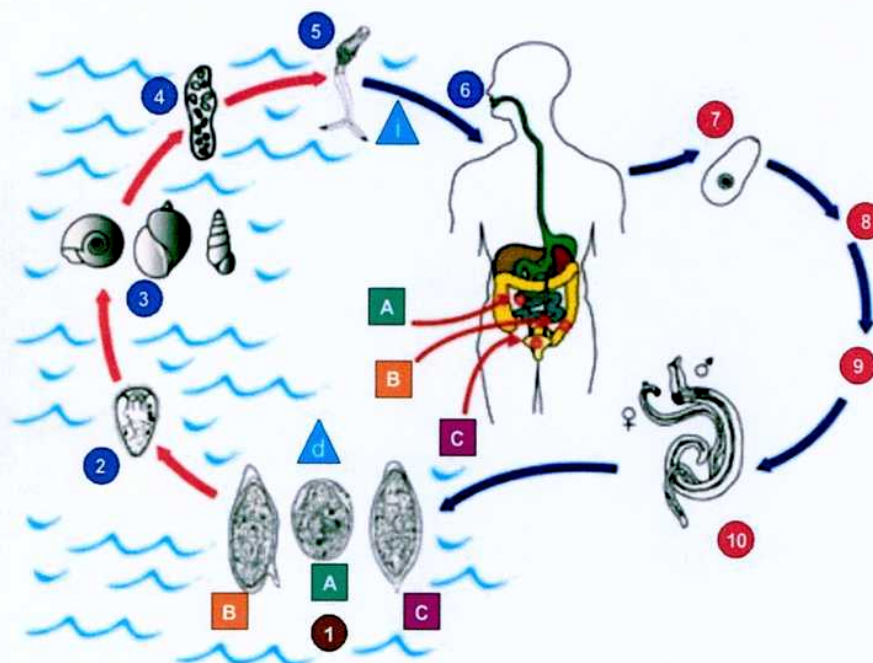


Figura 2. 1. Ciclo de vida del esquistosoma. Comparación de las tres especies causantes de la enfermedad. Círculos, azul en agua, rojo en sangre, marrón en heces y/u orina: 1. Huevos 2. De los huevos eclosionan larvas miracidio. 3. El miracidio penetra los tejidos del caracol. 4. Esporocisto en el caracol (varias generaciones). 5. La cercaria abandona al caracol y nada libremente. 6. La cercaria penetra la piel del hombre. 7. La cercaria pierde la cola durante la penetración y se convierte en esquistosómula. 8. Pasa al sistema circulatorio. 9. Migra por el sistema portal al hígado y madura a adultos. 10. Los adultos se aparean. Cuadrados: A. *Schistosoma japonicum*. B. *Schistosoma mansoni*. C. *Schistosoma haematobium*. A y B: Los adultos se localizan en las vénulas mesentéricas del intestino y recto. C: Los adultos se localizan en el plexo venoso de la vejiga urinaria. Triángulos: i. Estadio de identificación. d. Estado de diagnóstico: En heces *Schistosoma mansoni*, *Schistosoma japonicum* y eventualmente *Schistosoma haematobium*; en orina *Schistosoma haematobium* y eventualmente *Schistosoma japonicum*. Modificado de Centers for Disease Control <http://www.dpd.cdc.gov/dpdx>.

Los huevos eliminados con la orina o con las deposiciones de personas infestadas pueden entrar en contacto con el agua dulce donde al eclosionar liberan al parásito. Esta es la etapa larval denominada miracidio.

Los miracidios nadan hacia el caracol (hospedador intermediario) y penetran en el mismo sufriendo una transformación que incluye dos generaciones de esporocitos

(multiplicación asexual) para luego alcanzar el estadio larval de cercaria la que es eliminada desde el caracol al agua.

Las cercarias llegan hasta los humanos en contacto con el agua, penetran a través de la piel y, eliminando sus colas, se transforman en larvas schistosomulas o metacercarias.

Ya dentro del cuerpo humano el parásito se transporta a través del torrente sanguíneo desde la piel al pulmón, desde donde se disemina. Es en el hígado donde alcanza el estadio adulto, esquistosoma, para luego viajar contra la circulación portal hasta llegar a las vénulas mesentéricas, vesicales o pélvicas según las especies.

Es por ello que *S. japonicum* es encontrada frecuentemente en las venas del mesenterio superior del intestino delgado y *S. mansoni* en el mesenterio superior del intestino grueso, aunque ambas especies pueden ocupar cualquiera de las dos locaciones siendo capaces de moverse entre los sitios. En cuanto a *S. haematobium* se la encuentra con mayor frecuencia en el plexo venoso de la vejiga aunque también puede ser encontrada en vénulas del recto.

El parásito adulto, al llegar a su locación, se aloja y vive en el espacio intravascular donde la hembra coloca sus huevos, los que se mueven progresivamente hacia el lumen del intestino (*S. mansoni* y *S. japonicum*), vejiga o uréteres (*S. haematobium*) para ser eliminados con las heces u orina, o instalarse produciendo diferentes tipos de patologías. El parásito puede también trasladarse y colocar sus huevos en otros órganos y vísceras, tales como el cerebro o el hígado.

Una vez eliminados los huevos en el medio acuático comienzan nuevamente el ciclo.



Figura 2.2. Cercarias abandonando al Caracol. Figura facilitada por el Dr. Manuel G. Quintana, Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires.

Relación parásito – molusco

Todas las especies de esquistosoma están asociadas a una especie determinada o a varias especies del mismo Género de caracol. La única excepción conocida es *Schistosoma bovis*, parásito del ganado que puede desarrollarse en dos géneros distintos de moluscos, *Bulinus truncatus* y *Planorbarius metidjensis* (Chen y Mott, 1989). Por lo tanto, el Género del huésped intermediario varía en función a la especie de esquistosoma de que se trate: para *S. mansoni*, el hospedador intermediario es el caracol del Género *Biomphalaria* (Familia Planorbidae), para *S. haematobium* y *S. intercalatum* el intermediario es el caracol del Género *Bulinus*, para *S. japonicum* es el caracol del Género *Oncomelania*, para *S. mekongi* el intermediario es el caracol del Género *Neotricula* y para *S. malayensi* el Género *Robertsiella*.

Como hospedador principal del parásito se encuentra el hombre y algunas especies de mamíferos tales como perros, gatos, cerdos, roedores, caballos y bovinos.

En función a la especie de *Schistosoma* que ataca al hombre, se producen diferentes respuestas en los síntomas de la enfermedad. Es así que la esquistosomiasis intestinal es producida principalmente por *Schistosoma mansoni* y la esquistosomiasis vesical es ocasionada por *S. haematobium*.

La esquistosomiasis intestinal puede ser ocasionada también por tres especies secundarias en importancia, que son *S. japonicum*, *S. intercalatum* y *S. mekongi*.

Transmisión, profilaxis y tratamiento

Como se dijo, la esquistosomiasis es adquirida cuando se toma contacto con agua contaminada y dado que no existe una vacuna que inmunice contra la enfermedad, la prevención es la forma de evitar contraerla. En las zonas endémicas las personas que trabajan en contacto con el agua (agricultores de arroz, pescadores, etc.) deben tomar conciencia de tal hecho y usar elementos que los protejan.

Una vez adquirida la enfermedad, las drogas utilizadas para su tratamiento son el praziquantel, la oxamniquina (específica para *S. mansoni*) y el metrifonato.

Distribución Geográfica de la Enfermedad

Se estima que aproximadamente unas 200 millones de personas están infestadas con esquistosomas, resultando en un millón de muertes cada año. La enfermedad tiene una duración de 20 a 30 años, periodo en que el enfermo es portador y transmisor de la misma.

La mayoría de las personas infestadas se encuentra en las zonas rurales y periurbanas. Adicionalmente se estima que unos 500 a 600 millones de personas, corren el riesgo de ser infestados como resultado de la pobreza, condiciones higiénicas subestándar en viviendas deficitarias, e inadecuada infraestructura pública (Chen y Mott, 1989).

En función a lo dictaminado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) la esquistosomiasis es endémica en 74 países en desarrollo correspondiendo más del 80 % de las infestaciones a personas que viven en el África subsahariana. La extensión de la enfermedad en el interior de cada país puede variar mucho (Engels *et al.*, 2002).

Refiriéndonos al continente Americano en función a lo dictaminado por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), la esquistosomiasis (*Schistosoma mansoni*) afecta en la actualidad a por lo menos a ocho países de la Región; Brasil lleva la mayor carga, donde se estima que al menos 2,5 millones de personas están infestadas y 6 millones están en riesgo.

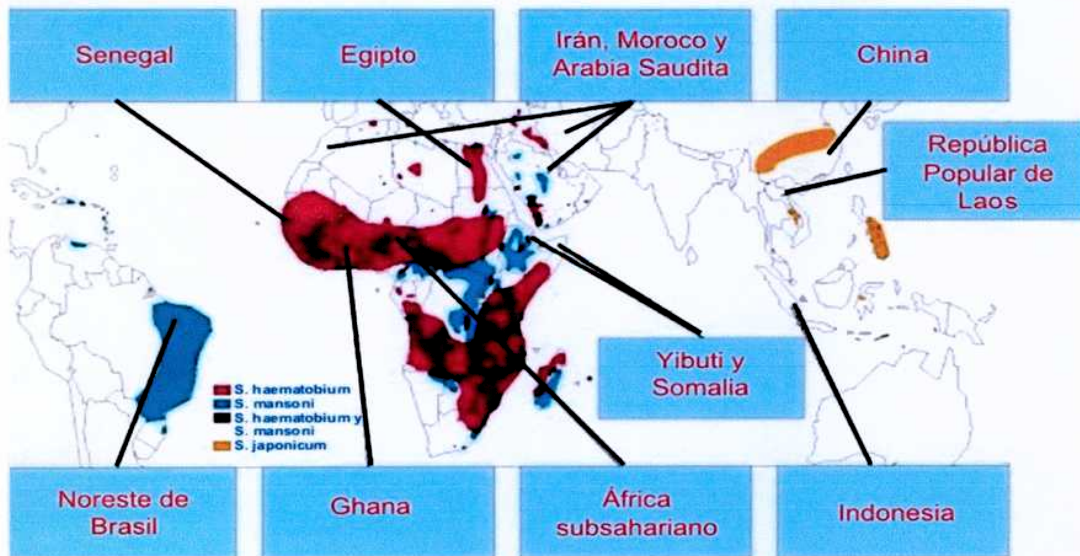


Figura 2.3. Distribución de la esquistosomiasis en el mundo, según la especie de parásito. Modificado de <http://www.galeon.com/salud y viajes/Enfermedades/Esquistosomiasis.htm>.

DISTRIBUCIÓN DE LA ENFERMEDAD EN BRASIL

Las áreas endémicas se distribuyen a lo largo de la costa noreste y este de Brasil siendo de de interés especial los estados de Paraná, Santa Catarina y Río Grande del Sur (Figura 2.4) que se hallan en el área de influencia de la Cuenca del Río de la Plata y limitan con los países libres de esquistosomiasis, entre los que se encuentra la Argentina.



Figura 2.4. Localización de las Regiones y Estados de Brasil

Región Nordeste de Brasil

Es la zona donde tuvo comienzo la esquistosomiasis en Brasil. Es un área con alta endemia y el principal transmisor es *B. straminea* (Paraense & Correa 1989). La enfermedad toma diferentes matices en cuanto a su extensión y hospedador intermediario en función a las características geográficas de la región.

Estado de Pernambuco: En Pernambuco se encuentran dos hospedadores intermediarios, uno es *B. straminea* que se distribuye en Agreste (una zona de vegetación transicional) y la Zona da Mata, donde existe un alto nivel de endemia a pesar de los bajos niveles de infestación natural (Paraense & Correa, 1989). El otro hospedador intermediario presente es *B. glabrata* que se extiende principalmente en las áreas costeras y es responsable de varios focos activos de transmisión (Barbosa *et al.*, 2000). Por lo tanto, en el Estado de Pernambuco se presenta una alta persistencia a la infestación y re-infestación tanto en la zona selvática (Zona da Mata) como en el área costera.

Estado de Bahía: La enfermedad se extiende por el este y centro este del Estado, estando presentes los tres moluscos transmisores, siendo *B. glabrata* el principal intermediario.

Bavia *et al.* (1999), asociaron a *B. glabrata* con áreas de mediano y alto porcentaje de prevalencia, las que se ubican a lo largo de la costa, extendiéndose a través de la parte media del estado; a *B. straminea* se la encontró en asociación con *B. glabrata* bordeando el estado de Minas Gerais, Alagoas, Sergipe y Pernambuco; y, a *B. tenagophila* se la registró sola, al sur del estado de Bahía (Bavia *et al.*, 1999).

Si bien esta región es considerada de alta endemia, tiene áreas de baja endemia y zonas libres de enfermedad, en relación a zonas de sequía o de baja población humana.

Región Sudeste de Brasil

A ésta región se la considera en general de alta endemia.

Estado de Minas Gerais: Las tres especies de moluscos transmisores de la enfermedad se encuentran en Minas Gerais, siendo *B. glabrata* la principal transmisora, que está dispersa por 257 municipalidades de las 853 que hay en el Estado, le sigue *B. straminea* (10,4 %) y luego *B. tenagophila* (4,1 %) (Souza y Lima, 1997).

Las áreas endémicas se encuentran localizadas al este del Río San Francisco, correspondiente a las mesorregiones del norte de Minas, Metropolitana Belo Horizonte, Zona da Mata, oeste de Minas, Campo das Vertentes y Central Mineira. Al oeste del Río San Francisco, el reporte de los casos de la enfermedad es bastante raro. Sólo se ha consignado en la microrregión de Araxá (19° 35' 30" S, 46° 56' 27" O), perteneciente a la mesorregión de Alto Paranaíba (Carvalho *et al.*, 1997), donde el huésped intermediario es *B. glabrata*. En Araxá, zona de baja prevalencia, la enfermedad fue introducida en la década de 1940 como resultado de la construcción en la zona de un complejo que atrajo inmigrantes de áreas endémicas (Carvalho *et al.*, 1997).

Entre los estudios que informan porcentajes de endemia en la zona, se puede nombrar el realizado, entre 1984 y 1987, por Souza y colaboradores (1994), donde se reporta un porcentaje de prevalencia del 14,3 % en Barreiro de Baixo, (barrio de Belo Horizonte). Otro trabajo señala que la Municipalidad de Jaboticatubas (19° 31' S, 43° 44' O), localizada en la región metropolitana de Belo Horizonte, capital del Estado de Minas Gerais, en la microrregión de Sete Lagoas, es considerada “la capital de la esquistosomiasis” desde 1960 (Massara *et al.*, 2004). En esta zona, la enfermedad ha sido reportada desde 1948 cuando Pellon y Teixeira (1950) realizaron un estudio parasitológico en el área y encontraron una prevalencia de la esquistosomiasis del 35,5 %. (Massara *et al.*, 2004). En 1976 se incluyó a Jaboticatubas dentro de un programa de control, a través de la “Fundacao Nacional de Saúde (Funasa), de manera tal que se ha bajado el porcentaje de prevalencia (Massara *et al.*, 2002). El principal hospedador

intermediario es *B. glabrata*, pero Massara *et al.*, en 2002, reportaron la presencia de *B. straminea* en ésta zona.

Estado de Río de Janeiro y Estado de San Pablo: El principal hospedador intermediario en la transmisión de la enfermedad es *B. tenagophila*. Existen también regiones donde se encuentran *B. straminea* y *B. glabrata*.

En algunas zonas del estado de Río de Janeiro, como por ejemplo en Niteroi (22° 54' 59'' S, 43° 06' 19'' O), *B. tenagophila* se presenta conjuntamente con *B. straminea* (Thiengo *et al.*, 1998). A esta característica en la distribución del hospedador intermediario, coincidencia geográfica y de hábitat, se la suele denominar sintopía. A *B. glabrata* se la ha observado en tres diferentes sitios de reproducción en el Campus de Fundacion Oswaldo Cruz, no encontrándose sintopía con *B. tenagophila*. (Thiengo *et al.*, 1998). También se han reportado la presencia de *B. glabrata* en Pamparrao y Porteira Verde, valles adyacentes, pertenecientes al municipio de Sumidouro (22° 02' 46'' S; 42° 41' 21'' O) considerada área de baja endemia (Giovanelli *et al.*, 2001).

En cuanto al Estado de San Pablo, *B. glabrata* sola es responsable de la transmisión en el Valle de Paranapanema mientras que a *B. straminea* se la encuentra en 27 municipalidades del estado, pero su rol en la transmisión de la enfermedad carece de importancia (Figueiredo *et al.*, 1992).

Waldman y colaboradores (1982), elaboraron un estudio donde se mostraba que la proporción de casos autóctonos, en relación a los casos totales notificado de esquistosomiasis en el estado de San Pablo, no presentaban una distribución uniforme en toda la región y propusieron dividir el territorio paulista en tres áreas distintas con relación al comportamiento epidemiológico de la esquistosomiasis: área sin transmisión, área potencialmente endémica y área con focos importantes de transmisión (Figura 2.5).



Figura 2. 5. Distribución de la esquistosomiasis en el Estado de San Pablo, Brasil. Fuente SUCEN, Superintendencia de Control de Endemias, 1982.

La municipalidad de Bananal, en el Valle de Paraíba, como puede observarse, es zona de alta prevalencia. En esta municipalidad, localizada en el extremo este del Estado de San Pablo, 22° 40' 44'' S; 44° 19' 08'' O, se ha encontrado *B. tenagophila* y *B. straminea*, ésta última no ha sido detectada infestada (Santana Teles *et al.*, 2002).

Región Sur de Brasil

Estado de Paraná: La región norte del Estado de Paraná es la zona de transmisión de la enfermedad, siendo *B. glabrata* su huésped intermediario.

Estado de Santa Catarina: Es una zona de baja endemia, donde el principal transmisor es *B. tenagophila*. La enfermedad ha sido detectada en San Francisco do Sul, 26° 14' S, 48° 39' O (Bernardini y Machado, 1981) y en la localidad de Jaragúa (26° 29' 37'' S, 49° 03' 44'' O) (Borda *et al.*, 2002).

Estado de Río Grande del Sur: Es zona de baja endemia, el intermediario es *B. glabrata* (Carvalho *et al.*, 1998) y se detectó la enfermedad en la Municipalidad de Esteio (aproximadamente 29° 50' a 29° 54' S y 51° 12' a 51° 10' O), Área Metropolitana de Porto Alegre (Graeff - Teixeira *et al.*, 2004). Es la latitud más austral en América donde se encuentra *B. glabrata* relacionada con la esquistosomiasis.

Relación enfermedad - población

Como ya se ha mencionado las condiciones socio-sanitarias y la densidad poblacional son dos características que inciden en la transmisión de la enfermedad. Un ejemplo de la importancia de éste último factor es el caso del Estado de Bahía, región con altos índices de prevalencia de la esquistosomiasis, en donde la enfermedad queda limitada por dos factores, la densidad poblacional y la duración del tiempo de sequías (Bavia *et al.*, 1999). La alta densidad poblacional se da alrededor de la costa este del estado, pero en función a lo anunciado por Bavia *et al.* (1999), dentro de la zona de alta endemia, existen focos de baja o nula transmisión, debidos especialmente a que la densidad poblacional es baja en esas áreas, las que también registran las mayores precipitaciones. Además, estos autores encontraron diferencias significativas entre la densidad poblacional y las municipalidades con bajo (19 personas / km²), medio (36 personas / km²) y alto (50 personas / km²) porcentaje de prevalencia.

SINTEISIS

La esquistosomiasis es una enfermedad que existe desde hace miles de años y actualmente está extendida por aéreas tropicales y subtropicales de todo el planeta. Se transmite por un trematodo del género *Schistosoma* el que necesita para cumplir su ciclo vital, un huésped intermediario (molusco), un huésped definitivo (entre los que se encuentra el hombre) y un medio acuoso.

No tiene cura, dado que no existe una vacuna que inmunice contra la enfermedad, la prevención es la forma de evitar contraerla. El enfermo es portador y transmisor de la enfermedad.

La esquistosomiasis está presente en Brasil, donde se fue extendiendo desde el noreste hacia el sur hasta alcanzar la latitud 29° 54' S. La especie que produce la enfermedad en ésta región es *S. mansoni* siendo *B. glabrata*, *B. tengophila* y *B. straminea* los moluscos que actúan como huéspedes intermediarios.

Factores importantes en la transmisión de la enfermedad son las condiciones socio-sanitarias y la densidad poblacional son dos características que inciden en la transmisión de la enfermedad.

CAPITULO 3

EL HUÉSPED INTERMEDIARIO

Los esquistosomas necesitan para uno de sus estadíos un huésped intermediario, rol que ocupan ciertos Géneros de caracoles.

Los Géneros *Oncomelania*, *Neotricula* y *Robertsia* pertenecen a la Familia Pomatiopsidae, subclase Prosobranchiata, y respiran el oxígeno disuelto en el agua a través de sus branquias, mientras que los Géneros *Biomphalaria* y *Bulinus*, son moluscos pulmonados que obtienen el oxígeno directamente de la atmósfera, y un pequeño porcentaje de la demanda del mismo es satisfecho por difusión, a través del epitelio o de los tejidos expuestos (Figura 3.1).

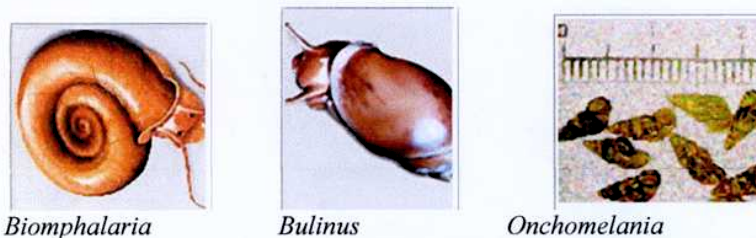


Figura 3.1. En la Figura se muestran tres de los Géneros de caracoles intermediarios de esquistosomas. Imágenes extraídas y modificada del Bayer Manual of Pest Control. Presentadas por el Dr. Marc Lontie. Atlas of Medical Parasitology, Fundación Carlos Denegri, Italia.

Género *Biomphalaria*

El Género *Biomphalaria* es el que se encuentra distribuido en América del Sur, siendo *Schistosoma mansoni* la especie responsable de producir la esquistosomiasis en la región.

La clasificación taxonómica es:

Reino: Animalia Linnaeus, 1758

Subreino: Eumetazoa Bütschlii, 1910.

Phylum: Mollusca Cuvier, 1795

Clase: Gastropoda Cuvier, 1795

Subclase: Pulmonata Cuvier in Blainville, 1814

Orden: Basommatophora Keferstein, 1864

Superfam. Planorbioidea Rafinesque, 1815

Familia: Planorbidae Rafinesque, 1815

Género: *Biomphalaria* Biomphalaria Preston, 1910

Especies: *B. glabrata*, *B. obstructa*, *B. tenagophila*, *B. straminea*, *B. helophila*, *B. andecola*, *B. trigyra*, *B. amazónica*, *B. occidentalis*, *B. pfeifferi*, *B. causini*, *B. havanensis*, *B. intermedia*, *B. kuhniana*, *B. oligoza*, *B. orbignyi (paraense)*, *B. prona*, *B. schrammi*, *B. nagophila guaibensis*, *B. nagophila nagophila*.

La similitud de la conchilla y la variabilidad intraespecífica no permite separar las distintas especies del Género *Biomphalaria* fácilmente (Huaman *et al.*, 1994).

Hasta hace poco la determinación sistemática de las especies del Género se realizaba sobre la base de las diferencias morfológicas del aparato reproductor de los caracoles, pero debido a que las diferencias son escasas, resulta difícil dividir especies y subespecies. Actualmente se utilizan técnicas de biología molecular para el estudio taxonómico del Género lo que permite su diferenciación.

Estos moluscos son hermafroditas, de manera que los huevos pueden ser fertilizados de dos maneras, autofecundación o entrecruzamiento, siendo éste último camino el preponderante (Brumpt, 1941; Paraense, 1955). El entrecruzamiento ocurre entre dos o más individuos que se aparean. La habilidad de autofecundarse juega un rol importante en la colonización y recolonización de hábitats. Tanto huevo como esperma son producidos en un órgano simple, el ovotestis, pero el huevo maduro y el esperma son derivados a través de conductos separados, el oviducto y el espermiducto. Ambas formas de reproducción constituyen juntas un paso necesario para la sobrevivencia del molusco (Pimentel - Souza *et al.*, 1988). Los planorbidos son animales de gran fecundidad, iniciando la postura de sus huevos cuando cumplen con un determinado tamaño, que se puede asociar a un grado de maduración (Rey, 1956). Entre los factores capaces de influir sobre la ovopostura, de acuerdo con Brumpt (1941), se encuentran la temperatura y el ritmo nocturno.

Otras condiciones que afectan a la postura de huevos es el parasitismo, las condiciones del soporte vegetal y la presencia de crustáceos en el espejo de agua. Standen (1951/b), observa que la ausencia de un soporte adecuado no permite que la ovoposición ocurra fácilmente, por lo que en estanques sin la vegetación conveniente aparecen pocas capsulas ovíferas. En cuanto a la presencia de crustáceos se observó que grandes cantidades de estos, como copépodos, pueden inhibir la actividad reproductora del molusco (Rey, 1956).

La influencia de la temperatura en la ovopostura, así como en el crecimiento y sobrevida de los mismos ha sido ratificada por otros autores, especialmente para *B. glabrata* (El- Hassan, 1974; Freitas *et al.*, 1975; Barbosa *et al.*, 1987).

Finalmente podemos agregar que Kawazoe (1976), afirma que en condiciones de temperatura óptimas, el tiempo de eclosión observado en laboratorio para *B. glabrata* es de 7,6 días y de 8,0 días para *B. tenagophila*.

En cuanto a la longevidad del molusco, la misma depende tanto de la especie así como de las condiciones ambientales, siendo la sobrevida ligeramente mayor en el campo que en el laboratorio. Se ha observado una longevidad de aproximadamente un año para *Bulinus africanus*, *Bulinus globosus* y *Biomphalaria pfeifferi* en África, bajo condiciones normales de campo (Moodley *et al.*, 2003). En el Caribe se han encontrado especies que vivieron entre dos o más años, supuestamente por las mejores condiciones ambientales.

Otras observaciones revelan para *B. glabrata* una sobrevida de aproximadamente 12 meses en laboratorio con un régimen alimenticio de lechuga (PAHO, 1968).

Hábitat

Biomphalaria, es un caracol de agua dulce que vive principalmente en aguas poco profundas con moderada penetración de la luz, mínima turbidez, barros con sustratos ricos en materia orgánica y vegetación acuática sumergida o emergida (Bavia *et al.*, 1999). Asimismo la distribución y abundancia de los planórbidos dentro de su medio natural está estrechamente relacionado con la vegetación y con otros gasterópodos limnícolas, relación que se establece fundamentalmente debido a la modalidad alimenticia de moluscos, herbívoros y ocasionalmente detritívoros (Rumi, 1991).

Pessoa y Martins (1988), hacen notar que *Biomphalaria* tiene una gran capacidad de adaptación a diferentes condiciones ambientales, habitando tanto en espejos de agua naturales como artificiales, por lo cual se lo puede encontrar en canales de riego, arroyos, estanques, charcas, estanques para peces, bebederos de animales, etc.

En cuanto la distribución dentro del espejo de agua, estudios realizados con *B. pfeifferi*, denotaron diferencia en la dispersión del molusco con respecto a su cercanía a la costa. Así se observó, que mientras que en ambientes naturales se la encuentra cerca de la línea de la costa (de 0 a 40 cm) donde la profundidad va de 0 a 4 cm y con preferencia de plantas, ciertos *detritus* o rocas como sustrato; en ambientes hechos por el hombre mostró homogeneidad en su distribución. Se estimó que tal distribución

podría deberse a la uniformidad de la profundidad de dichas locaciones (Utzinger y Tanner, 2000). Por otro lado, existen también trabajos donde se ha reportado la presencia del molusco en aguas profundas, a pesar de que no es lo común (Jurberg *et al.*, 1987).

En cuanto a la ocupación del hábitat se ha observado exclusión competitiva entre moluscos. Paraense (1970), detectó en la localidad de Manguinhos (22° 52' 36'' S, 43° 14' 80'' O; RJ, Brasil), la exclusión de *B. tenagophila* por *B. glabrata*, ésta última introducida accidentalmente en 1917. Barbosa *et al.* (1981), mostraron desplazamiento competitivo de *B. glabrata* por *B. straminea* en dos municipalidades del Estado de Pernambuco, Brasil. También varios autores han reportado ventaja competitiva de *B. straminea* sobre *B. glabrata* y revelaron un fuerte poder colonizador del molusco. De acuerdo con Coelho da Silva (1997), aunque éste hecho no ha sido reportado, es posible que en Paracambi, Estado de Río de Janeiro, se haya producido un desplazamiento de *B. straminea*, ocupando su lugar *B. tenagophila*. Por otro lado, se ha encontrado simpatria (coincidencia geográfica y de hábitat) entre las especies *B. tenagophila* y *B. straminea* en Niteroi (22° 54' 59'' S, 43° 06' 19'' O; Thiengo *et al.*, 2001).

Sumado a lo anterior tal como lo diversos autores sugieren que la distribución del Genero *Biomphalaria* responde entre otras causas a una exclusión o desplazamiento competitivo interespecífico, lo que tiene gran importancia dado que si las especies menos susceptibles a la infección con *S. mansoni* fueran más competidoras que las demás, podría resultar una vía natural de control biológico interespecífico. De acuerdo con los trabajos presentados por Rumi y colaboradores (1997), *B. straminea* y *B. tenagophila* serían más agresivas que *B. glabrata*, mientras que *B. peregrina* podría ser desplazada por las tres.

Finalmente podemos agregar que los hábitats tienen un carácter temporario dado que los caracoles pueden ser dispersados a nuevos sitios en caso de inundaciones. Así mismo, cambios en factores tanto abióticos como bióticos pueden lograr que una especie aparezca o desaparezca de un hábitat. Entre estos factores se encuentra el **clima**, la predación, la competición, perturbación antropogénica, etc. (Thomas, 1995).

Relación Molusco, Altitud, Temperatura y Precipitación

Altitud

La altitud en la que se localiza el molusco es variable, pero la transmisión de la enfermedad está ligada enteramente al clima de dicha área. De tal manera en África *Biomphalaria* persiste a 2000 metros pero transmite la esquistosomiasis sólo en épocas de calor.

A igual condiciones climáticas, no se observó asociación de la altitud con la prevalencia de la infección o la distribución del caracol (Bavia *et al.*, 1999).

Temperatura

El molusco puede moverse dentro de su hábitat para evitar las temperaturas extremas, pero tolera amplios rango y sobrevive a valores extremos por periodos largos.

De acuerdo con la PAHO (1985), la temperatura tiene mayores efectos sobre el porcentaje de reproducción del caracol que sobre la distribución del mismo. Para el Género *Biomphalaria* el rango de vida favorable está entre 18 y 32 °C siendo el óptimo entre 22 y 26 °C. En especial para *B. glabrata* el rango óptimo de vida es de 25 °C.

Teniendo en cuenta a las temperaturas límites, Moodley *et al.*, (2003), observo que *B. pfeiffer* puede sobrevivir a temperaturas subcero y Brumpt (1941) encontró que *B. glabrata*, muere después de permanecer entre 4 y 5 °C por 4 y 5 días. Para la temperatura máxima, Pflüger (1981) observó que *B. glabrata* y *B. staminea* pueden vivir a 40 °C.

Un factor importante a considerar es el porcentaje de fertilidad, se estima que los moluscos se vuelven eficazmente inactivos y con fecundidad casi cero a bajas temperaturas, siendo 5 °C la temperatura mínima en que se observa actividad biológica, pero ya por debajo de los 10 °C la reproducción es inhibida seriamente (IPCC, 2001). Con altas temperaturas aumenta la reproducción pero también la mortalidad (IPCC, 2001).

En cuanto a ovopostura, según Brumpt (1941) la mayor fertilidad de *B. glabrata* es entre 20 y 25 °C, la que decrece por debajo de los 20 °C (Brumpt, 1941; Michelson, 1961) y por encima de los 30 °C. Otros estudios han reportado la mayor fertilidad de *B. glabrata* entre los 17,5 y 30 °C con el rango óptimo entre 20 y 27,5°C (Pimentel-Souza *et al.*, 1990). Por su parte Gordon *et al.* (1934), reportó que *B. pfeiffer* puede llegar a estar estéril a temperaturas por encima de los 35 °C. Asimismo Kawazoe (1976), señala que la ovopostura tanto para *B. glabrata* como para *B. tenagophila* se

da dentro del rango de 18 a 35 °C, temperatura por encima de la cual aumenta abruptamente la mortalidad del caracol y de los huevos. Por otro lado acorde a Chernin, 1967, la mayor frecuencia de alcance para *B. glabrata* en campo ocurrió entre 27 y 32 °C y fue probablemente unido a la óptima temperatura de crecimiento del molusco, alrededor de los 30 °C, de esta manera se podría decir que la capacidad de reproducción debe haber sido acelerada debido al tamaño del molusco (Ritchie *et al.*, 1966, Pimentel-Souza *et al.*, 1990).

También el desarrollo embrionario está ligado directamente a la temperatura y acorde con Kawazoe (1976), la temperatura ambiente óptima del desarrollo embrionario sería entre 25 y 30 °C mientras que la temperatura del agua de 28 °C. Este mismo autor, observó que a medida que la temperatura aumenta disminuye el tiempo de desarrollo embrionario, presentando una mayor correlación con la temperatura mínima ambiente *B. glabrata* y con la temperatura máxima ambiente *B. tenagophila*.

Precipitación

La precipitación y la pendiente de una determinada región, determinan la velocidad de la corriente (escorrentía), la que afecta la habilidad del caracol de permanecer y alimentarse de un sustrato. En consecuencia en épocas de lluvia aumenta la dispersión de los moluscos mientras que en épocas de sequías el molusco se concentra en un determinado foco.

Tanto en el Estado de San Pablo, Pernambuco y Río de Janeiro se han observado que la alta densidad de *B. tenagophila* coincide con la época seca (Santana Teles *et al.*, 2002), de igual manera como se mencionó en la Introducción, en Zimbabue, África, se verificó que la mayor transmisión se da cuando empieza a aumentar la temperatura, coincidente con un periodo seco, lo que produce un aumento en la concentración de caracoles.

Por lo tanto se puede afirmar que la densidad de *Biomphalaria*, en un determinado espacio, es mayor en estaciones secas que en estaciones lluviosas (Santana Teles *et al.*, 2002; Favre *et al.*, 2002), siendo importante la duración de la estación seca para la sobrevida del caracol. Estudios realizados en el Estado de Bahía, mostraron que en aquellas áreas donde la estación seca supera los cinco meses no se reportó *Biomphalaria* (Bavia *et al.*, 1999).

No se ha observado una correlación directa entre la precipitación y el despojo de cercarias (Favre *et al.*, 2002).

Susceptibilidad

Dentro del género *Biomphalaria* existen especies susceptibles a infestarse con esquistosomas y otras resistentes. Las especies que pueden ser naturalmente infestadas son *B. pfeifferi*, *B. sudanica*, *B. glabrata*, *B. tenagophila* y *B. straminea*, encontrándose las tres últimas en Brasil. Se considera que *B. glabrata*, aún no localizada en la Argentina, es la más susceptible, en menor grado serían *B. tenagophila* (Paraense y Corrêa, 1963, 1978) y *B. straminea* (Paraense, 1982). Además en América del Sur existen especies potencialmente susceptibles, como *B. peregrina* (Paraense & Corrêa, 1973), *B. amazonica* (Corrêa & Paraense, 1971) y *B. aff. straminea* (Paraense & Corrêa, 1989) l

El género *Biomphalaria* es capaz de infestarse con *Schistosoma mansoni* y pero también puede llegar a infestarse con el híbrido de *S. mansoni* - *S. intercalatum* y con el híbrido de *S. rodhaini* y *S. eduardiense*.

El grado de compatibilidad entre los esquistosomas y los caracoles está determinado en gran parte por la influencia relativa de los genes del parásito y los genes que le confieren resistencia al huésped (Rollison y Southgate, 1987). La susceptibilidad o resistencia a la infestaciones por *Schistosoma mansoni* puede variar considerablemente de una especie a otra de *Biomphalaria* (Newton, 1952; Pan, 1965; Souza *et al.*, 1995). Incluso en moluscos de igual especie pero diferentes áreas geográficas existe variabilidad (Corrêa *et al.*, 1979). Por lo tanto, el resultado del encuentro miracidio - caracol en el hábitat natural, variará dependiendo de la constitución genética de los participantes (Basch, 1976).

Un caracol se considera infestado cuando una vez expuesto a los miracidios de *S. mansoni*, produce o contiene cercarias.

Se han realizado pruebas de susceptibilidad y se observó que si una especie resistente a *S. mansoni*, es previamente infestada con otros trematodos puede volverse susceptible a la infestación, debido a que se altera la respuesta normal del sistema de defensa del molusco.

La edad es otra característica que afecta la respuesta del caracol a la infestación, los caracoles jóvenes son más fácilmente infestados que los caracoles adultos. Algunos caracoles, en maduración sexual, producen nódulos en la pared del tejido que rodea al corazón. Este tejido produce células, hemocitos, las que están íntimamente involucradas en la habilidad para cuidar al caracol de la infección del parásito (PAHO, 1968).

Modificaciones de las características del molusco y efectos en la sobrevida

Las alteraciones inducidas por el parásito así como la longevidad del caracol infestado tienen importantes implicancias con respecto a la transmisión de la esquistosomiasis.

La infestación del caracol por los esquistosomas inicia una confrontación dinámica con el sistema inmune del caracol, ejerciendo efectos sobre el metabolismo, crecimiento, sobrevida y actividades reproductivas. Tan profundo son estos efectos que algunos autores han considerado al caracol infestado como una extensión del fenotipo del trematodo, con su carga energética totalmente manipulada por el parásito, para maximizar la producción de cercarias (Dawkins, 1982).

En cuanto al efecto de la infestación sobre capacidad reproductiva del caracol, Brumpt (1941) verificó que los moluscos parasitados realizaban la postura normal hasta los 18 días después de que fueron experimentalmente infectados. Cuando los esporocitos migraban a la glándula genital, la postura cesaba. Otros autores han observado que la producción de huevos del huésped se inhibe parcial o totalmente después de 4 a 6 semanas post infestación (Etges y Gresso, 1965; Mc Clelland y Bourns, 1969; Meier y Meier-Brook, 1981).

Puede ocurrir que se observen cercarias vivas y activas en el interior de los huevos, las que no sobreviven más que 24 a 36 horas, siendo posteriormente asimiladas por el embrión. Este parasitismo no parece perturbar el desarrollo del mismo (Rey, 1956).

En cuanto a la mortalidad del caracol infestado, se ha observado que la tolerancia de diferentes especies de moluscos a los esquistosomas varía considerablemente, aunque en general, la infestación reduce significativamente la sobrevida del huésped. Esta tendencia fue resaltada por estudios teóricos y empíricos de Anderson y May (1979), y Anderson y Crombie (1984). Por otro lado, se han reportado trabajos donde se verifican bajos porcentajes de mortalidad de moluscos infestados comparados con los controles (Figueiredo *et al.*, 1992) y también se ha reportado al menos un estudio experimental en que caracoles infestados con esquistosomas vivieron más que los controles (McClelland y Bourns, 1969).

En líneas generales podemos decir que la mortalidad del molusco infestado comienza entre 5 y 6 semanas desde la infestación, y corresponde al tiempo de maduración de la misma y a la liberación de cercarias (Pan, 1965; Schwanbek *et al.*, 1986). Anderson y Crombie (1984) concluyeron que el porcentaje de mortalidad de los caracoles que están eliminando cercarias aumenta en forma aproximadamente exponencial desde el

momento en que comienzan a despojarse de estas, probablemente como consecuencia del estrés acumulado impuesto por la reproducción parasitaria sobre un largo periodo de tiempo.

Aunque la infestación aumenta la mortalidad del huésped, algunos caracoles parasitados han logrado sobrevivir por periodos notablemente largos en el laboratorio. Entre los datos obtenidos en tales condiciones podemos nombrar: *B. pfeifferi* sobrevivió por 213 días con *S. mansoni* (Meuleman, 1972), *Oncomelania quadrasi* por 280 días con *S. japonicum* (Pesigan *et al.*, 1958), *Bulinus globosus* por 400 días con *S. haematobium* (Fryer, 1986), en Egipto *B. alexandrina* tuvo un tiempo de sobrevida de 130 días, para *Bulinus truncatus* del mismo país 329 días (Lo, 1972) y para *B. truncatus* de Malasia la longevidad fue de 210 días (Frandsen, 1979).

En cuanto a las especies de América, Souza *et al.* (1994) reportó para *B. glabrata* procedentes de Belo Horizonte, Brasil, una sobrevida de 218 días similar al valor encontrado por Théron (1980) de 240 días.

Para el caso de *B. tenagophila*, Figueiredo *et al.* (1992) estudiaron especímenes recolectados en el estado de San Pablo, a los cuales infestaron con cepas sintrópicas de *S. mansoni* y en base a la cinética de liberación de cercarias observaron que el tiempo de sobrevida más alto fue de 137 días para los caracoles.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la infestación también reduce la tolerancia del caracol infestado a las temperaturas elevadas (Lee y Cheng, 1971), a los molusquicidas (Andrews *et al.*, 1983), y a los metales pesados tales como el zinc (Guth *et al.*, 1977).

Control del Caracol

La vigilancia del huésped intermediario es una de las acciones que se llevan a cabo en el control de la esquistosomiasis. Existen diferentes métodos de control dependiendo del fin requerido: reducir la densidad de población de los caracoles, la longevidad de los mismos o ambas cosas. Los métodos pueden ser químicos, biológicos, ambientales y/o conductistas (humano).

El método químico tiene como desventaja su elevado costo, la generación de resistencia y los efectos que los molusquicidas producen en la fauna acuática, en especial en los peces.

Entre los químicos usados encontramos el TBTO, óxido de tributilestano, cuya fórmula es la siguiente, $C_{24}H_{54}OSn_2$, la que se observa en la Figura 3.2:

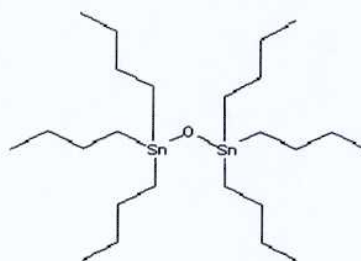


Figura 3.2: Formula química del molusquicida TBTO

En Brasil el uso de molusquicidas como estrategia para el control de la esquistosomiasis comenzó en 1976, utilizando niclosamida (sal de etanolamina de 2', 5-dicloro-4' nitrosalicilamida) pero su uso ha sido limitado debido al grado de toxicidad ecológica del mismo.

Existen dos Familias de plantas con efectividad molusquicidas, Euphorbiaceae y Sapindaceae. En los estudios que se han realizado se ha encontrado que *Euphorbia splendens* mantiene su actividad molusquicida en dosis menores de 0,5 mg/l, ocho veces menos que la dosis letal para los peces (Vasconcellos y Schall, 1986).

El control biológico se basa en el uso de especies depredadoras que mantengan bajo control a la población de caracoles. Existen cuatro categorías en el control biológico, los microorganismos patógenos (virus, hongos, protozoos y bacterias), los parásitos, los depredadores y los competidores.

En la primer categoría, hay ciertas bacterias, como *Bacillus brevis*, que secretan una toxina molusquicida y ciertos hongos que matan los huevos de los moluscos (Pointier, 2001). Pero tanto la aplicación de bacterias como de protozoos y virus es limitado y se sabe poco al respecto.

La utilización de trematodos parásitos como agente de control es prevista desde hace tiempo, pero todos los datos que existen son escasos y antiguos. En el área del Caribe se realizó un ensayo entre 1976 y 1979 con *Ribeiroia guadeloupensis*, que en estado adulto es parásito de las ratas y tiene en su ciclo de vida dos hospedadores obligatorios como intermediarios *Biomphalaria glabrata* y el pez *Tilapia mossambica* (Nassi, 1978). El experimento dio como resultado una reducción del 93 % de *Biomphalaria glabrata* después de un año de trabajo.

Entre los trabajos utilizando peces, *Tilapia melanopleura*, en Brasil, mostró ser un buen predador de *B. glabrata* (Azevedo, 1960), hecho confirmado en el laboratorio por Andrade y Antunes (1969). Asimismo en un estudio realizado en Melquíades, área rural en el Estado Brasileño de Minas Gerais, se observó la ausencia de *Biomphalaria* en estanques donde se encontraban tilapias adultas, lo que indica el efectivo control biológico que realiza este pez (Kloos *et al.*, 2001). Otros trabajos de este tipo fueron en Bahía, Brasil, donde el pez local *Anthronatus ocelatus*, fue usado para control del caracol (Kloos *et al.*, 2001) y en Zimbabwe, África, que para el control en estanques de peces, se utilizaron las especies *T. rendalli* y el chichlid *Sargochromis codringtoni* como predadores efectivos del huésped de *S. mansoni* (Chimbari *et al.*, 1999).

También en Brasil otro tipo de control de la esquistosomiasis incluye la introducción de patos, los cuales han mostrado ser efectivos en la reducción de *Biomphalaria* alrededor de las casas (Kloos *et al.*, 2001).

En cuanto a las especies competidoras existen otros moluscos en particular prosobranquios de la familia *Ampullariidae* y *Thiaridae* que son competidores de la familia *Biomphalaria*.

Otro método de control es la gestión ambiental, que se basa en modificación de actitudes entre los que se encuentran favorecer las condiciones sanitarias y mejorar el empleo del agua de riego.

Vías de dispersión de los moluscos

Dado el posible y potencial riesgo de expansión de *B. glabrata*; que es la especie de *Biomphalaria* con mayor susceptibilidad a la infestación con *S. mansoni* y que ya se ha encontrado en el sur de Brasil; hacia áreas no endémicas, es importante conocer las diferentes vías de dispersión de los moluscos para prevenirla.

Los caracoles pueden dispersarse por corrientes de agua pero también pueden ser transportados por animales, tal es el caso de los pájaros que pueden acarrearlos como tales o a sus huevos en los pies o en el plumaje. Asimismo los peces y los mamíferos pueden llegar a transportar moluscos.

Otra forma de traslado que permite derribar barreras naturales y colonizar nuevos escenarios de agua es a través del comercio de plantas ornamentales desde zonas endémicas a regiones libres de enfermedad.

Distribución geográfica del Género *Biomphalaria*

Al Género *Biomphalaria* se lo encuentra en África y distribuido por el continente Americano desde Centroamérica y el Caribe hasta la Patagonia.

En Brasil se encuentran 10 especies de las cuales tres, como ya se mencionó, *B. grabrata*, *B. tenagophila* y *B. straminea*, son transmisores naturales de la esquistosomiasis (ver Capítulo 2).

En la Argentina hay 7 especies identificadas del Género *Biomphalaria*, ninguna de ellas infestadas. En trabajos realizados superponiendo mapas de curvas de igual riqueza específica (isaritmas), se ha observado en la distribución del género *Biomphalaria*, que las líneas de mayor riqueza se proyectan en la Mesopotamia, relacionadas principalmente con la cuenca del Río Paraná. La riqueza específica disminuye con el aumento de la latitud y de la longitud (Rumi *et al.*, 1997).

Características de las especies que se encuentran infestadas en Sudamérica

Biomphalaria tenagophila

Esta especie fue descrita por Orbigny en 1835 como *Planorbis tenagophilus*, basado en un espécimen de la provincia de Corrientes en Argentina. Es un caracol pequeño y marrón, enroscado en forma plana. Dado su tamaño y color se hace dificultoso encontrarlo. El adulto posee secciones de los giros de la concha con ambas caras cóncavas. Crece en aguas quietas y lagunas estancadas. Tiene aproximadamente 18 milímetros de diámetro (Figura 3.3).

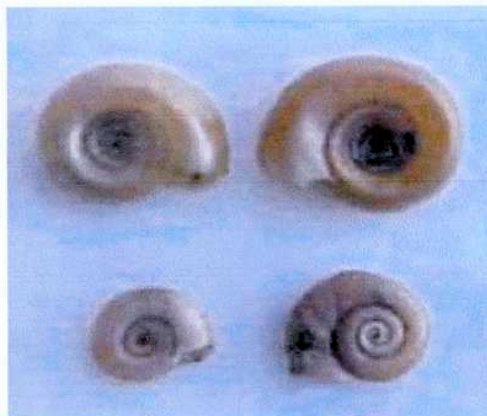


Figura 3.3.: Arriba *Biomphalaria tenagophila*; Abajo *Biomphalaria straminea*

B. tenagophila se encuentra en Brasil, Argentina, Perú, Bolivia, Paraguay y Uruguay y no ha sido encontrada en otra región de América (Paraense, 2001, 2005).

En Brasil se distribuye a lo largo del área costera, desde el sur del Estado de Bahía hasta el Chuí, en el estado de Río Grande do Sul y tal como lo enfatiza Paraense y Corrêa (1987) la lenta pero constante expansión de la esquistosomiasis en la región sureste y sur del Brasil está asociada a *B. tenagophila* como vector.

En la figura 3.4 se muestra la distribución de *B. tenagophila* en la Argentina, con la cita más austral en Santa Cruz.



Figura 3. 4. Distribución de la especie *B. tenagophila* en la Argentina. Imagen extraída de Rumi *et al.* 1997.

Biomphalaria straminea

Este caracol de la colección Cuming en el Museo de Historia Natural de Londres, está etiquetado como procedente de Sur América. Fue descrito por primera vez por Dunker (1848) como *Planorbis stramineus*. (Paraense, 2001). Morfológicamente, esta especie tiene una conchilla con dimensiones máximas de 16,5 mm de diámetro por 6 mm de ancho (Figura 3.3). Posee 5 anfractos que aumentan rápidamente en diámetro, más que las otras especies de *Biomphalaria* (Rumi, 1991).

B. straminea se encuentra en Brasil, Venezuela, Uruguay, Argentina y Paraguay (Paraense, 1970; 2005).

B. straminea es menos susceptible a la infestación pero es la principal responsable de la transmisión de la enfermedad en el noreste de Brasil, (Paraense y Corrêa, 1989) donde se la considera epidemiológicamente muy importante. Además es la mejor adaptada a las variaciones climáticas y condiciones ecológicas de las cuencas

hidrológicas brasileñas (Paraense, 1986). Estudios realizados en Hong Kong, por Yipp (1990), revelan un fuerte poder colonizador de esta especie, tanto en término de número de sitios ocupados como de dominancia numérica de estos sitios y que la colonización de hábitats loticos depende de la concentración y calidad de los minerales disueltos.

En la figura 3.5 se muestra la distribución de *B. straminea* en la Argentina, la que presenta un patrón de distribución más restringido que *B. tenagophila* y es muy frecuente en el nordeste de dicho país.

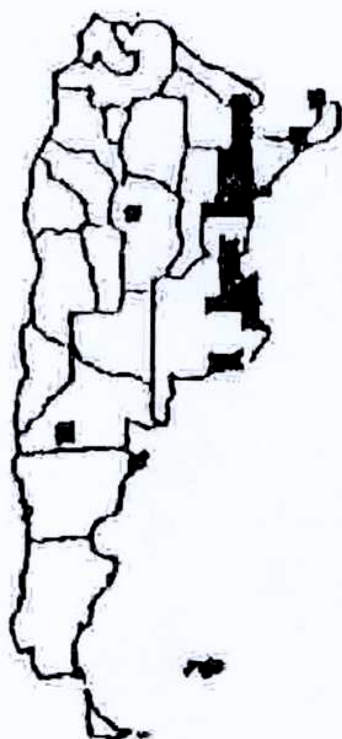


Figura 3.5. Distribución de la especie *B. straminea* en la Argentina. Imagen extraída de Rumi *et al.* 1997.

Biomphalaria glabrata

Es la principal especie en América debido a su amplia distribución y alta susceptibilidad a la infestación por *S. mansoni* (Paraense y Corrêa, 1963), la que está determinada tanto por factores genéticos como por adaptaciones evolutivas (Delgado *et al.*, 2001).

La ocurrencia de *B. glabrata* en el continente Americano, fue reportada por primera vez durante la expedición realizada en Brasil por Spix-Martius desde 1817 a 1820

(Paraense, 2001). Spix basó su clasificación en función al caparazón de los moluscos y dado que el color del mismo varía según al medio ambiente que lo rodea, se dieron distintos nombres a la misma especie, dependiendo de la zona donde se encontraban. Por lo tanto, desde 1818 a 1913 se han reportado con distintos nombres la presencia de esta especie en diferentes zonas de América Central y América del Sur (Paraense, 2001).

En cuanto a su apariencia, *B. glabrata* posee una concha externa de carbonato de calcio cubierta por una fina cutícula de material orgánico la cual le imparte el color. Este caparazón tiene, en líneas generales, un diámetro entre 15 y 30 mm, un ancho de 5 a 8 mm y de 5 a 6,5 espiras, pero el tamaño que puede alcanzar el adulto varía con el tamaño de la población y el área geográfica (PAHO, 1985).

SÍNTESIS

Los moluscos del Género *Biomphalaria* son pulmonados, hermafroditas, siendo la fecundación cruzada preponderante sobre la autofecundación. Habitan tanto espejos de agua dulce naturales como artificiales con moderada penetración de la luz, mínima turbidez, barros con sustratos ricos en materia orgánica y vegetación acuática sumergida o emergida. Viven principalmente en aguas poco profundas y no pueden sobrevivir durante grandes sequías. Toleran amplios rangos térmicos, pero pueden soportar mejor las bajas temperaturas que las altas y tienen la habilidad de moverse para evitar extremos de temperatura en su hábitat.

Las especies que se encuentran infestadas naturalmente en América del Sur son *B. glabrata*, *B. tenagophila* y *B. straminea*.

Rangos de temperaturas en que se desarrolla la actividad biológica del molusco:

De acuerdo con los datos bibliográficos recabados en éste capítulo, se definen los rangos de temperatura que se han considerado como guía base para este trabajo en función a las condiciones en que se realiza la actividad biológica por parte del molusco. De esta manera cuando la actividad metabólica a la que se hace referencia se realiza sin estrés, se la ha denominado rango de confort, mientras si además de no tener estrés, es el rango donde la actividad biológica es máxima se la llama rango óptimo.

Además se ha llamado barrera térmica, a toda aquella temperatura que limita el desarrollo del molusco o bien alguna actividad biológica del mismo. Las limitantes térmicas pueden ser tanto inferiores como superiores.

Sobrevida del Molusco

Rango extremo de temperatura de sobrevida: de 0 °C a 40 °C.

Rango de temperatura en que el molusco vive con confort: 10 °C a 30 °C.

Rango de temperatura óptimo en que viven el género *Biomphalaria*: 22 °C a 26 °C.

Rango en óptimo en que viven la especie *B. glabrata*: 25 °C.

Reproductividad

Rango extremo de temperatura: 5 y 35 °C

Rango de temperatura en que la fertilidad se realiza con confort: entre los 18 y los 30 °C

Rango óptimo, para *B. glabrata* 20 y 27,5 °C

Desarrollo Embrionario: De los datos bibliográficos se extrae que la temperatura óptima para el desarrollo embrionario de *B. glabrata* y *B. tenagophila* esta en el rango de 25 a 30 °C, se observó una relación inversa entre *B. glabrata* y la temperatura mínima mientras que para *B. tenagophila* se observó con la temperatura máxima.

La otra variable climática que se analiza es este trabajo es la precipitación. Se ha observado que en épocas de sequía, el caracol queda en el sustrato y se concentra, mientras que en época de lluvias se dispersa y, en función a la velocidad del flujo es el alcance. Por lo tanto la distribución de *Biomphalaria* está sujeta a la existencia de espejos de agua, regulados por la cantidad de precipitaciones que se dan en una determinada zona; si las sequías son importantes el caracol se muere y si las lluvias son muy fuertes el caracol sufre mayor dispersión.

No se ha observado una relación entre la precipitación y el despojo de cercarias desde el caracol infestados.

CAPÍTULO 4

EL PARÁSITO, *Schistosoma mansoni*

El parásito responsable de la enfermedad esquistosomiasis es un trematodo digeneo (gusano plano), de la Familia Schistosomatidae, Género *Schistosoma*, distribuido en áreas tropicales y subtropicales, y abarcando África, parte del sureste de Asia, el Caribe y parte de Sudamérica (Rumi, 1991).

De todas las especies conocidas del Género *Schistosoma*, 19 aproximadamente, 5 de ellas afectan al humano. Las tres principales y más extendidas, son *Schistosoma haematobium*, *S. japonicum*, y *S. mansoni*. Las otras dos especies *S. mekongi* y *S. intercalatum*, se encuentran circunscriptas a determinadas áreas geográficas.

Existen además otras especies de esquistosomas parásitas de aves y de mamíferos, que pueden causar dermatitis cercarial en humanos.

Podemos así clasificar al parásito causante de la esquistosomiasis:

Reino: Animalia Linnaeus, 1758.

Subreino: Eumetazoa Bütschlii, 1910.

Superphylum: Platyzoa Cavalier-Smith, 1998.

Phylum: Platyhelminthes Gegenbaur, 1859.

Clase: Trematoda Rudolphi, 1808.

Subclase: Digenea Carus, 1863.

Orden: Strigeatida (Larue, 1926) Sudarikov, 1959.

Familia: Schistosomatidae (Looss, 1899) Poche, 1907.

Subfamilia: Schistosomatinae Stiles y Hassel, 1898.

Género: *Schistosoma* Weinland, 1858.

Características del Phylum Platyhelminthes: Gusanos planos; acelomados; cuerpo deprimido en sentido dorso ventral; sistema digestivo sin ano (el intestino termina en ciego); sin sistema circulatorio. Suelen ser considerados como los representantes más primitivos de los animales bilaterales.

Características de la Clase Trematoda: También llamados duelas; modifican su epidermis larval en la neodermis del adulto; provistos de una o más ventosas, que las utilizan como órganos de fijación. Son gusanos planos no segmentados.

Características de la Subclase Digenea: endoparásitos con uno o más huéspedes intermediarios. Su ciclo vital les confiere el nombre digeneos porque tienen al menos dos hospedadores.

Características de la Familia Schistosomatidae: Son inusuales dentro de los gusanos digenéticos, porque son gonocóricos, o sea poseen sexos separados y las formas adultas se encuentran dentro del sistema circulatorio de su huésped definitivo. Tienen un sólo huésped intermediario. Las cercarias infectan directamente al huésped definitivo y maduran dentro del mismo. Dentro de esta Familia se incluyen importantes parásitos para el hombre.

Características de la Subfamilia Schistosomatinae: Con un canal ginecóforo bien desarrollado.

Características del Género Schistosoma: Hay dimorfismo sexual considerable en el Género, siendo los machos más cortos y corpulentos que las hembras. Los machos tienen el antecuerpo corto con forma cilíndrica y el tegumento puede tener tubérculos con o sin espinas (Yamaguti, 1971). Poseen además un canal ventral, longitudinal, llamado canal ginecóforo, en el cual, generalmente reside la hembra.

Las hembras tienen un cuerpo filiforme y más alargado que los machos y las ventosas son más pequeñas y no tan musculosas.

Los machos presentan de cinco a nueve testículos, según la especie considerada, poseen conductos eferentes que por coalescencia forman la vesícula seminal, la que se abre ventralmente a través del poro genital, inmediatamente por debajo de la ventosa ventral. No tiene cirro, ni bolsa del cirro, ni células prostáticas (Schmidt y Roberts, 1984).

El ovario se puede encontrar en la parte anterior, posterior o en la mitad del cuerpo de las hembras y el útero puede ser corto o largo dependiendo de la especie.

Los huevos son ovales o fusiformes con espinas laterales, terminales o una espina rudimentaria.

Clasificación en Grupos de Especies

Podemos dividir al Género *Schistosoma* en Grupos o Conjunto de Especies relacionados, en función a la morfología de los huevos y al caracol que interviene como huésped intermediario. Los grupos son *S. haematobium*, *S. mansoni*, *S. japonicum* y *S. indicum* (Rollinson y Southgate, 1987).

Grupo *S. haematobium* – Tiene como hospedador al caracol del Género *Bulinus*. Los huevos usualmente terminan en una espina. Estos parásitos se encuentran en África, el área Mediterránea y en Medio Oriente.

Dentro de este grupo se encuentran:

S. haematobium – **Parásito de humanos.**

S. intercalatum – **Parásito de humanos.**

S. bovis – Parásito del ganado de ovejas y cabras. El hombre puede llegar a infestarse pero es muy raro.

S. mattheei – Parásito de primates y rumiantes. El hombre puede ser infestado con esta especie en Sudáfrica, aunque esto se da sólo en conjunción con la infestación de *S. haematobium* o *S. mansoni*.

S. curassoni – Parásito de rumiantes.

S. margrebowiei – Parásito de rumiantes. Huevos de esta especie se han encontrado en el hombre pero esto no es probablemente una verdadera infestación, por ejemplo el hospedador humano ingiere los huevos de un animal infestado, el cual viaja a través del tracto intestinal y pasa a las heces.

S. leiperi – Parásito de rumiantes.

Grupo *S. mansoni* – El caracol hospedador es el perteneciente al Género *Biomphalaria*. Los huevos tienen usualmente una espina lateral. Salvo *S. mansoni* todos los parásitos de este grupo están restringidos a África.

S. mansoni – **Parásito de humanos.**

S. rodhaini – Parásito de roedores y carnívoros.

S. edwardiense – Parásito de rumiantes. Este fue descrito por primera vez por J. P. Thurston de las venas mesentéricas del *Hippopotamus amphibius*. Los huevos tienen una espina lateral rudimentaria.

S. hippopotami – Reportado como parásito de los hipopótamos. Este parásito fue recuperado de los vasos sanguíneos hepáticos del *Hippopotamus amphibius* y descrito por Thurston en 1963. Subsecuentemente McCully *et al.*, en 1967, encontraron que el parásito tenía una anormal distribución en los animales, siendo abundante en las arterias pulmonares, corazón, vena cava posterior y venas hepáticas. Esta inusual distribución aumentaba la posibilidad de que el hipopótamo no sea el hospedador natural del parásito y algunos autores discuten la idea de que *S. hippopotami* es sinónimo de *S. mansoni*.

Grupo *S. japonicum* – Tienen como hospedador intermediario al caracol del Género *Oncomelania*, *Robertsia* y *Tricula* en el Este de Asia.

S. japonicum – **Parásito de humanos** y otros animales.

S. mekongi – **Parásito de humanos** y otros animales.

S. malayensis – **Raramente parásito humano**, sí, es parásito de otros animales. Un muy reciente nuevo parásito descrito.

S. sinensum – Parásito de roedores.

Grupo *S. indicum* – El caracol huésped es del Género *Indoplanorbis*, *Radix* y *Lymnaea* en Asia.

S. indicum – Parásito de rumiantes.

S. spindale – Parásito de rumiantes y perros. Esta especie está incriminada en la dermatitis cercarial.

S. nasale – Parásito de rumiantes.

S. incognitum – Parásito de roedores, carnívoros y rumiantes.

Distribución geográfica de las distintas especies de esquistosomas

Schistosoma mansoni es encontrada en distintas partes de Sudamérica: Brasil, Venezuela, Surinam y en algunas zonas del Caribe; en el oeste, este y centro de África, además del delta del Nilo (Egipto), y en el Medio Oriente, en diferentes puntos de la península Arábiga.

S. haematobium muy extendida en toda África y Medio Oriente. Se encuentra en las aguas del Nilo, contaminando los caudales fluviales sobretudo del sur de Egipto y del norte del actual Sudán.

S. japonicum en el este y sudeste de Asia, China, Laos, Camboya, Filipinas, Indonesia, Célebes, Japón y Tailandia.

S. intercalatum se encuentra circunscrito al centro oeste de África.

S. mekongi esta circunscripta al sudeste asiático.

Estadios del Parásito

En el Capítulo 2 se ha desarrollado el ciclo de vida del esquistosoma, mostrando principalmente como se desarrollaba la enfermedad en el humano, en éste Capítulo se desarrolla el ciclo de vida para poder mostrar en detalle los diferentes estadios del parásito y el espacio físico donde se desarrollan (Figura 4.1).

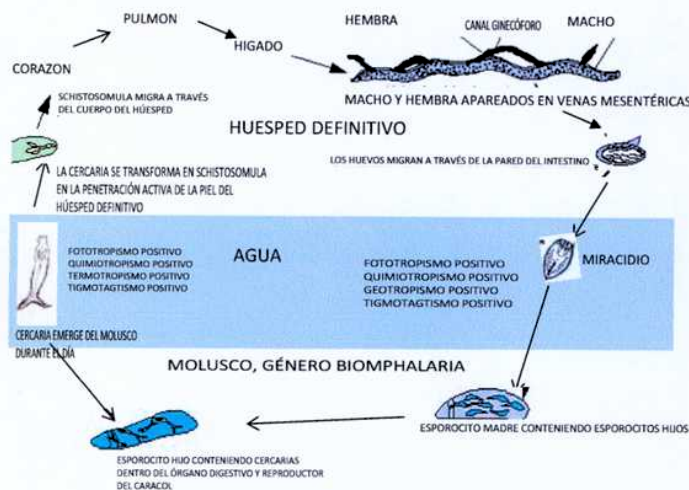


Figura 4. 1. Ciclo de vida de esquistosoma. Gráfico extraído y modificado de la página Web de la Cambridge University, Schistosomiasis Research Group. <http://www.path.cam.ac.uk/~schisto/SchistoLife/Schist.lifeecycle.html>.

El parásito macho se une con la hembra y por medio de **reproducción sexual** se forman los **quistes cigóticos** o **huevos**, los que, a medida que son puestos por la hembra, se acumulan en las paredes de los vasos sanguíneos. Cuando estos vasos sanguíneos se rompen expulsan a los huevos por la orina o las heces al agua. Las hembras producen entre 300 y 3000 huevos por día (Moodley *et al.*, 2003). Cuando llegan al agua los **quistes cigóticos** liberados por las duelas adultas se convierten en larvas ciliadas que nadan libremente llamadas **miracidios**, los que penetran en el molusco y entran en el periodo de incubación extrínseca, etapa de la que finalmente son liberadas las **cercarias**, otro estadio larval.

La cercaria al penetrar al huésped definitivo a través de la piel pierde su cola y se convierte en **esquistosómula**. Esta viaja por sangre o sistema linfático para llegar a hígado donde, después de **seis semanas** alcanza la madurez sexual y se transforma en la duela adulta, **esquistosoma** (Moodley *et al.*, 2003). El rango de vida del parásito adulto dentro del huésped es entre **tres a ocho años**, sin embargo este periodo puede prolongarse en función a las condiciones que el hospedador ofrezca al parásito (Moodley *et al.*, 2003).

Descripción de los diferentes estadios

El Miracidio

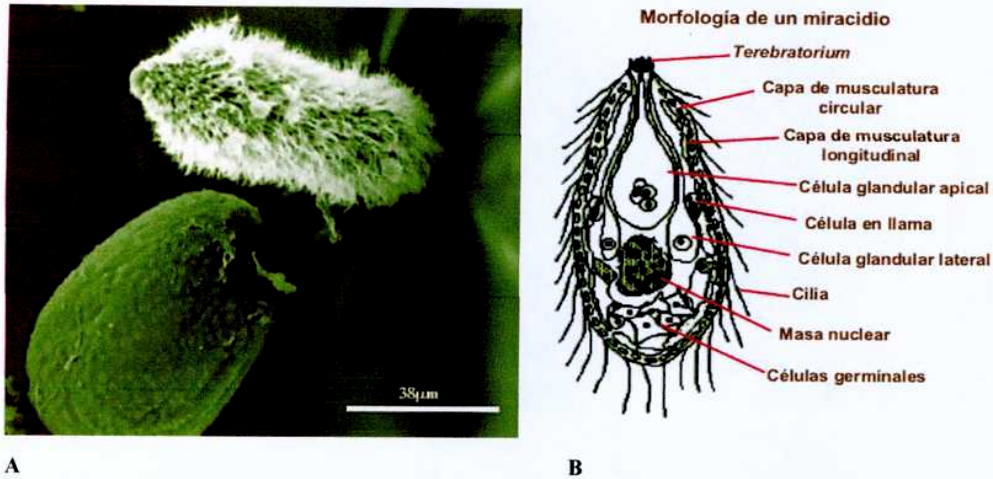


Figura 4. 2. A. Microscopía electrónica de barrido de un miracidio. El huevo que se observa a la izquierda está en eclosión. B. Dibujo modificado que muestra la organografía interna del miracidio (Dr. T. Stewart).

Características del miracidio (Figura 4.2.A. y 4.2.B.):

- Tamaño, entre 150 y 180 μm de largo por 70 a 80 μm de ancho.
- Posee numerosas ciliias, para poder moverse a través del agua.
- No posee intestino.
- Tienen sexos diferenciados.
- Tiene un sistema nervioso con una variedad de órganos sensoriales.

En este estadio no se alimenta por sí sólo, vive utilizando el glucógeno que tiene como reserva, del que obtiene la energía necesaria para sobrevivir hasta estar dentro del caracol. La sobrevida está limitada a la cantidad de glucógeno que utilice, por lo tanto la capacidad de infectar disminuye con el tiempo.

De acuerdo con Schmidt y Roberts (1984), el miracidio vive entre 5 y 6 horas bajo condiciones óptimas y deja de infestar pasadas las **4 a 6 horas** después de la eclosión del huevo. El miracidio nada sin cesar durante su vida (Schmidt y Roberts, 1984) y, para poder contactar al huésped desarrolló diferentes artilugios, en especial se observa en los miracidios de *S. mansoni* fotorreceptores los que le permiten nadar hacia la luz (fototropismo positivo) y además nada hacia arriba (geotropismo negativo). Estas dos características le permiten ir hacia el agua superficial donde se encuentran los caracoles. Además el parásito posee quimiorreceptores capaces de detectar ácidos grasos excretados por el caracol y ciertas aminos que se encuentran en el pie del mismo, por lo

cual el miracidio nada directamente hacia el caracol (quimiotropismo positivo) (Figura 4.3).



Figura 4. 3. Fotografía de un miracidio nadando hacia un caracol.

Una vez que se contacta con el caracol (tigmotactismo positivo), el miracidio ayudado por sus órganos sensoriales realiza una exploración de la superficie del mismo hasta lograr encontrar el lugar que le permite penetrar en el huésped. Al hallar éste lugar el miracidio se fija al caracol a través del *terebratorium* que actúa como ventosa y al mismo tiempo se producen secreciones desde las células de las glándulas apicales del miracidio. Se observa que para *S. mansoni* el lugar de fijación se halla generalmente en la porción anterior del borde lateral del pie de los caracoles.

Para penetrar al caracol el miracidio realiza ciertos movimientos y utiliza posiblemente una secreción histolítica de las tres células glandulares apicales que tiene el miracidio. Durante la penetración el miracidio modifica su epidermis ciliada para ir transformándose en **esporocito primario**. Estudios realizados *in vitro* con *S. mansoni*, mostraron que en la transformación aparece rápidamente (3 horas) un nuevo tegumento (neodermis) formado probablemente por material subepidérmico (Basch y Di Conza, 1974). El tegumento del futuro esporocito primario es sucesivamente cubierto por numerosas microvellosidades.

Periodo de incubación extrínseco:

Las células reproductoras internas que se encontraban en el miracidio, comienzan a proliferar (reproducción asexual) y producen una generación de **esporocitos hijos** y estos a su vez producen las **cercarias**. Las cercarias de *S. mansoni* son liberadas de 25 a 30 días después de que el caracol ha sido infectado (Pan, 1965), originándose aproximadamente 10000 cercarias de 2 a 12 semanas dependiendo de la temperatura del agua.

Cercarias

Son sexualmente diferenciadas. Morfológicamente se observa que la cercaria posee cabeza y cola (Figura 4.4). La primera mide aproximadamente 200 μm de largo, mientras que la cola es larga y termina bifurcada. El tegumento está cubierto por una membrana trilaminada y tiene por encima un *glucocalix*, espinas y papilas sensoriales.



Figura 4. 4. Fotografía de una cercaria.

En este estadio el parásito no se alimenta y la energía que necesita para sobrevivir hasta encontrar al huésped, la obtiene del glucógeno que tiene almacenado principalmente en la cola y la cabeza. Por lo tanto, el tiempo de vida está totalmente ligado a la cantidad y uso del glucógeno de reserva, el que declina exponencialmente con el tiempo desde que es liberada la cercaria, siendo el de la cola el primero en utilizarse (Lawson y Wilson, 1980). Cuando el glucógeno de la cola se acaba la cercaria no puede nadar, pero sigue siendo infecciosa, dado que las reservas de hidratos de carbono (glucógeno) del cuerpo le dan la fuerza suficiente para penetrar la piel del huésped (Lawson y Wilson, 1980).

En cuanto a la longevidad de la cercaria, Lawson y Wilson (1980), propusieron que entre 15 y 35 °C la mortalidad de las cercaria es casi exclusivamente una consecuencia del proceso de envejecimiento. Estimaron el tiempo de sobrevivencia en 30 horas a 15 °C, 16 horas a 25 °C y 8 horas a 35 °C. Por fuera de este rango la mortalidad aumenta exponencialmente con la temperatura.

Por otro lado, un trabajo posterior (Lawson y Wilson, 1983) sugirió que bajo condiciones de temperatura óptima, de 25 a 27 °C, el empleo del glucógeno puede continuar entre 5 y 8 horas antes de que la infectividad sea dañada. Sólo después de este tiempo la reserva de glucógeno puede ser limitada y por lo tanto, afectar la vida del parásito al atravesar la piel del huésped, acto que consume gran cantidad de energía (Lawson y Wilson, 1983).

Las cercarias llevan a cabo diferentes pasos hasta encontrar y penetrar al huésped definitivo, estos pasos están estimulados por sombras en el agua (fototropismo positivo), químicos secretados por la piel del huésped (quimiotropismo positivo) y su

temperatura (termotropismo positivo). En la primera etapa realiza movimientos característicos y luego pasa a una búsqueda pasiva. Una vez que alcanzan al huésped, primero se unen a la piel (tigmotactismo positivo) y comienzan a buscar el sitio que les permitirá penetrarlo y entrar al mismo, en general este sitio es un folículo piloso. La penetración de la piel se realiza gracias a la secreción de los cinco pares de glándulas que se encuentra en la cabeza del parásito.

Esquistosómula

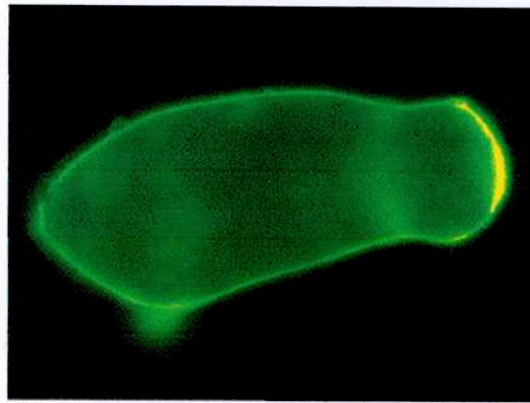


Figura 4. 5. Fotografía obtenida de una esquistosómula recién formada y teñida por medio de una reacción fluorescente.

Durante la penetración de la piel, la cercaria pierde la cola, modifica su tegumento, convirtiéndose en esquistosómulas (Figura 4.5). En éste estadio desarrolla un intestino rudimentario de manera tal que comienza a alimentarse de plasma, no de las células de la sangre.

La mayor barrera que posee el parásito para migrar a través de la piel es pasar la membrana basal para llegar de la epidermis a la dermis. Cuando llega a la dermis la esquistosómula localiza un vaso sanguíneo o un vaso linfático, pero éste último camino rara vez lo utiliza; y de acá en más le lleva 10 horas el pasaje desde la dermis al interior del vaso. La esquistosómula una vez en sangre tarda unos 3 a 4 días en llegar a los pulmones vía la arteria pulmonar. Aproximadamente 8 horas después que el parásito arriba al pulmón se observa que la esquistosómula incrementó su área superficial aunque no su masa corporal total por lo que se la observa mucho más larga y delgada. Se cree que esta serie de cambios que sufre el parásito en el pulmón son necesarios para

luego poder movilizarse y migrar hacia la zona donde completará su desarrollo. De ésta manera va a migrar vía capilares pulmonares al resto del sistema circulatorio y alcanzará la vena porta hepática donde termina su crecimiento.

Esquistosomas Adultos

Al llegar al hígado se completa el desarrollo del intestino y de las gónadas para alcanzar el estadio adulto, esquistosoma, diferenciándose los machos que son más cortos y gruesos, de las hembras alargadas y delgadas. Una vez sexualmente maduros, los adultos macho y hembra se aparean y migran en contra de la corriente sanguínea de regreso, a lo largo de las vena porta hepática, a las venas mesentéricas y a las bifurcaciones mesentéricas alrededor del intestino, (*S. mansoni* y *S. japonicum*) o al plexo vesical (*S. haematobium*), donde comienza la puesta de huevos. Después de 35 días para *S. japonicum* o *S. mansoni* y 70 días *S. haematobium* los huevos embrionados son excretados en las heces, en la orina o trasladados a otros tejidos.

Esquistosoma Hembra

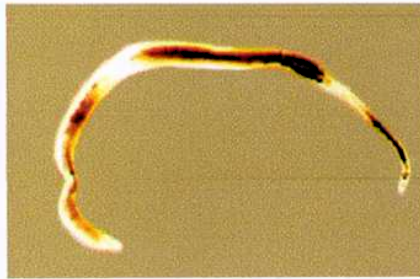


Figura 4. 6. Fotografía de una hembra madura de *Schistosoma mansoni*.

La hembra posee dos ventosas, una ventosa ventral cerca del poro genital y una ventosa oral cerca de la glándula esofágica.

Tanto el tamaño, la ubicación de los ovarios y la puesta de huevos varían en función a la especie. De manera tal que para *S. mansoni* (Figura 4.6) el tamaño es de aproximadamente 1,1 cm por 0,2 mm, tiene el ovario en la mitad anterior del cuerpo y se observa en el útero entre 1 y 3 huevos. Para *S. haematobium* la dimensión es de 1 cm por 1 mm, el ovario se encuentra en la mitad posterior y posee entre 20 y 30 huevos, y finalmente para *S. japonicum* el tamaño es de 2 cm por 0,4 mm, el ovario se localiza en la mitad del cuerpo y se observan en el útero 50 o más huevos.

Esquistosoma Macho

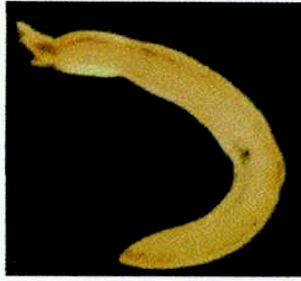


Figura 4. 7. Fotografía de un macho adulto de *Schistosoma mansoni*.

En los machos adultos las gónadas se encuentran dispuestas alrededor de un pequeño vaso deferente y poseen un canal ginecóforo del cual se sostienen las hembras mientras son fertilizadas. El tegumento puede estar cubierto de tubérculos los que se encuentran principalmente en la superficie lateral de los labios del canal ginecóforo y posteriormente se transforman en espinas.

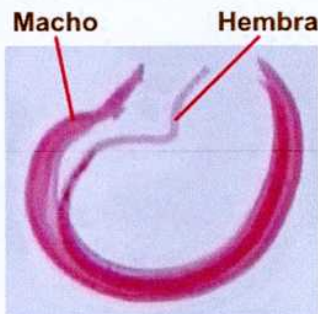
El tamaño, la cantidad de gónadas masculinas y el tegumento varían en función de la especie considerada, de manera que *S. mansoni* (Figura 4.7) mide aproximadamente 1 cm por 1 mm, su tegumento está cubierto de tubérculos gruesos y tiene entre 8 y 9 gónadas; *S. haematobium* mide 1 cm por 1 mm, los tubérculos son mucho más finos y tiene entre 4 a 5 gónadas y *S. japonicum* mide 1,2 cm por 0,5 mm, no posee tubérculos y tiene entre 6 a 8 gónadas.

En la cópula la hembra se ubica dentro del canal ginecóforo del macho (Figura 4.8).



A

Adultos de Schistosoma en cópula



B

Figura 4. 8. A. Fotografía electrónica de barrido de adultos de *Schistosoma* sp. en copula. El parásito hembra yace dentro del surco ventral del macho, llamado canal ginecóforo. Es una adaptación de estos gusanos a la vida en un ambiente turbulento, tal como es en la corriente sanguínea. B. Interpretación de los organismos durante la cópula.

Quistes Cigóticos (Huevo)

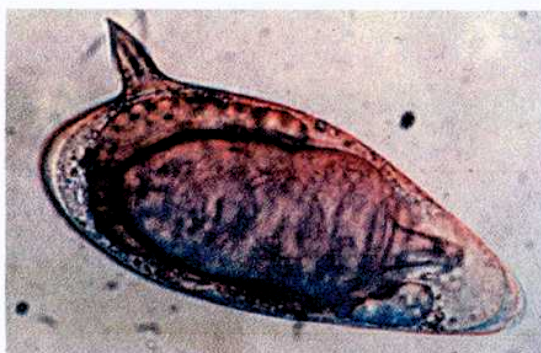


Figura 4. 9. Huevo de *Schistosoma mansoni*. Se observa la espina lateral y la larva miracidio dentro del cascarón.

Los huevos inmaduros tardan aproximadamente de 6 a 7 días de postovoposición en desarrollarse y llegar a ser huevos maduros llevando una larva miracidio. Este proceso se lleva a cabo durante la migración desde los vasos sanguíneos del mesenterio, a través de la pared del intestino, hasta la salida del cuerpo del huésped. En las heces generalmente sólo se ven los huevos maduros los que tienen forma ovalada y cáscara delgada con ligera tonalidad amarilla.

Los estadios de desarrollo fueron primero clasificados para los huevos de *S. japonicum* por H. Vogel en 1942, pero las características generales son también observadas en *S. mansoni* y el mismo sistema de clasificación puede ser usado (Pellegrino *et al.*, 1966; Michaels y Prata, 1968).

Los huevos poseen una espina terminal o lateral de acuerdo con la especie de que se trate, la cáscara está compuesta por escleroproteínas y estructurada con microtúbulos; una membrana la separa del contenido del huevo.

La espina que presentan los huevos nos sirven para identificar las especies del parásito. De tal manera que, los huevos de *S. mansoni* poseen una espina lateral y son puestos en forma individual, mientras que los huevos de *S. haematobium* y *S. japonicum* son puestos en tandas y poseen una espina terminal, siendo en *S. japonicum* la espina terminal muy reducida.

En cuanto al tamaño, los huevos de *Schistosoma haematobium* y los de *Schistosoma mansoni* tienen aproximadamente 60 por 140 μm , mientras que los huevos de *Schistosoma japonicum* miden 63 por 80 μm . Además, los huevos de *S. mansoni* y *S. japonicum* están cubiertos por microtúbulos de aproximadamente 0,3 μm de longitud.

Los huevos son el principal factor patogénico y la patología de la esquistosomiasis está determinada por la carga de los mismos (Moodley *et al.*, 2003).

Control del parásito, susceptibilidad

Todos los estadios son susceptibles a soluciones de: glutaraldehído al 2 %, hipoclorito de sodio al 1 % y alcohol etílico al 70 %. Estas soluciones se pueden utilizar para controlar la enfermedad.

En cuanto a las drogas que se utilizan en humanos para combatir la esquistosomiasis, todas las especies de *Schistosoma* son susceptibles a praziquantel. En especial para combatir la *S. mansoni* se puede utilizar oxamniqué y para *S. japonicum* metrifonato.

Una limitante en la dispersión de los esquistosomas, está dada por la presencia de peces que se alimentan del parásito. Varios estudios de laboratorio mostraron que los guppies (peces), *Lebistes reticulotes* (Figura 4.10), comunes en Melquiades área rural del Estado de Minas Gerais en Brasil, son eficientes depredadores de las cercarias de *S. mansoni* (Pellegrino *et al.*, 1966; Knight *et al.*, 1970).



Figura 4. 10. Guppies, nombre científico: *Lebistes reticulotes*

Los guppies son peces tropicales y las condiciones óptimas de su hábitat están dadas por una temperatura del agua entre 25 y 28 °C y un rango de pH de 7,0 a 7,5.

Relación entre el parásito y la temperatura

Como hemos visto el esquistosoma pasa por diferentes estadios en su ciclo de vida y cada uno se desarrolla en diferentes espacios físicos, los que son influenciados por la temperatura y sus cambios. Esta influencia afecta no sólo el tiempo de vida sino que también el grado de infestación y la capacidad de reproducción del parásito. Se desarrolla a continuación la relación de cada estadio con la temperatura.

Miracidio

Tiene un amplio rango de sobrevida. En función a los observado por Bénex y Deschiens (1963) el miracidio puede vivir entre -5 y 45 °C, siendo la temperatura óptima de aproximadamente 15 °C (Martens *et al.*, 1997; Moodley *et al.*, 2003; Anderson *et al.*, 1982).

Otras observaciones realizadas mostraron que bajo microscopio la movilidad del parásito es casi nula a los 10 °C y se hacen hiperactivos con el calentamiento gradual hasta llegar a 40 °C (DeWitt, 1954).

Purnell (1966), trabajando en un rango de 12 a 33 °C, encontró que la mortalidad del miracidio fue uniformemente baja luego de las dos horas de exposición y aumentaba linealmente con la temperatura después de mantenerlo más de 6 horas, lo que denota que existe una relación lineal entre la edad, la temperatura y la mortalidad en éste rango.

Condiciones de temperatura para la penetración del miracidio al caracol.

Coelho y Bezerra (2006) mostraron que existe una relación directa entre la temperatura y el porcentaje de infestación de los moluscos por *S. mansoni*.

En cuanto a las mínimas temperaturas de penetración, De Witt (1954) realizó experimentos con *S. mansoni* y distintas cepas de *B. glabrata*, observando que a 10 °C no se produjo ninguna infestación, pero a medida que se aumentaba la temperatura el porcentaje de infestaciones también aumentaba. La temperatura máxima de penetración estaba directamente relacionada con la capacidad de sobrevida del molusco huésped. Otros trabajos dan como temperatura mínima de infección 9 °C (Martens *et al.*, 1997) existiendo una relación lineal a partir de la misma, entre la infestación del miracidio y la temperatura.

Estadío Intramolusco, periodo de incubación extrínseca

Este estadío está influenciado por factores tanto ambientales como endógenos, estando la temperatura (Maldonado y Acosta-Matienzo, 1947) y la luminosidad (Standen, 1951a; Valle *et al.*, 1971) entre los factores ambientales más importantes. Stirewalt (1954) mostró que la temperatura de mantenimiento ejercía efectos sobre el desarrollo intramolusco de *S. mansoni* y que al disminuir la misma se producía un retraso y una fuerte reducción en el número de cercarias por caracol.

De acuerdo con Pflüger (1980) y Plorin y Gilbertson (1983), existe una relación lineal entre la Temperatura y el porcentaje de desarrollo de *S. mansoni* en *B. glabrata*, con un punto nulo en 14,2. Ambos autores refieren al rango comprendido entre 16 y 33 °C,

pero el primero habla de temperatura media del ambiente considerando las fluctuaciones diarias y los segundos se refieren a la temperatura del agua. Además Pflüger (1980) señala que a bajas temperaturas, entre 11 y 14 °C, la duración del periodo extrínseco no parece seguir la relación hipérbolica que se da a mayores temperaturas e incluso observó cierto desarrollo parasitario aún a temperaturas menores que el punto mínimo teórico de 14,2 °C.

Asimismo experimentos realizados por Pflüger en 1981, mostraron que la eliminación de cercarias tenía lugar entre los 16 y 35 °C y se producía una disminución de 1500 a 250 cercarias por semana cuando se exponía caracoles durante 1 hora a 18 y 16 °C respectivamente. Además observó que cuando se los colocaba a 15 °C durante una a dos semanas se suspendía totalmente la eliminación de cercarias. Por otro lado, Coelho y Bezerra (2006), también encontraron una relación lineal entre la Temperatura y la eliminación de cercarias pero en un rango comprendido entre 15 a 30 °C, resultando sólo el 1,3% de *B. glabrata* infectada a los 15 °C mientras que a los 20 y 30 °C se infectaron el 46 y 89 % respectivamente.

Otro hecho que muestra la prolongación del estadio extrínseco cuando la temperatura disminuye, es lo que se observa en Sudáfrica, donde hay zonas en las que durante el otoño y el invierno las temperaturas varían en un rango que va desde valores subcero a 13 °C y, a pesar de que tanto el parásito (*S. mansoni*) como el caracol (*B. pfeifferi*) sobreviven a las mismas, la transmisión es casi nula siendo recién al final de septiembre comienzos de octubre (primavera), que salen en forma simultánea todas las cercarias (Moodley *et al.*, 2003).

Cercaria

En función a los trabajos realizados en el laboratorio por Purnell (1966), la cercaria sobrevive fácilmente entre 12 y 33 °C. El mismo autor observó que entre 12 y 27 °C la mortalidad de la cercarias aumentaba con la edad sin influencia de la temperatura de mantenimiento, pero a partir de los 30 °C la influencia de la temperatura en la mortalidad de las cercarias más viejas era muy grande.

En cuanto a la capacidad infestiva, Purnell (1966) observó que en el rango de 12 a 33 °C, el porcentaje de infestación disminuía con la edad de las cercarias, tanto como con la temperatura de mantenimiento de las mismas. Por otro lado, para una misma temperatura, no se registró gran diferencia en la infestividad cuando el tiempo de incubación era entre 2 y 6 horas, pero sí cuando éste ascendía a 24 horas.

En estudios experimentales realizados por Stirewalt y Fregeau (1965) sobre la penetración de las cercarias al huésped definitivo, observaron que la misma ocurría en un rango desde 7 a 45 °C, siendo buena la penetración en un rango de 16 a 35 °C y óptima entre 27 a 28 °C. En éste mismo estudio se observó la posibilidad de inmovilización de la cercarias en función a la tolerancia a la temperatura, midiendo la concentración de las mismas en el fondo de los tubos expuestos. Como resultado cuando se dejó las cercarias a 5 °C por 60 minutos, perdían movilidad y la posibilidad de recuperación a temperatura ambiente resultó ser casi nula. Si la temperatura de exposición era de 10 °C, por 60 minutos, la mayoría se aglutinaban en el fondo del tubo con movilidad casi nula volviendo a apariencia normal cuando se elevaba la temperatura. Otros trabajos (Lawson y Wilson, 1980) sobre la edad de la cercarias, temperatura y mortalidad, observaron que entre 15 y 35 °C la temperatura afecta el envejecimiento de las cercarias pero no a la mortalidad, mientras que fuera de éste rango la temperatura en sí misma causa efectos que llevan al aumento en la mortalidad. A los 10 °C se observó un alto porcentaje inicial de muertes seguido de un periodo de insignificante mortalidad, lo que sugirió que un grupo de la población de cercarias era más tolerante a las bajas temperaturas o hubo una adaptación a la misma. Por encima de los 35 °C la intolerancia a las altas temperaturas causó un gran incremento en la mortalidad (Lawson y Wilson, 1980).

Por último, Michelson (1961) identificó cuatro estadíos en el ciclo de transmisión en que la temperatura puede tener efecto: (1) la habilidad del miracidio por infestar al caracol; (2) la duración y finalización del desarrollo larval dentro del molusco; (3) emergencia de la cercaria y (4) infestividad de la cercaria al huésped definitivo, identificando al estadio intramolusco como el más sensitivo a los efectos de la temperatura.

SINTESIS

El esquistosoma es un trematodo digeneo de la familia Schistosomatidae, Género *Schistosoma*, siendo la especie *S. mansoni* la que disemina por América del Sur. Pasa por una serie de estadíos, algunos de los que se desarrollan en un molusco, otros en el humano y otros en el agua.

En la Cuadro 4.1, se resumen las características tanto especiales como generales del Género *Shistosoma*.

Resumen de las Características especiales y generales del Género
1- Los gusanos adultos poseen formas cilíndricas y son alargados 2- Tienen sexos separados 3- Los huevos no tienen opérculos, pero sí tienen espina lateral 4- Tienen un solo hospedador intermediario 5- De un miracidio podrían originarse 10.000 cercarias de 2 a 12 semanas, dependiendo de la Temperatura del agua 6- El estadio infeccioso para el humano es la cercaria 7- La ruta de infección es a través de la piel 8- El principal estadio patógeno es el huevo

Cuadro 4.1. Características del Género *Schistosoma*.

Teniendo en cuenta la bibliografía se resume en el Cuadro 4.2, los rangos de temperatura en que se desarrolla la actividad biológica de los distintos estadios del parásito.

	EXTREMOS EN EL RANGO DE TEMPERATURA	RANGO DE TEMPERATURA EN EL CUAL LA FUNCIÓN BIOLÓGICA SE DESARROLLA CON FACILIDAD	RANGO ÓPTIMO
SOBREVIDA DE LA CERCARIA	De 5 a 45 °C ¹	De 10 a 35 °C ²	Alrededor de 15 °C ⁴
INFECTIVIDAD DE LA CERCARIA	Desde 7 a 45 °C ¹	De 16 a 35 °C ¹	De 27 a 28 °C ¹ ; de 24 a 27 °C ⁴
SOBREVIDA DEL MIRACIDIO	Puede vivir de -5 a 45 °C ⁵	12 °C a 27 °C ³	Alrededor de 15 °C ⁴ ; Mantenidas durante 2 hrs: 21 °C ³ Mantenidas a 6hrs: 12 a 15 °C ³
INFECTIVIDAD DEL MIRACIDIO	9 °C ⁴⁻⁶ ; A partir de temperaturas mayores de 10 a 40 °C ⁷ , ésta última depende de la tolerancia del caracol, relación lineal	A partir de temperaturas mayores de 10 °C ⁷ y la temperatura máxima depende de la tolerancia del caracol	26 a 30 °C ¹³ , ésta última temperatura depende de la tolerancia del caracol
SOBREVIDA EN ETAPA INTRAMOLUSCO	La temperatura mínima de sobrevida está por debajo de 0 °C y la máxima limitada por el caracol ⁸	Sobrevida: 11 a 40,5 °C dentro de la fluctuación diaria ⁹	
LIBERACIÓN DE CERCARIAS = DESARROLLO PARASITARIO	- 11 °C a 35 °C ⁹ - 15 °C a 30 °C ¹³ -14,2 °C es el límite inferior teórico ⁹ -Relación lineal entre la T y el desarrollo del parásito dentro del caracol ¹⁰	De 18 a 32 °C ¹⁰ Punto nulo 14,2 °C ¹⁰ De 16 a 35 °C ⁹⁻¹²	Desde 18 a 32 °C ¹² Desde 16 a 35 °C ¹⁰ Relación lineal

Cuadro 4. 2: Rango de temperaturas de las actividades biológicas de los distintos estadios del parásito. En algunas celdas del Cuadro aparecen más de una temperatura debido a que aparecen datos diferentes en la bibliografía. Referencias: 1. Stirewalt y Fregeau (1965); 2. Lawson y Wilson (1980); 3. Purnell (1966); 4. Martens *et al.*, (1995); 5. Bénex y Deschiens (1963); 6. Martens *et al.*, (1997); 7. De Witt (1954); 8. Moodley *et al.*, (2003); 9. Pflüger (1980); 10. Plorin y Gilbertson (1983); 11. Pflüger (1981); 12. Coelho y Bezerra (2006).

CAPÍTULO 5

CLIMA DE LAS REGIONES EN ESTUDIO

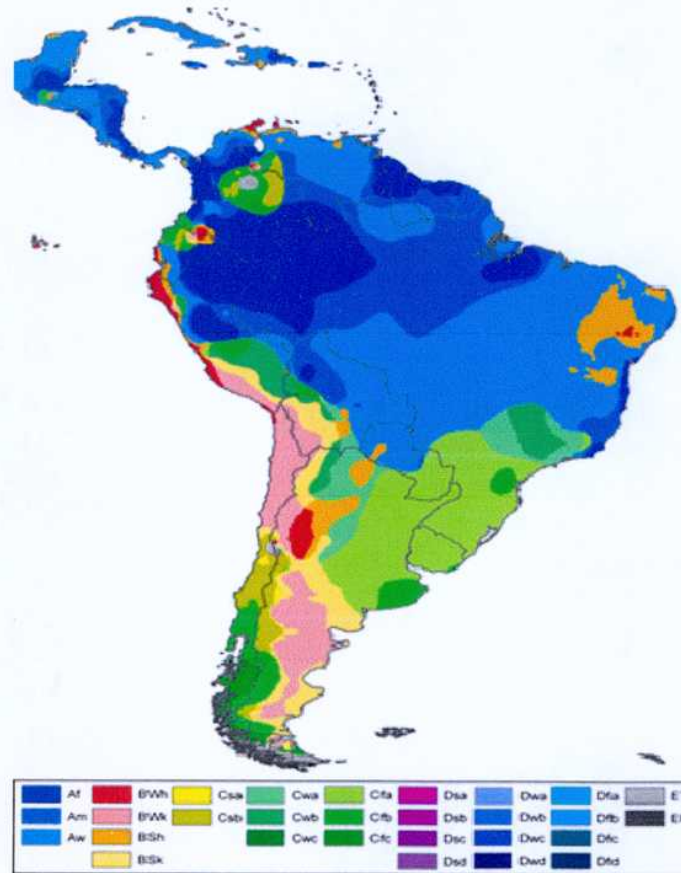
En este capítulo se establecen rasgos fundamentales que caracterizan el clima del área de estudio, utilizando los datos obtenidos en las coordenadas elegidas y la Clasificación de Köppen.

Por otro lado, para relacionar el cambio climático con la futura distribución de la esquistosomiasis en la Argentina, se deben plantear las condiciones climáticas actuales en la región de estudio, las que están relacionadas con el rango de vida del molusco (Capítulo 3) y la del parásito (Capítulo 4). Por lo tanto, en éste capítulo también se analizan las temperaturas de las diferentes regiones que comprenden el área de estudio, en función al grado de prevalencia o ausencia de enfermedad, realizando la comparación entre las mismas.

CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA

La caracterización climática a partir de los datos registrados abarca el periodo 1948 - 2007. En cada región se analizan las siguientes variables: temperatura media anual, temperatura media de verano, temperatura media de invierno, diferencia de temperaturas entre verano e invierno y precipitación media mensual. También se evalúa el mes de máxima y mínima precipitación. Se considera que la estación de verano abarca los meses de diciembre, enero y febrero y la estación de invierno junio, julio y agosto.

En la Figura 5.1 se muestra la Clasificación de Köppen .

FIGURA 5.1. Clasificación climática de América según Köppen, McKnight *et al.* (2000).**Región 1:**

Representa una de las zonas donde tuvo comienzo la esquistosomiasis en Brasil, abarcando el este y centro este del Estado de Bahía.

La región posee un clima tropical con variaciones en los índices de precipitación que van desde un área lluviosa que bordea la costa atlántica a semiárido con altas temperaturas hacia la zona continental.

Según la Clasificación de Köppen la región estudiada presenta cuatro áreas con diferentes tipos climáticos. Una estrecha franja costera se caracteriza por un clima de selva tropical lluviosa (Af) la que es continuada por una sabana tropical (Aw). En el centro y norte del estado el clima es de estepa árida continental (BWh) rodeada por una zona muy pequeña de sabana tropical (BSh).

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

De los datos registrados se verifica una temperatura media anual de 22,07 °C, con temperaturas medias de verano de 23,53 °C y de invierno de 20,03 °C. En cuanto a las precipitaciones, el mes con mayores lluvias corresponde a marzo con un valor promedio de 138,49 mm y, el mes menos lluvioso es agosto con un valor promedio de 17,91 mm (Figura 5.2).

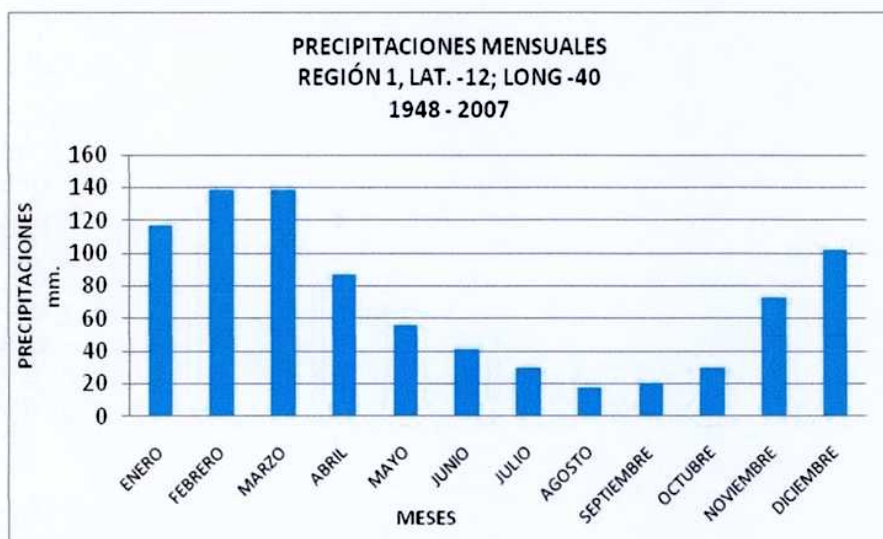


Figura 5.2. Precipitaciones medias mensuales para la región 1. Periodo 1948 - 2007

Región 2:

Esta región representa parte del Estado de Espírito Santo, norte del Estado de Río de Janeiro y este del Estado de Minas Gerais, considerada ésta última una de las regiones con los valores más elevados de endemia de Brasil. La región tiene un clima que varía entre tropical, tropical de altitud y tropical húmedo en la franja costera, registrándose las temperaturas más bajas en las regiones con mayor altitud.

En función a la clasificación de Köppen la región presenta 3 tipos climáticos. En la franja costera el clima se caracteriza como selva tropical lluviosa (Af), en la región sudeste del Estado de Minas Gerais tiene un clima monzónico (Am) y finalmente en el centro la región presenta un clima de sabana tropical (Aw).

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

De los datos registrados se verifica una temperatura media anual de 20,34 °C, con temperaturas medias de verano de 22,96 °C y de invierno de 18,77 °C.

Las precipitaciones presentan un promedio anual de 1587,94 mm, siendo la estación de verano (705,78 mm) y en especial el mes de diciembre (258,14 mm) los más lluviosos. El invierno (77,35 mm) es la estación con menores precipitaciones, y junio (24,11 mm) el mes más seco. En cuanto al otoño y la primavera, en la primera los registros son de 358,11 mm y de 446,68 mm en la segunda.

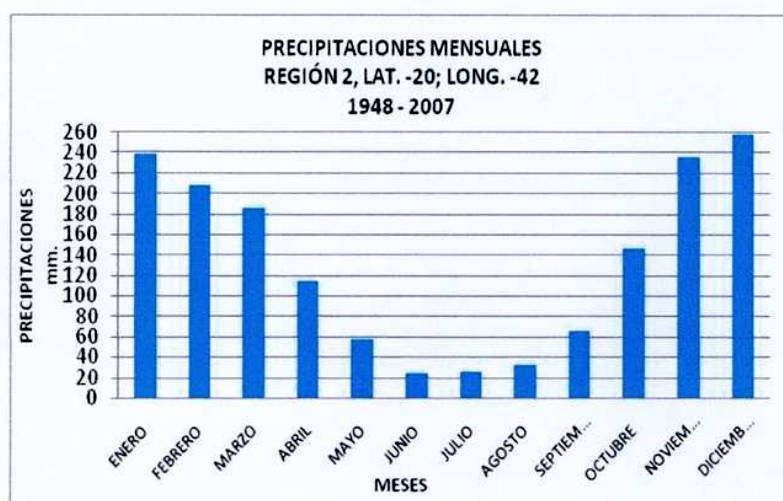


Figura 5.3. Precipitaciones medias mensuales para la región 2. Periodo 1948 - 2007

Región 3:

Esta región se encuentra dentro de la Región Sudeste de Brasil abarcando el Sureste del Estado de Minas Gerais, Noreste del Estado de San Pablo y gran parte del Estado de Río de Janeiro.

El clima de esta región es tropical, tornándose en tropical húmedo hacia la costa y con cuatro estaciones bien definidas en las áreas de mayor altitud.

En función a la clasificación de Köppen en la región presenta 4 tipos climático. Hacia el sur del estado de Minas Gerais el clima se clasifica como de sabana tropical (Aw), lluvioso con inviernos secos, encontrándose algunas zonas con clima templado húmedo (Caf) y lluvias

durante todo el año. La región nordeste de San Pablo se caracteriza por ser también templado húmedo (Caf) con lluvias durante todo el año y una temperatura media superior a los 22 °C y hacia el este de este estado hay una franja donde el clima se torna templado húmedo (Cb), con temperaturas medias del mes más cálido inferior a 22 °C y al menos con cuatro meses donde las temperaturas medias superiores a los 10 °C. Finalmente la costa que bordea el Estado de Río de Janeiro presenta un clima tropical lluvioso con precipitaciones del tipo monzónico (Am).

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

De los datos registrados en la coordenada elegida se verifica una temperatura media anual de 19,61 °C, con un promedio en las temperaturas medias de verano de 21,23 °C y de invierno de 17,84 °C. La diferencia promedio entre verano e invierno es de entre 3 y 4 °C.

En las precipitaciones se observa un promedio anual de 1647,60 mm, siendo diciembre el mes con mayores lluvias, con un valor promedio de 262,82 mm y el más seco junio con un valor promedio de 24,65 mm (Figura 5.4). Si discriminamos por estaciones, la más lluviosa es el verano con 740,16 mm, y el invierno la más seca con 78,36 mm, en tanto que los promedios para la primavera y otoño son 473,43 mm y 355,66 mm respectivamente.

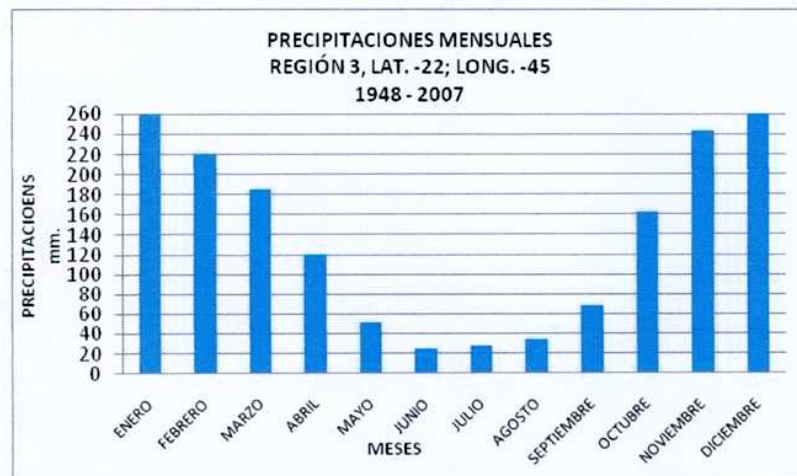


Figura 5.4. Precipitaciones medias mensuales para la región 3. Periodo 1948 - 2007

Región 4:

Representa un área que abarca el suroeste del Estado de San Pablo y norte del Estado de Paraná. Esta zona se encuentra cercana al nacimiento del río Paraná, el que tiene lugar entre los estados de San Pablo, Minas Gerais y Mato Grosso del Sur.

La región tiene clima tropical, caracterizándose como tropical y tropical semihúmedo en el oeste y noroeste del Estado de San Pablo mientras que hacia el sur de la región se torna subtropical húmedo. En las zonas con mayor altitud se presentan bien definidas la cuatros estaciones anuales.

En función a la clasificación de Köppen la región corresponde a un Clima Tipo Clima Templado Húmedo (Caf), sin estaciones secas y con una temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo registrado es de 21,26 °C, con un promedio de las temperaturas medias de verano de 22,55 °C y de 19,23 °C para invierno.

En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a diciembre con un valor promedio de 297,77 mm y el mes menos lluvioso a julio con un valor promedio de 25,17 mm (Figura 5.5). El valor de precipitación media anual es de 1763,05 mm, dándose en verano los mayores valores pluviométricos con 855,20 mm y el invierno el más seco con 71,06 mm. Para las estaciones de otoño y primavera se registran un promedio de 418,86 mm y 377,86 mm respectivamente.

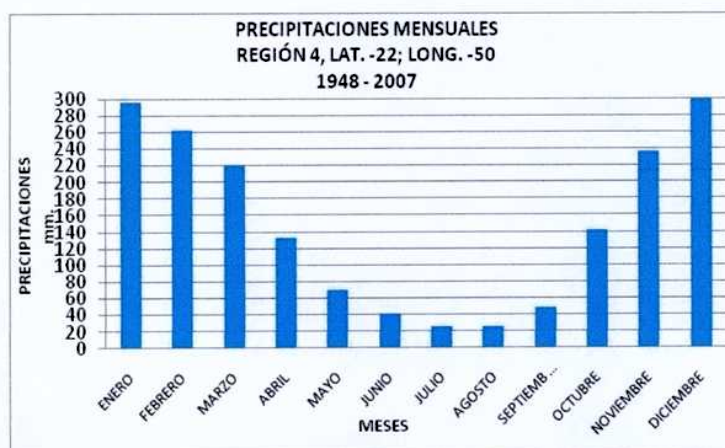


Figura 5.5. Precipitaciones medias mensuales para la región 4. Periodo 1948 - 2007

Región 5:

Esta región abarca la zona comprendida por el este y centro este del estado de Santa Catarina y el sureste del estado de Paraná.

El clima que caracteriza la zona es subtropical y subtropical húmedo con temperaturas bajas en las sierras.

En función a la clasificación de Köppen la región corresponde a un Clima Tipo Clima Templado Húmedo (Caf) sin estaciones secas.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo registrado es de 17,36 °C, con un promedio en las temperaturas medias de verano de 20,51 °C y en invierno de 13,98 °C. La diferencia de temperatura verano - invierno es de 6,51 °C.

Es una región húmeda sin estación seca. La precipitación media anual es de 1765,64 mm, siendo el verano la estación más lluviosa con un valor promedio de 708,27 mm y el invierno la más seca con 195,04 mm. En cuanto a las precipitaciones de otoño y primavera los valores promedio son de 351,74 mm y 510,58 mm respectivamente (Figura 5.6). Si analizamos los valores mensuales, se observa que enero es el mes que presenta mayores valores pluviométricos con un valor promedio de 251,00 mm y julio es el mes menos lluvioso con un valor promedio de 54,20 mm.

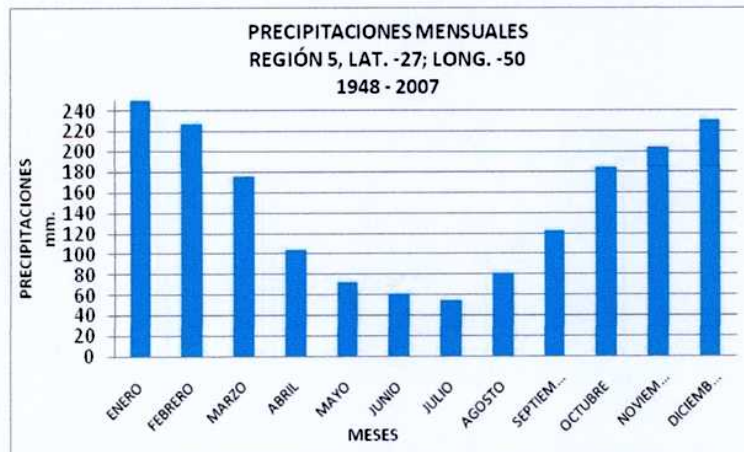


Figura 5.6. Precipitaciones medias mensuales para la región 5. Periodo 1948 - 2007

Región 6:

Esta región abarca el este y centro del Estado de Río Grande del Sur. Es una coordenada clave como nexo con las áreas no infectadas.

La región tiene un clima subtropical húmedo, con temperaturas bajas en las sierras donde pueden producirse heladas durante el invierno.

En función a la clasificación de Köppen la región corresponde a un Clima Templado Húmedo (Caf) sin estaciones secas.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual es de 17,67 °C, con un promedio en las temperaturas medias de verano de 21,49 °C y en invierno de 13,67 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observó que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 253,82 mm y el mes menos lluvioso a julio con un valor promedio de 65,19 mm (Figura 5.7). La precipitación media anual es de 1773,69 mm, registrándose en los veranos las máximas precipitaciones de 696,51 mm. La estación más seca es el invierno con 222,98 mm. En cuanto al otoño y la primavera se registra un valor promedio de 365,33 mm y 488,87 mm respectivamente.

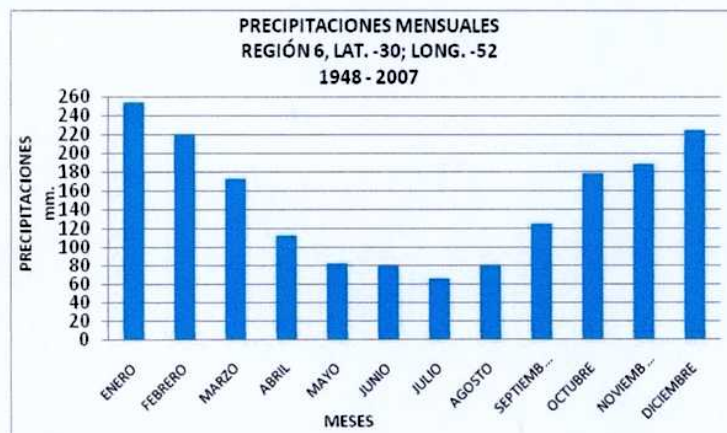


Figura 5.7. Precipitaciones medias mensuales para la región 6. Periodo 1948 - 2007

Región 7:

Esta región representa la zona que abarca el este de Paraguay, suroeste del Estado de Paraná (Brasil), norte y parte del centro de la Provincia de Misiones en Argentina.

Esta zona tiene clima que va de subtropical a templado húmedo, con veranos calurosos e inviernos apacibles.

En función a la clasificación de Köppen la región corresponde a un Clima Templado Húmedo (Caf), sin estaciones secas y con una temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual es de 21,23 °C, con una temperatura media de verano de 23,80 °C y de 17,89 °C en el invierno.

En cuanto a las precipitaciones se observó que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 242,90 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 57,18 mm (Figura 5.8). La precipitación media anual es de 1727,05 mm, siendo la estación con mayores precipitaciones el verano con 677,69 mm, seguida por el otoño con 428,00 mm y la primavera en 422,91 mm. Como puede observarse no existe demasiada diferencia entre las precipitaciones de otoño y primavera. La temporada más seca es el invierno con 198,48 mm.

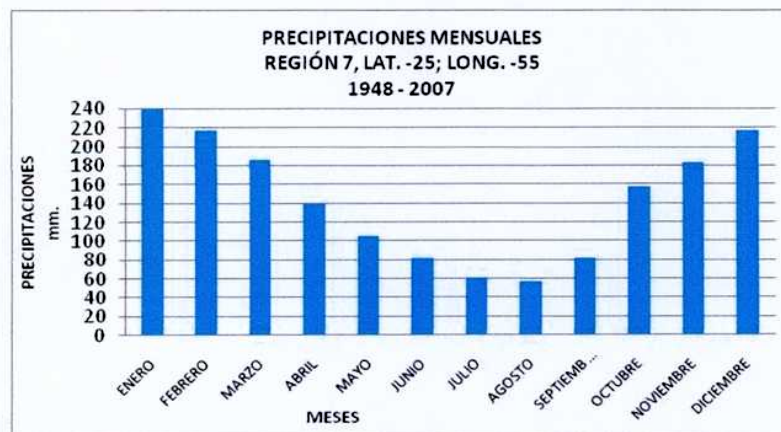


Figura 5.8. Precipitaciones medias mensuales para la región 7. Periodo 1948 - 2007

Región 8:

Representa el sur y la parte del centro de la provincia de Misiones (Argentina), oeste del Estado de Santa Catarina (Brasil), Noroeste del Estado de Río Grande del Sur (Brasil) y Sureste de Paraguay. Abarca áreas de influencia tanto de la cuenca del Río Paraná como de la Cuenca del Río Uruguay.

El clima que caracteriza a la región es subtropical sin estación seca.

En función a la clasificación de Köppen la región corresponde a un Clima Tipo Templado Húmedo (Caf).

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

De los datos registrados se verifica una temperatura media anual de 19,89 °C, con temperaturas medias de verano 23,41 °C y de invierno de 15,89 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observó que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 220,37 mm y el mes menos lluvioso a julio con un valor promedio de 70,24 mm (Figura 5.9). La precipitación media anual es de 1701,70 mm. Las máximas precipitaciones se dan en verano con un valor promedio de 611,16 mm, le sigue la primavera y el otoño, las que presentan valores similares entre sí (426,54 mm y 423,46 mm respectivamente). El periodo más seco es el invierno con un promedio de 240,55 mm.

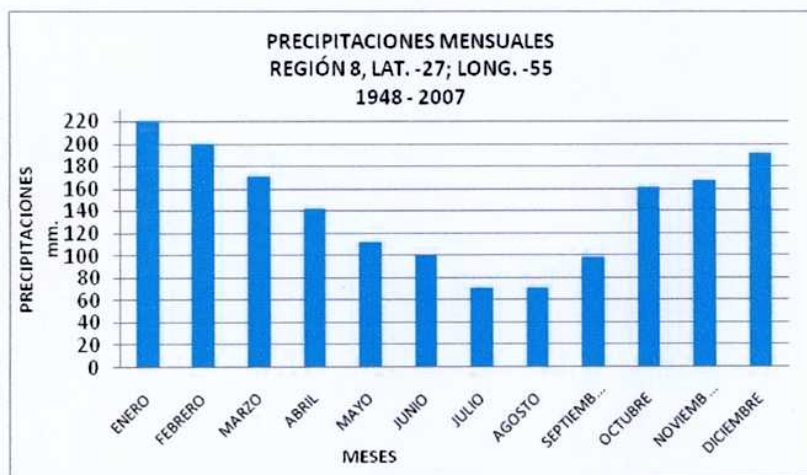


Figura 5.9. Precipitaciones medias mensuales para la región 8. Periodo 1948 - 2007

Región 9:

Estas coordenadas representan un área que abarca el Sudeste de Paraguay y parte del Nordeste Argentino: norte y parte de centro de Corrientes, este de Formosa y Chaco.

La región se caracteriza por un clima subtropical sin estación seca. Las temperaturas en general son elevadas con poca variación diaria. Las precipitaciones decrecen de noreste a sudoeste, siendo los veranos los meses más lluviosos. Hacia el Paraná medio el clima se torna seco durante el invierno con veranos calurosos.

La clasificación de Köppen considera a esta región dentro del Tipo Caf, Templado Húmedo, sin estaciones secas y con una temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

De los datos registrados se verifica una temperatura media anual de 21,25 °C, con temperaturas medias de verano 25,00 °C y de invierno de 16,86 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 212,36 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 39,19 mm (Figura 5.10). La precipitación media anual es de 1416,15 mm, siendo el verano la estación más lluviosa con 585,83 mm, secundada por el otoño con 391,13 mm. La temporada más seca es el invierno con 142,72 mm y le sigue la primavera con un valor de aproximadamente de 296,50 mm.

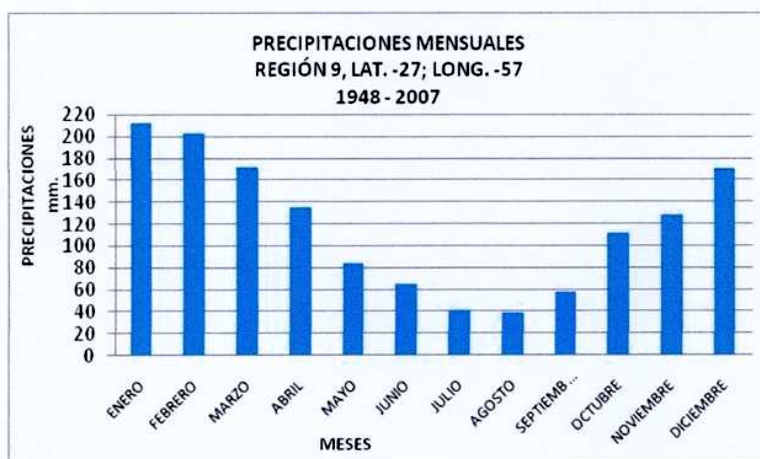


Figura 5.10. Precipitaciones medias mensuales para la región 9. Periodo 1948 - 2007

Región 10:

Esta región comprende este de la provincia de Corrientes y noreste de Entre Ríos en Argentina, oeste del estado de Río Grande del Sur en Brasil y noroeste de Uruguay, abarcando parte de la cuenca del Río Uruguay.

Esta región presenta un clima templado pampeano en la zona meridional de la Provincia de Corrientes y en Uruguay, mientras que se torna subtropical en el área del noreste de Entre Ríos y en Brasil.

De acuerdo a Köppen la región se clasifica como Templada Húmeda (Caf).

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual es de 19,76 °C, siendo la media de verano de 24,54 °C, y la de invierno de 14,72 °C.

La precipitación media anual es de 1301,62 mm, con las máximas en el mes de enero 160,60 mm y las mínimas en agosto 43,65 mm (Figura 5.11). Analizando por temporadas, se observa que la estación más lluviosa es la de verano y la más seca la de invierno con 455,38 mm y 165,81 mm respectivamente. En cuanto al otoño y la primavera los valores promedios de precipitaciones son de 366,15 mm para la primera y de 314,30 mm para la segunda.

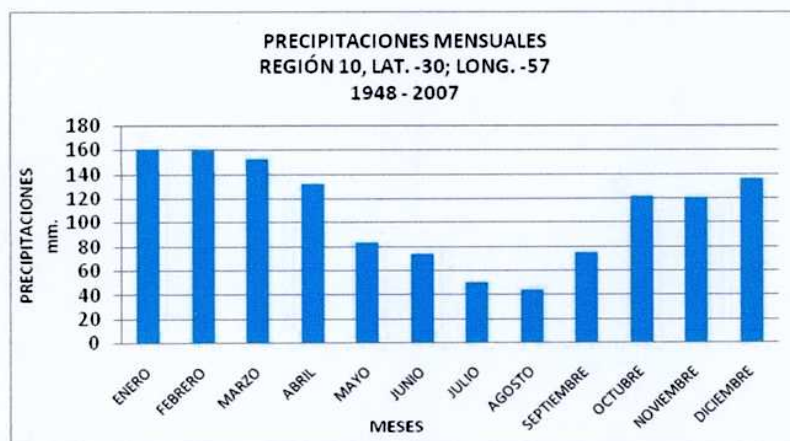


Figura 5.11. Precipitaciones medias mensuales para la región 10. Periodo 1948 - 2007

Región 11:

Esta región abarca el centro oeste y suroeste de la Provincia de Corrientes, noroeste y parte del centro oeste de la Provincia de Entre Ríos y de la Provincia de Santa Fe el noreste y centro este. Hacia el norte de la provincia de Santa Fe, se extiende una zona que pertenece a la provincia fitogeográfica subtropical con lluvias que disminuyen hacia el oeste y una estación seca en invierno. Los veranos son cálidos y los inviernos no muy rigurosos. Hacia el centro de la provincia de Santa Fe y la región meridional de Corrientes el clima se torna templado. En la provincia de Entre Ríos el clima es subtropical hacia el norte y cálido hacia el sur.

La clasificación de Köppen considera a esta región dentro del Tipo Templado Húmedo (Caf), sin estaciones secas y con una temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo observado es de 18,73 °C, registrándose en el verano un valor promedio de la temperatura media de 24,41 °C y en el invierno de 12,90 °C. En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 146,51 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 27,01 mm (Figura 5.12). La precipitación media anual es de 893,25 mm, siendo el verano la temporada más lluviosa con 399,63 mm y el invierno la más seca con 58,83 mm. En cuanto al otoño y primavera los valores registrados son de 245,39 mm y 190,29 mm respectivamente.

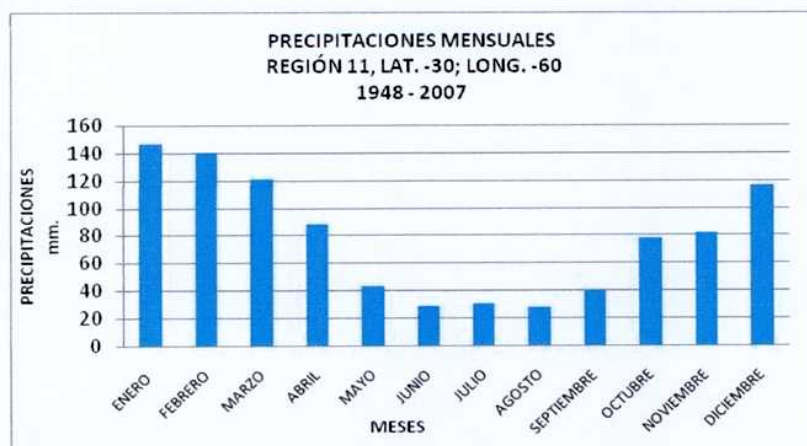


Figura 12. Precipitaciones medias mensuales para la región 11. Periodo 1948 - 2007

Región 12:

Esta región representa el este de la provincia de Entre Ríos y el oeste de Uruguay, teniendo como límite fronterizo entre ambas al Río Uruguay.

El clima de la región uruguaya es templado moderado, húmedo y agradable, con estaciones bien diferenciadas. En cuanto a la región argentina se observa que el clima se torna cálido.

La región se clasifica como Templada Húmeda (Caf), de acuerdo con la clasificación de Köppen.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo registrado es de 18,39 °C, siendo la de verano para igual periodo de 24,08 °C y la de invierno de 12,66 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a febrero con un valor promedio de 133,57 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 48,24 mm (Figura 5.13). La precipitación media anual es de 1157,72 mm, siendo máximas en verano con 372,76 mm y mínimas en invierno con 168,37 mm. Las precipitaciones de primavera y otoño son parejas con un valor de 309,42 mm y 307,22 mm respectivamente.

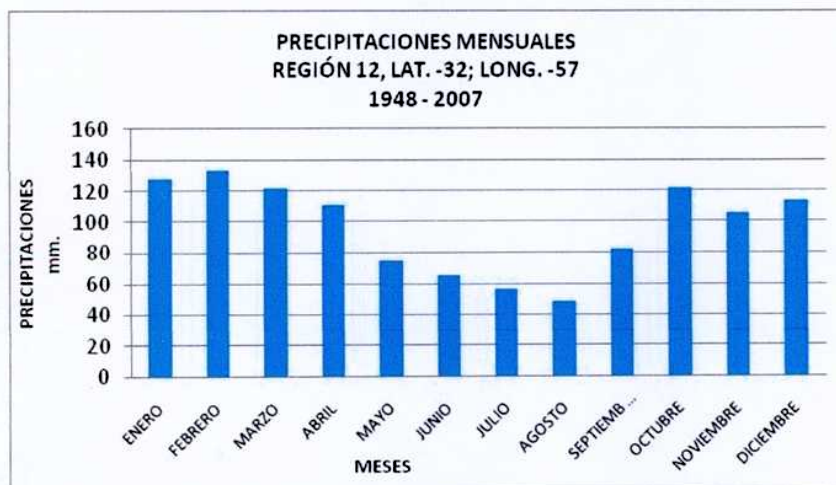


Figura 13. Precipitaciones medias mensuales para la región 12. Periodo 1948 - 2007

Región 13:

Esta región representa el suroeste y centro de la Provincia de Entre Ríos y el Sureste de la Provincia de Santa Fe. Parte de ésta área está bajo la influencia de la cuenca del Río Paraná. La clasificación de Köppen considera a esta región dentro del Tipo Templado Húmedo (Caf), sin estaciones secas y con una temperatura media del mes más cálido superior a 22 °C.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo registrado es de 17,73 °C, siendo la temperatura media de verano de 23,76 °C, mientras que la de invierno es de 11,72 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a enero con un valor promedio de 153,07 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 24,34 mm (Figura 5.14). La precipitación media anual es de 945,59 mm siendo la estación más lluviosa el verano con 419,45 mm y la más seca el invierno con 59,45 mm. Las precipitaciones de otoño y de primavera, presentan un promedio de 246,11 mm y 221,10 mm respectivamente.

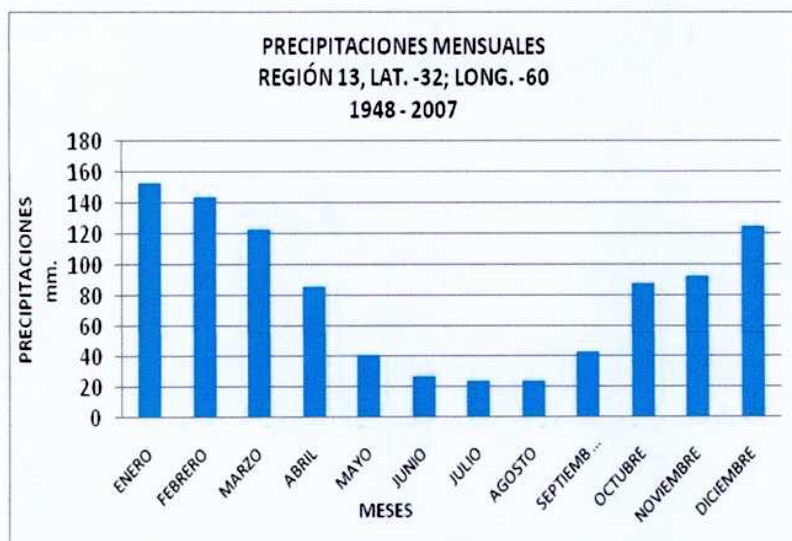


Figura 14. Precipitaciones medias mensuales para la región 13. Periodo 1948 - 2007

Región 14:

Representa el sureste de la provincia de Entre Ríos, sur de la provincia de Santa Fe, norte y nordeste de la provincia de Buenos Aires y suroeste de Uruguay. Ésta zona abarca el delta del Río Paraná, la unión del Río Paraná y Uruguay y el estuario del Río de La Plata. Esta zona se caracteriza por un clima templado pampeano con veranos calurosos e inviernos frescos. De acuerdo a la clasificación de Köppen esta región es Caf, Templada Húmeda.

Caracterización climática realizada a partir de los datos obtenidos:

La temperatura media anual en el periodo registrado es de 13,92 °C, siendo la temperatura media de verano de 23,16 °C y la de invierno de 10,26 °C.

En cuanto a las precipitaciones se observa que el mes con mayores lluvias corresponde a diciembre con un valor promedio de 112,00 mm y el mes menos lluvioso a agosto con un valor promedio de 30,01 mm (Figura 5.15). La precipitación media anual es de 855,64 mm, siendo el verano la estación más lluviosa con 324,13 mm y el invierno el más seco con 87,43 mm. En cuanto a los valores promedio de precipitación para otoño y primavera, se registran 209,67 mm y 234,75 mm respectivamente.

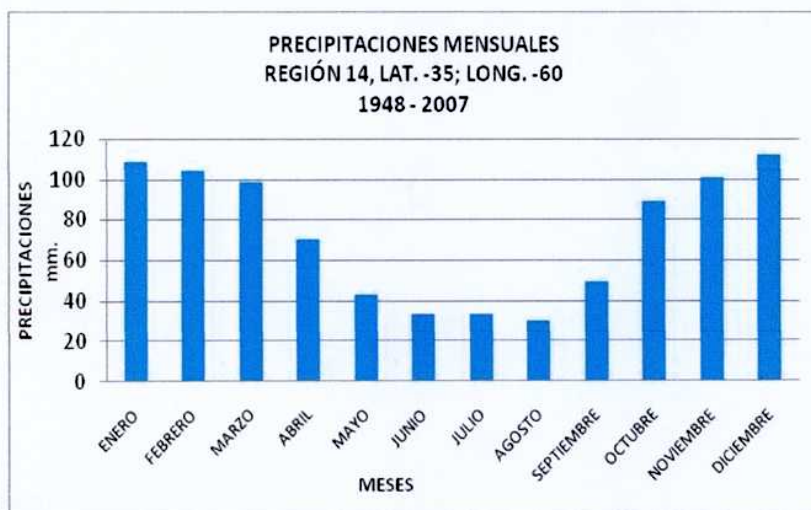


Figura 5.15. Precipitaciones medias mensuales para la región 14. Periodo 1948 - 2007

COMPARACIÓN DE TEMPERATURAS ENTRE ZONAS ENDÉMICAS Y ZONAS LIBRES DE ESQUISTOSOMIASIS.

Con el objeto de verificar diferencias en el rango térmico entre áreas endémicas y libres de enfermedad se realizaron diferentes comparaciones.

Primero se compararon, para el periodo 1948 - 2007, las temperaturas medias anuales, estacionales y mensuales de las 14 regiones caracterizadas climáticamente y luego las frecuencias de rangos térmicos a nivel diario para el periodo 1977 - 2007.

Análisis de datos anuales, estacionales y mensuales

En la Tabla 5.1 se volcaron las temperaturas medias anuales y estacionales que caracterizan a las 14 regiones en estudio. De la evaluación de dicha Tabla se desprende que en general, las temperaturas medias de las regiones de alta endemia son mayores que las temperaturas de las restantes regiones estudiadas. A su vez, las áreas de baja endemia tienen en su mayoría temperaturas medias superiores a las áreas libres de enfermedad. Por lo tanto cuando se informa numéricamente una diferencia se considera esta característica, especificándose cuando se dan casos inversos.

Analizando las regiones de Brasil (regiones 1 a 6) se observan diferencias entre las temperaturas medias anuales de las regiones de alta y baja endemia de aproximadamente 2,2 a 4,7 °C, la que se acentúa para el invierno en aproximadamente 3,8 a 6,3 °C. Por otro lado las temperaturas medias de verano son semejantes en las seis regiones. La diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno (DVI) son mayores en la zona de baja (del orden de 7 °C) y menores en las zonas de alta endemia (del orden de los 3 °C).

REGIÓN	TEMPERATURA MEDIA ANUAL, °C 1948-2007	TEMPERATURA MEDIA INVIERNO, °C 1948-2007	TEMPERATURA MEDIA VERANO °C, 1948-2007	TEMPERATURA MEDIA OTOÑO °C, 1948 - 2007	TEMPERATURA MEDIA PRIMAVERA, °C 1948 - 2007	DIFERENCIA VERANO - INVIERNO 1948 - 2007
1	22,07	20,03	23,53	22,26	22,47	3,42
2	20,34	18,77	21,46	20,3	20,83	2,69
3	19,61	17,83	21,22	19,65	19,73	3,41
4	21,26	19,23	22,55	20,72	22,54	3,32
5	17,36	13,98	20,51	17,71	17,25	6,52
6	17,67	13,67	21,49	18,05	17,46	7,81
7	21,23	17,88	23,81	21,04	22,16	5,92
8	19,89	15,89	23,41	19,95	20,32	7,51
9	21,25	16,86	25	21,17	21,95	8,14
10	19,76	14,72	24,54	19,59	20,18	9,8
11	18,72	12,9	24,41	18,27	19,29	11,51
12	18,36	12,66	24,08	18,29	18,37	11,41
13	17,73	11,73	23,76	17,48	17,93	12,03
14	13,92	10,26	23,16	16,58	16,76	12,88

Tabla 5.1: Datos anuales y estacionales. Periodo 1948 - 2007. Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemia. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemia. Casillas sin sombrear: regiones libres de esquistosomiasis

Si se comparan las marchas anuales de temperaturas medias mensuales de estas regiones (Figura 5.16), se observa que las áreas de baja endemia (regiones 5 y 6) tienen un invierno definido y un mayor rango térmico a lo largo del año que las regiones de alta endemia (regiones 1, 2, 3 y 4). Las marchas de las regiones de baja endemia siempre están por debajo de las correspondientes a las regiones de alta endemia.

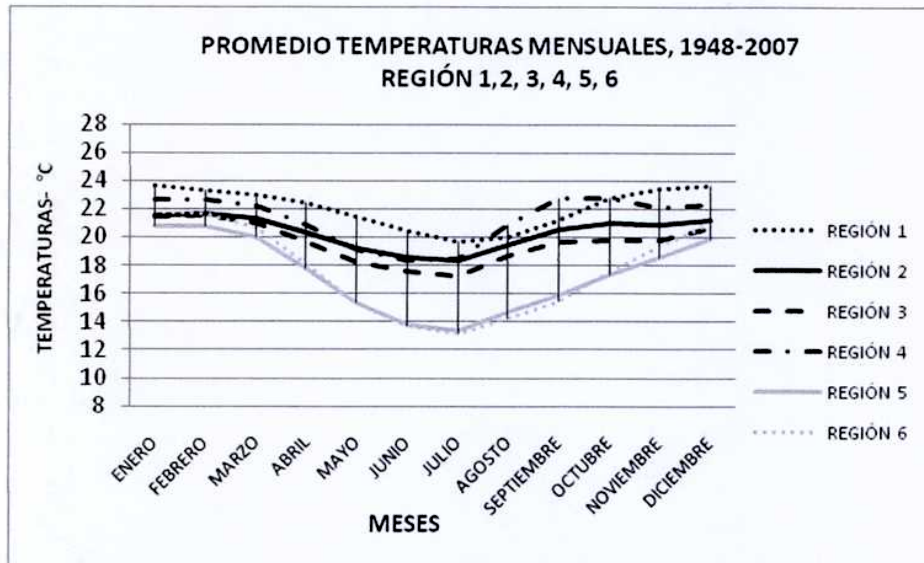


Figura 5.16. Comparación de las marchas de temperatura media entre las regiones de alta y baja prevalencia de esquistosomiasis. Gris oscuro: regiones de alta endemicidad. Gris claro: regiones de baja endemicidad.

En cuanto a los valores registrados en las zonas libres de esquistosomiasis, se han comparado por separado los datos de las regiones 7 a 10, los de las regiones 11 a 13 y los de la región 14 con respecto a las regiones de alta y baja endemicidad (Tabla 5.1).

Para las regiones 7 a 10, la diferencia con las regiones de alta endemicidad en las temperaturas medias de invierno varía desde un valor mínimo 0,05 °C para la región 7 (comparada con la región 3), hasta un valor de máximo de 4,14 °C para la región 8 (comparada con la región 1). Las temperaturas medias de verano de las regiones libres de enfermedad son en general superiores a las encontradas en las regiones de alta endemicidad. La DVI es mayor en las regiones 7 a 10 (del orden de 7 °C), que en las zonas de alta endemicidad donde es del orden de 3 °C. Por otro lado no se observa diferencias en las temperaturas medias anuales.

Si se comparan los valores térmicos de estas mismas regiones con respecto a las áreas de baja prevalencia de la enfermedad, se observa que las regiones 7 a 10 presentan temperaturas medias más elevadas que las zonas de baja endemicidad. La DVI no presenta diferencias.

La Figura 5.17 muestra las marchas de temperatura medias mensuales de la región 8 y 9 comparándolas con dos regiones de alta endemicidad (Región 1 y 3) y una región de baja

endemia (Región 5). Se ha elegido la representación de estas dos regiones libres de esquistosomiasis, dado su potencial riesgo actual en contraer la enfermedad.

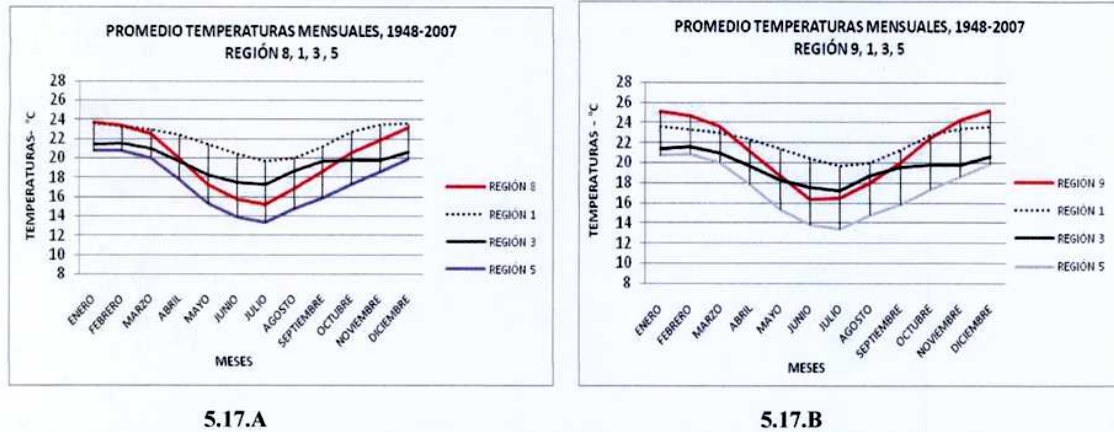


Figura 5.17. Comparación de las marchas de temperatura media mensual entre áreas libres de enfermedad y áreas endémicas. Rojo: región libre de esquistosomiasis. Gris oscuro: región de alta endemia. Gris claro: región de baja endemia. **A.** Comparación de la región 8; **B.** Comparación de la región 9.

De la Figuras 5.17.A y la Figura 5.17.B, se desprende que en las regiones 8 y 9 las marchas poseen mayor amplitud térmica anual que en las regiones de alta endemia. Para la región 8 los inviernos son más fríos que los registrados para las áreas de alta endemia (en aproximadamente 2 °C con respecto a la región 3), pero menos fríos que en las regiones de baja endemia con una diferencia de 1,92 °C. Siguiendo con el análisis se observa que las temperaturas medias correspondientes a la región 9 son más bajas desde mayo hasta fines de agosto con respecto a los valores encontrados en la región 3 (alta endemia) con una diferencia de aproximadamente 0,93 °C, pero superiores a las regiones con baja endemia en 2,88 °C. Estos resultados son concordantes con estaciones alejadas de aéreas marítimas.

Para el resto de las regiones libres de enfermedad, se observa que las regiones 11 a 13, tienen mayores diferencias con respecto a las áreas de alta endemia, en las temperaturas anuales, de invierno, de otoño y de primavera. Pero las temperaturas medias de verano de dichas regiones son superiores a las encontradas en las áreas de alta endemia. La DVI de las regiones 11 a 13 es en promedio 11,65 °C, mientras que la DVI de las áreas de alta endemia es en promedio de 3,21 °C, lo que las diferencia en aproximadamente 8,44 °C.

Con respecto a la comparación con las regiones de baja endemia, no se observan diferencias en las temperaturas medias anuales. Los mayores contrastes se presentan en las temperaturas medias de invierno y en las de verano. En las primeras las regiones 11 a 13

muestran menores valores (entre 11,60 y 12,90 °C) que las regiones de baja prevalencia de enfermedad (entre 13,67 y 13,98 °C). Para las temperaturas medias de verano la situación se revierte, presentando mayores valores las regiones 11 a 13 que las regiones 5 y 6 (Tabla 5.1). La DVI es mayor en las regiones 11 a 13 (del orden de 11,65 °C) comparada con la DVI de las zonas de baja endemia (del orden de 7 °C).

Por último, la región ubicada al sur del área de estudio, la región 14, presenta diferencias más pronunciadas tanto con respecto a las regiones de alta como de baja endemia. Estas diferencias se agudizan en las temperaturas medias anuales y las temperaturas medias de invierno. Comparando la región 14 con las áreas de alta endemia, se observa una diferencia que va desde un valor mínimo promedio de 4,15 °C, en las temperaturas medias de otoño, a un valor máximo promedio de 8,7 °C, en las temperaturas medias de invierno (Tabla 5.1).

Con respecto a las regiones de baja endemia la diferencia en promedio es de 3,6 °C para las temperaturas medias anuales, 3,6 °C para las medias de invierno, 1,3 °C para las medias de otoño y de 0,59 °C para las medias de primavera. En tanto, se observa que las temperaturas medias de verano de la región 14 son superiores (en promedio 2,16 °C) a las temperaturas medias encontradas en verano en las regiones de baja endemia. La DVI en la región 14 es la mayor en toda la zona en estudio.

Análisis de umbrales inferiores de temperaturas medias y mínimas diarias de invierno

Para el análisis de las temperaturas diarias se eligieron Estaciones Climatológicas dentro de las regiones en estudio y cercanas a los focos infecciosos en el caso de las regiones endémicas. No se tuvieron en cuenta las regiones 13 y 14 dados los valores de las temperaturas invernales y el DVI de estas regiones.

Se compararon frecuencias de días cuya temperaturas mínimas diarias o medias diarias son inferiores a determinados umbrales abarcando los meses de junio, julio y agosto. Los datos abarcaron desde 1977 a 2007, periodo de 30 años. Los umbrales se definieron teniendo en cuenta las menores temperaturas de las regiones de baja endemia, los datos bibliográficos de sobrevida e ineffectividad del parásito (Capítulo 4), y el rango de sobrevida y reproductividad del caracol (Capítulo 3). De acuerdo a lo dicho, el rango de temperaturas tanto media como mínima que se tomó fue de 5 °C a 16 °C (Tabla 5.2 y Tabla 5.3). A esos valores de temperaturas umbrales se los consideró limitantes térmicos inferiores (LTI). En

la Tabla 5.2 se exponen los números de días con las temperaturas medias diarias umbrales por temporada invernal.

TEMPERATURAS MEDIAS DIARIAS	ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 1977-2007	MEJOR TEMPERATURA MEDIA DIARIA INVIERNO	Nº DE DATOS TOTALES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 5°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 7°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 9°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 10°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 11,5°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 12°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 14,2°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 15°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 16°C
BAHIA	SALVADOR DE BAHIA REGIÓN 1	20,61	2847	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MINAS GERAIS	BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	11,38	2192	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,08	0,92	1,82	4,27
RÍO DE JANEIRO	RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	15,50	2721	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
SAN PABLO	LONDRINA REGIÓN 4	5,72	2612	0,00	0,14	0,63	1,16	2,26	3,14	8,94	12,75	19,26
SANTA CATARINA	FLORIANÓPOLIS REGIÓN 5	7,67	2711	0,00	0,00	0,40	0,68	3,70	4,90	14,87	21,51	31,69
RIO GRANDE DEL SUR	PORTO ALEGRE REGIÓN 6	2,94	2705	0,06	0,78	5,61	9,38	17,10	20,98	38,18	45,80	54,63
PARAGUAY	CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	5,39	920	0,00	0,30	1,40	2,80	6,00	7,60	16,00	19,30	23,90
MSIONES	POSADAS REGIÓN 8	4,11	2829	0,06	1,16	4,34	7,18	13,52	16,10	27,59	32,07	38,41
CORRIENTES	CORRIENTES REGIÓN 9	4,83	2671	0,04	0,72	4,32	7,69	14,81	17,60	31,93	37,82	43,74
CORRIENTES	MONTE CASEROS REGIÓN 10	2,50	2563	0,79	4,06	12,16	17,76	28,03	32,08	48,71	54,22	60,96
SANTA FE	RECONQUISTA REGIÓN 11	2,22	2779	0,70	3,48	10,40	15,47	25,85	29,48	45,95	52,10	58,36
ENTRE RÍOS	CONCORDIA REGIÓN 12	1,83	2806	1,72	6,16	17,29	23,48	33,54	38,12	55,12	61,17	67,93

Tabla 5.2. Número de días en el periodo comprendido por los meses de junio, julio y agosto, con temperaturas medias menores o iguales a valores umbrales entre 5 °C y 16 °C. Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemicidad. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemicidad. Casillas sin sombrear: regiones libres de esquistosomiasis

Si se toma arbitrariamente la frecuencia de un día, por el periodo considerado (junio, julio y agosto), que supere la LTI, se observa que las regiones de alta endemicidad en general no alcanzan a tener dicha frecuencia (Bello Horizonte a los 15 °C) porque las temperaturas medias superan ampliamente el valor de los umbrales considerados. Cabe destacar el caso de Londrina, que para los límites que van de 5 a 12 °C presenta frecuencias similares a las regiones de baja endemicidad (Tabla 5.2).

Las regiones de baja endemicidad muestran disparidad entre los valores de Florianópolis y Porto Alegre. Se observa que Florianópolis tiene una frecuencia menor que Londrina en la temperatura umbral de 10 °C. Esta frecuencia aumenta a medida que aumenta la temperatura y supera la frecuencia de Londrina a los 11,5 °C. Con respecto a las restantes áreas de alta prevalencia de la enfermedad, las frecuencias de días con TLI, en Florianópolis son mayores. En cuanto a Porto Alegre presentan mayores frecuencias de LTI que todas las regiones de alta endemicidad.

En las regiones libres de enfermedad, las frecuencias de LTI en las regiones 7, 8 y 9 son semejantes a las frecuencias que se encuentran en las zonas de baja endemicidad, mientras que en las restantes regiones; 10, 11 y 12; los valores son mayores.

En la Tabla 5.3 se han volcado las frecuencias de días con LTI, correspondientes a temperaturas mínimas diarias. Si se considera una frecuencia arbitraria superior a un día en los tres meses de invierno, las regiones de alta endemicidad presentan estas limitantes a partir de los 9 °C en Bello Horizonte, a 14,2 °C para Río de Janeiro y por encima de los 16 °C para Salvador. El umbral más bajo, 5 °C, en que se presentan frecuencias superiores a un día por temporada en áreas de alta endemicidad se da en Londrina.

Las frecuencias de LTI para las temperaturas mínimas diarias, de las regiones 4, 5, 6, 7 y 8 presentan las mismas características que las frecuencias de LTI para las temperaturas medias diarias. En tanto que para la región 9, Corrientes, las frecuencias de temperaturas mínimas diarias umbrales, superan a las regiones de alta y de baja endemicidad.

Las regiones 10, 11 y 12 presentan mayores frecuencias de días con temperaturas mínimas diarias iguales a 5 °C que las restantes regiones.

TEMPERATURAS MÍNIMAS DIARIAS	ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 1977-2007	N° DE DATOS DIARIOS TOTALES DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 5°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 7°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 9°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 10°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 11,5°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 12°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 14,2°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 15°C	NÚMERO DE DÍAS DE JUNIO, JULIO Y AGOSTO CON TEMPERATURAS MENORES O IGUALES A 16°C
BAHIA	SALVADOR DE BAHIA REGIÓN 1	2847	0,00	0,00	0,00	0,03	0,10	0,13	0,16	0,19	0,26
MINAS GERAIS	BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	2192	0,00	0,38	1,52	5,12	11,55	18,07	46,26	62,89	75,24
RÍO DE JANEIRO	RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	2721	0,00	0,00	0,00	0,07	0,17	0,17	0,71	2,07	5,49
SAN PABLO	LONDRINA REGIÓN 4	2612	2,25	4,47	10,28	15,39	23,67	28,78	49,31	61,99	72,35
SANTA CATARINA	FLORIANOPOLIS REGIÓN 5	2711	1,60	5,21	10,79	14,57	21,92	27,10	45,00	55,01	66,89
RIO GRANDE DEL SUR	PORTO ALEGRE REGIÓN 6	2705	9,53	19,51	31,76	38,16	47,59	54,53	70,56	79,07	85,54
PARAGUAY	CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	920	6,51	13,03	18,94	23,85	30,37	35,18	49,41	57,42	67,25
MISIONES	POSADAS REGIÓN 8	2829	9,76	17,42	26,50	32,49	39,06	43,34	54,84	60,79	67,72
CORRIENTES	CORRIENTES REGIÓN 9	2671	13,38	22,33	33,40	38,43	45,61	49,77	62,09	67,40	72,81
CORRIENTES	MONTE CASEROS REGIÓN 10	2563	20,21	31,44	44,29	50,79	58,94	62,85	73,37	78,79	83,31
SANTA FE	RECONQUISTA REGIÓN 11	2779	20,59	31,35	43,83	49,99	58,00	62,01	72,50	77,27	81,21
ENTRE RÍOS	CONCORDIA REGIÓN 12	2806	28,49	40,39	53,77	58,69	65,93	70,23	80,07	83,28	86,36

Tabla 5.3. Número de días en el periodo comprendido por los meses de junio, julio y agosto, con temperaturas mínimas iguales o menores valores umbrales entre 5 °C y 16 °C. Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemicidad. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemicidad. Casillas sin sombreadar: regiones libres de esquistosomiasis.

Análisis de umbrales superiores de temperaturas medias y máximas diarias

Se analizaron umbrales superiores a 30 y 31 °C para las temperaturas medias y máximas diarias, considerando todos los meses del año (Tabla 5.4), para las mismas Estaciones Climatológicas antes consideradas e igual periodo, 1977 - 2007. La elección de la temperatura media umbral 30 °C se basó en la temperatura máxima de confort para el desarrollo del molusco (Capítulo 3), y se tomó también 31 °C, que si bien no es un limitante, permite tener una noción de cómo bajaba la frecuencia. A los valores anteriores se los considera limitantes térmicos superiores (LTS).

Se observa que Ciudad del Este seguida por Corrientes son las regiones que presentan mayor frecuencia de días con temperaturas medias mayores a 30 °C, (característico a su continentalidad), mientras que Salvador de Bahía es la zona que presenta mayores frecuencias de temperaturas máximas mayores a 30 °C.

		T MEDIA		T MAXIMA	
	1977-2007	MAYOR O IGUAL 30°C	MAYOR O IGUAL 31°C	MAYOR O IGUAL 30°C	MAYOR O IGUAL 31°C
BRASIL	SALVADOR DE BAHIA REGIÓN 1	4,64	0,37	187,43	97,02
BRASIL	BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	0,51	0,17	101,55	63,42
RÍO DE JANEIRO	RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	5,33	1,46	94,86	64,5
SAN PABLO	LONDRINA REGIÓN 4	0,62	0,22	138,12	97,27
BRASIL	FLORIANOPOLIS REGIÓN 5	0,1	0,07	62,34	40,35
BRASIL	PORTO ALEGRE REGIÓN 6	0,37	0,27	103,72	80,42
PARAGUAY	CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	16,98	6,39	169,89	140,55
ARGENTINA	POSADAS REGIÓN 8	8,44	3,15	172,82	146,38
ARGENTINA	CORRIENTES REGIÓN 9	16,32	8,18	150,23	122,95
ARGENTINA	MONTE CASEROS REGIÓN 10	4,96	1,82	114,89	92,03
ARGENTINA	RECONQUISTA REGIÓN 11	7,85	3,5	120,96	96,62
ARGENTINA	CONCORDIA REGIÓN 12	3,77	1,51	89,86	72,1

Tabla 5.4. Número de días por año con temperaturas medias diarias y máximas diarias iguales o mayores a 30 °C y 31 °C. Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemicia. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemicia. Casillas sin sombrear: regiones libres de esquistosomiasis

Frecuencia de rango de temperaturas de confort biológico

Teniendo en cuenta los rangos de temperatura favorables de sobrevida e infectividad de la cercaria y del miracidio, el desarrollo del periodo de incubación extrínseca y la sobrevida y desarrollo del molusco observados en el Capítulo 3 y 4, se consideró el rango de confort (no el óptimo), entre los 16 y los 30 °C, donde todas esas condiciones son incluidas y se calcularon las frecuencias de días con dicho rango en las estaciones climatológicas antes consideradas. En la Tabla 5.5, se volcaron las frecuencias de días por año y por temporada invernal (junio, julio y agosto), con temperaturas medias entre 16 y 30 °C para cada región.

	ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA 1977 - 2007	N° DE DÍAS POR AÑO, CON TEMPERATURAS MEDIAS ENTRE 16 Y 30 °C	N° DE DÍAS DE INVIERNO, CON TEMPERATURAS MEDIAS ENTRE 16 Y 30 °C
BRASIL	SALVADOR DE BAHIA REGIÓN 1	360,95	92,00
BRASIL	BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	359,96	88,10
RÍO DE JANEIRO	RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	359,71	91,80
SAN PABLO	LONDRINA REGIÓN 4	339,63	73,12
BRASIL	FLORIANOPOLIS REGIÓN 5	324,89	60,98
BRASIL	PORTO ALEGRE REGIÓN 6	283,17	37,94
PARAGUAY	CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	317,87	68,70
ARGENTINA	POSADAS REGIÓN 8	299,67	53,03
ARGENTINA	CORRIENTES REGIÓN 9	285,43	47,66
ARGENTINA	MONTE CASEROS REGIÓN 10	263,09	31,37
ARGENTINA	RECONQUISTA REGIÓN 11	268,09	34,00
ARGENTINA	CONCORDIA REGIÓN 12	248,67	25,08

Tabla 5.5. Número de días con valores de temperaturas medias entre 16 y 30 °C, para todos los días del año (columna de izquierda), para los meses de junio, julio y agosto (columna de la derecha). Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemia. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemia. Casillas sin sombrear: regiones libres de esquistosomiasis.

Como se observa en la Tabla 5.5, las estaciones ubicadas en las regiones 1, 2, 3, 4 y 5 presentan mayores frecuencias de día entre 16 y 30 °C que el resto de las estaciones.

Asimismo las estaciones ubicadas dentro de las regiones 10, 11 y 12 presentan los valores más bajos. Por lo tanto queda por analizar las estaciones dentro de las regiones 6, 7, 8 y 9. En el caso de las temperaturas medias considerando todo los días el año, se observa frecuencia similar para Porto Alegre y Corrientes, las que son superadas por las frecuencias encontradas en Ciudad del Este y Posadas. En cuanto a las temperaturas medias de los días de invierno, las frecuencias de Ciudad del Este, Posadas y Corrientes son mayores que la de Porto Alegre pero inferiores a las frecuencias que presentan las restantes áreas endémicas.

SÍNTESIS Y DISCUSIÓN

Analizando las características climáticas de cada región, observamos que en las regiones 1, 2, 3, y 4, alta endemia, por su posición latitudinal no presentan prácticamente estación de invierno, dando una amplitud térmica anual de aproximadamente 3 °C. Las temperaturas medias anuales varían entre 19,50 °C y 22 °C, sin heladas a lo largo del año.

Por otro lado, del análisis de los umbrales inferiores diarios surge que la temperatura media diarias de las regiones 1 y 3, no sólo serían óptimas para el crecimiento constante del caracol, sino que no habría limitante térmico para la sobrevida e infestación tanto de la cercaria como del miracidio (Capítulo 3 y 4). Por lo que no es de esperar restricciones térmicas para ninguno de tales condiciones, tanto en Salvador de Bahía como en Río de Janeiro. En lo que se refiere a Bello Horizonte existe una frecuencia, 4,27 días por temporada en el umbral 16 °C y 1, 82 °C por temporada en el de 15 °C. Dado que esta zona es de alta endemia, podríamos considerar que estas frecuencias no están afectando el desarrollo del periodo de incubación extrínseca, estadio que en función a los distintos reportes bibliográficos (Capítulo 4), puede estar limitado a partir de los 11,5 °C a los 16 °C. En cuanto a los valores encontrados en Londrina, se puede pensar que podrían llegar a afectar el desarrollo del periodo de incubación extrínseca, con lo que se modularía el grado de endemia dentro de la región.

En el análisis de las frecuencias de TLI para las temperaturas mínimas diarias, también se observa que Salvador de Bahía y Río de Janeiro no presentan limitantes térmicas. En tanto que Londrina presenta frecuencias mayores de un día por temporada a los 5 y 7 °C y Bello Horizonte a los 9 °C. Dichos valores limitarían por un lado la actividad biológica del

molusco el primero, la sobrevida e infestación de la cercaria el segundo y la infestación del miracidio el tercero, pero hay que considerar que estas frecuencias corresponden a valores horarios y las temperaturas a lo largo del día se elevan. Además hay que tener en cuenta que todos los estadios del parásito están presentes en la naturaleza y que sólo sufre el estrés térmico el estadio susceptible a dicha temperatura. Por lo tanto dichas frecuencias no afectan la transmisión de la enfermedad en la zona, pero podrían variar el grado de endemia dentro de la región.

Si se consideran los umbrales superiores, se observa que aproximadamente entre un 17 y 27% de los días la temperatura máxima superan los 31 °C, pero asimismo en estas regiones el 99% de los días del año la temperatura media diaria esta en el rango 16 a 30 °C, rango favorable para la transmisión de la enfermedad (Tabla 5.5).

Otro rasgo distintivo de estas regiones es el marcado régimen pluviométrico, con abundantes precipitaciones en los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo, mientras que en el resto de los meses las precipitaciones son escasas. La combinación de altas temperaturas con meses de sequía produciría una disminución de áreas anegadas. La recarga de estas zonas en la época lluviosa estaría modulada por el déficit de saturación, porque en estos meses también aumenta la evaporación.

Por lo tanto si bien la reproducción del caracol es constante gracias a la temperatura reinante en dichas regiones, la densidad estaría mediada por las precipitaciones. En épocas lluviosas se incrementa el tamaño y la cantidad de espejos de agua así como el arrastre de los moluscos, por lo que si bien disminuye la densidad de los mismos en cada charco, aumenta la posibilidad de dispersión de estos hacia otras zonas. Cuando cesan las lluvias, disminuye el tamaño de los charcos y aumentando la densidad de caracoles en los mismos.

Las zonas que abarcan las regiones 5, 6 (áreas de baja endemia), presentan inviernos más marcados que en las zonas de alta endemia con la temperaturas medias anuales de aproximadamente 17,50 °C.

Analizando las temperaturas medias diarias, se observa que Florianópolis muestra frecuencias de temperaturas umbrales semejantes a las regiones de alta endemia, hasta la temperatura límite de 11,5 °C. A partir de dicho valor, las frecuencias de días con TLI, se alejan de las frecuencias encontradas en las áreas de alta prevalencia de la enfermedad.

Estas temperaturas límites, afectarían el desarrollo del periodo de incubación extrínseca. En tanto Porto Alegre, como se mencionó, supera las frecuencias de LTI encontradas en todas las regiones de alta endemicidad. Esta región presenta frecuencias mayores de un día por temporada a partir de los 9 °C, temperatura que limitaría la infestación del miracidio y disminuiría el desarrollo del periodo de incubación extrínseca.

En cuanto a las temperaturas mínimas diarias, las mismas tienen frecuencias superiores a un día por temporada a partir de los 5 °C, temperatura que es limitante para la sobrevivencia de las cercarias. En especial para Porto Alegre las frecuencias de temperaturas mínimas diarias son superiores a los 9 días por temporada, y a pesar de que son valores horarios y que las temperaturas aumentan durante el día, se puede estimar que dichos valores reducirían la transmisión de la enfermedad.

Del análisis de las temperaturas medias máximas surge que la frecuencia de días con temperaturas medias mayores a 30 y 31 °C es menor a un día por año. Por otro lado en 1985 en Porto Alegre la máxima alcanzó un valor de 41 °C, pero a pesar de esto en 1997 pudo desarrollarse *B. glabrata* y transmitirse la enfermedad.

Por otro lado en estas regiones, si bien coincide la época lluviosa con la época de mayores temperaturas, las precipitaciones en los meses invernales no son tan escasas, por lo que es de esperar que los charcos sean permanentes. Asimismo la evaporación en invierno es menor. En cuanto a la densidad de moluscos relacionada con este factor, si bien en la época lluviosa debe existir mayor dispersión de los caracoles, no se considera que exista mayor diferencia en el tamaño de los charcos por lo expresado en el párrafo anterior, por lo que no se espera una variación apreciable de la misma.

Las regiones 7, 8, 9 y 10, consideradas libres de esquistosomiasis, presentan inviernos marcados con un DVI superior a 5,9 °C, con veranos muy cálidos con temperaturas que van entre 23 y 25 °C. Si se analizan las temperaturas medias diarias se observa que Ciudad del Este y Corrientes superan la frecuencia diaria de un día por temporada a la temperatura media umbral de 9 °C, y Posadas la supera a los 7 °C, estas temperaturas limitarían la transmisión de la enfermedad, afectando la infestación del miracidio y el periodo de incubación extrínseca.

Si se comparan las frecuencias de días con TLI, para las temperaturas medias diarias, de las regiones 7, 8 y 9 con respecto a las frecuencias en las regiones de alta endemia, se observa que la diferencia es inferior a un día por temporada, para los umbrales de 5 y 7 °C, aumentando la diferencia con la temperatura. En cuanto a la relación que guardan las frecuencias de días con TLI, de temperaturas medias diaria, de estas regiones y las de baja endemia, se observa que Florianópolis tiene menores frecuencias que las regiones 7, 8 y 9. Porto Alegre presenta frecuencias similares a Posadas y Corrientes hasta los 9 °C, valor desde el cual la frecuencia de días con valores umbrales supera a dichas regiones. Ciudad del Este tiene frecuencias menores que Porto Alegre para todo el rango de limitantes térmicas utilizadas.

En cuanto a Monte Caseros las frecuencias de días con TLI, que presentan a los 7 °C, limitarían la infestividad de la cercaria, pero también se ven limitados la infestividad del miracidio y el periodo de incubación extrínseca. Esta zona presenta mayores diferencias con respecto a las regiones tanto de alta como de baja endemia, que las regiones 7, 8 y 9.

Si se analizan las frecuencias de días con TLI, para las temperaturas mínimas diarias, se observa que son frecuencias mayores de 9 días por temporada, por lo que es de esperar, que si bien durante el día aumentan las temperaturas, que se retrasaría la transmisión con respecto a las regiones endémicas.

En cuanto a las temperaturas medias máximas si bien los valores de las medias entran dentro de los valores que son aceptables para el desarrollo del molusco, existen temperaturas máximas elevadas, sobrepasando en algunos días los 40 °C. En 1985 en Corrientes se dio una temperatura máxima de 46 y otra de 43 °C, pero a pesar de dichas temperaturas máximas el molusco se encontró tanto antes como posteriormente en la región. Un estudio realizado por Rumi y Hamann en 1990, sobre las características de los moluscos en los arrozales de la provincia de Corrientes señalaron la presencia tanto de *B. straminea* como de *B. tenagophila*, esta última en menor proporción.

Otra característica de estas regiones es que si bien es posible identificar los meses de lluvias abundantes, que coinciden con la época estival, no se puede identificar una época seca, por lo tanto es de esperar que la tasa precipitación / evaporación no presente grandes variaciones a lo largo del año. Al igual que con las regiones de baja endemia, no se

considera que exista mayor diferencia en el tamaño de los charcos durante el año, por lo tanto no se espera una apreciable diferencia en la densidad de caracoles ligada a éste factor. Finalmente las regiones 11, 12, 13 y 14, representan áreas libres de enfermedad con inviernos bien marcados con una DVI mayor a 11,50 °C. En cuanto a las temperaturas medias diarias es de esperar una reducción en la transmisión de la enfermedad, dado que para Reconquista el umbral de frecuencias mayores a un día por temporada es a los 7 °C y para Concordia a los 5 °C.

En estas regiones al igual que en las anteriores, las mayores temperaturas medias diarias y las temperaturas máximas diarias, si bien pueden presentar valores altos estos no parecen ser una limitante en el desarrollo de moluscos, dado que ya están presentes en la región *B. tenagophila*, *B. peregrina* y en menor medida *B. straminea*.

Como características pluviométricas de la región se observa que llueve todo el año, pero durante los inviernos la cantidad de precipitaciones disminuye, en especial para la región 11 y 13. Es de esperar que dadas las temperaturas de la época invernal la evaporación no sea un factor importante. En cuanto a la densidad de molusco se considera que no se vería afectado por el factor pluviométrico dado que el tamaño de los charcos se estima no variaría en forma significativa a través del año.

En función a lo observado, las regiones de alta endemia tienen las condiciones térmicas propicias para el desarrollo de la enfermedad mientras que las regiones 10 a 14 presentan inviernos marcados y temperaturas medias diarias durante el invierno que interferiría en la transmisión de la esquistosomiasis. En tanto las regiones 7, 8 y 9, libres de enfermedad, tienen valores térmicos equiparables a las regiones endémicas, factor que no limitaría la presencia actual de la enfermedad en dicha región.

En este trabajo se analizó el factor térmico y pluviométrico y, cuando se comparó y evaluó la relación que guardaban las temperaturas de regiones endémicas con no endémicas, se consideró que resto de los factores condicionantes no ejercían un limitante. De dicha evaluación surgió que las regiones 7, 8 y 9 se las podía considerar térmicamente aptas para el desarrollo de la enfermedad, lo que dio pie a tener en consideración a otros dos factores que podrían estar ejerciendo una presión a la inserción de la esquistosomiasis en estas regiones, tales como la densidad de moluscos y la densidad humana.

Por lo tanto un factor a tener en cuenta es la densidad de moluscos en las regiones 7, 8 y 9, que como se expresó en el Capítulo 3, las líneas de mayor riqueza del Género *Biomphalaria* se proyectan en la Mesopotamia, relacionadas principalmente con la cuenca del Río Paraná (Rumi *et al.*, 1997). Pero la distribución de los moluscos no es constante sobre toda la Mesopotamia, es así como las regiones 7 y 8 tienen baja densidad de moluscos debido a la velocidad y turbulencia del agua que es un factor limitante para el asentamiento y desarrollo de la población de caracoles. Tal como lo expresa Rumi (1991), dichas zonas de la Mesopotamia, que se encuentra bajo la influencia del río Iguazú, dado los saltos y correderos del mismo, es un ambiente poco propicio para el desarrollo de población de planórbidos debido a que la velocidad de la corriente es especialmente alta. Los moluscos de la Familia Planorbidae disminuyen su diversidad y riqueza desde la localidad de Ituzaingó (27° 36' 00'' S, 56° 40' 60'' O, provincia de Corrientes) hacia el noreste, tramo del Alto Paraná, provincia de Misiones (Rumi, 1991). Por otro lado el tramo del río Uruguay, que atraviesa dicha zona, también tiene saltos y una velocidad de corriente alta. En consecuencia se podría considerar que una de las limitantes en las regiones 7 y 8 está dada por la baja densidad de huésped intermediario. No así para la región 9 que es una zona en amenaza, ya que alberga el mayor número de moluscos de la Familia Planorbidae, cuya distribución se encuentra principalmente en ambientes relacionados a los tramos medios e inferior de la cuenca del Río Paraná (Rumi, 1991). Hacia el límite entre la provincia de Misiones y la provincia de Corrientes comienza a aparecer *B. tenagophila* y *B. peregrina*. (Rumi, 1991). Además debajo de la confluencia de los ríos Paraná y Paraguay, en especial en el noroeste de la provincia de Corrientes, existe una gran extensión de cuerpos de aguas permanentes que constituyen ambientes propicios para el desarrollo de la población de planórbidos (Rumi, 1991).

Queda por preguntar: ¿Por qué no existe la esquistosomiasis en la Provincia de Corrientes (Región 9)?

En función a lo evaluado hasta el momento surge que el otro factor importante es la carga poblacional humana de la región, que es sumamente inferior a la que se encuentra en cualquier región endémica de Brasil (INDEC, 2001; IBGE, 2000) y tal como lo expresa

Bavia *et al.* (1999) en el Estado de Bahía, región de alta endemia, las zonas con baja población humana son un factor para que no exista la enfermedad.

Si bien se analizó la precipitación de cada región y su relación con la temperatura, modificando de esta manera los espacios húmedos, hay que tener en cuenta que existen en las diferentes regiones espejos de aguas tanto naturales como artificiales, tales como represas, especialmente en la zona que abarca la cuenca media del Río Paraná, sin olvidar que por ejemplo que en Corrientes (Rumi y Hamann, 1990), Santa Fe y Entre Ríos hay campos con arrozales lo que implica espejos de agua condicionados por el hombre así como áreas de riego artificial que son posibles zonas de acumulación de moluscos (Figura 5.18).



Figura 5. 18. Arrozales, detalle del anegamiento en los cultivos de arroz.

CAPÍTULO 6

TENDENCIAS OBSERVADAS EN LAS VARIABLES CLIMÁTICAS: TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN

Tal como se ha mencionado en la introducción el clima global está cambiando y, en particular, el clima en la región que abarca este estudio experimentó modificaciones que merecen ser analizadas. En las últimas décadas se han observado distintos comportamientos de las tendencias tanto en la temperatura (Bejaran y Barros, 2001) como en la precipitación de la región (Berbery *et al.*, 2006). Teniendo en cuenta estos cambios se estudió el comportamiento de dichas variables en la región de interés, considerando que esta información puede ser una herramienta adecuada para poder explicar el desplazamiento de la enfermedad hacia latitudes mayores, como lo que está sucediendo en Brasil.

A tal fin, se calcularon las tendencias de las series de temperatura media mensual y de precipitación durante el periodo 1948 - 2007. Asimismo se compararon las frecuencias relativas de temperaturas umbrales limitantes (Capítulo 5) entre los decenio 1978 - 1987 y el 1998 - 2007.

Teniendo en cuenta que las temperaturas limitantes inferiores se dan en el invierno y las superiores en el verano, un aumento en las FRUI en el último decenio debería corresponderse con una tendencia negativa de las temperaturas medias invernales y, un aumento en las FRUS debería corresponderse con una tendencia positiva de las temperaturas medias de verano.

En cada región se han considerado sólo aquellas tendencias que superan la significancia estadística del Test de Mann-Kendall a un nivel superior al 90 % de significancia (Salmi *et al.* 2002).

Región 1:

La tendencia observada en la temperatura media anual fue positiva, aproximadamente 2,3 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de la temperatura de 1,40 °C en el lapso considerado. En tanto la tendencia en la temperatura media de verano fue de 2,9 °C por 100

años, con un aumento de la temperatura de casi 1,75 °C y la tendencia observada en la temperatura media de invierno fue de aproximadamente 2,1 °C por 100 años, los que se traduce en un aumento de casi 1,22 °C (Figura 6.1.A; Figura 6.1.B).

La diferencia entre la temperatura media de verano y la de invierno para el periodo considerado se incrementó.

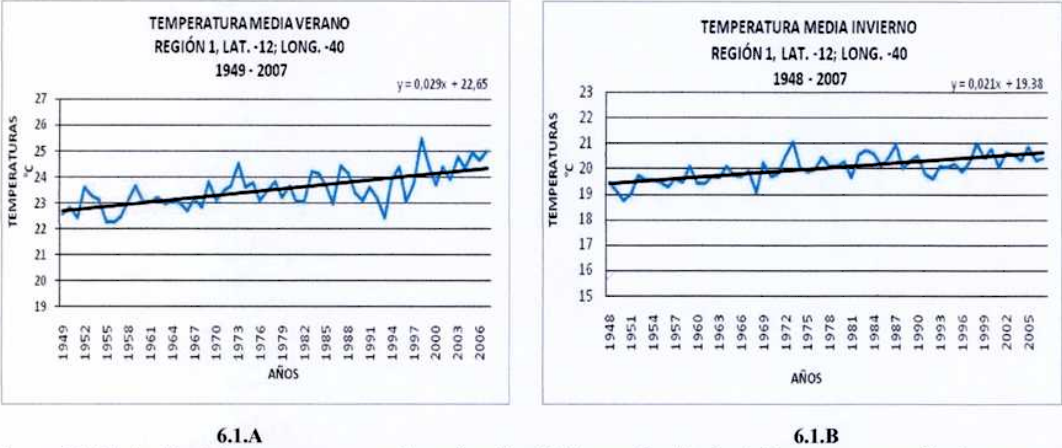


Figura 6.1. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 1. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

En el análisis de las frecuencias relativas, se observó una disminución de las FRUI, tanto en las temperaturas medias como en las mínimas, este dato concuerda con el aumento de la temperatura media de invierno (Tabla 6.1). La disminución de la FRUI de las temperaturas medias indica que entre el primer y último decenio analizado disminuyó la barrera térmica que limita el desarrollo del parásito favoreciendo la transmisión de la enfermedad ya instalada en la zona.

SALVADOR DE BAHÍA REGIÓN 1	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987					↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987				↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tabla 6.1. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 1. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

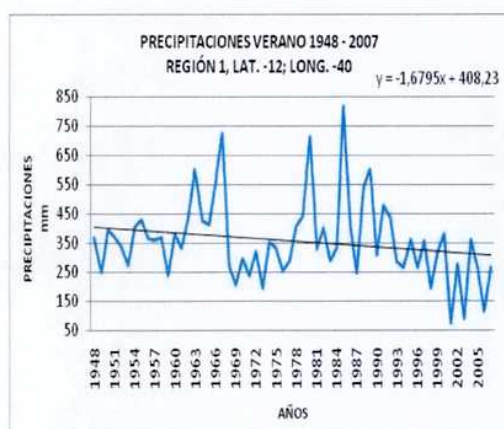
En la FRUS se observa que las temperaturas medias confirman la tendencia positiva mostrada en la Figura 6.1.A, no así cuando se analizan las temperaturas máximas las que tienen menores frecuencias, excepto a los 32 °C (Tabla 6.2).

Por otro lado, dado que la temperatura media de verano aumentó más que la de invierno, y las FRUS aumentaron, podríamos decir que tuvo mayor peso el aumento de valores con temperaturas altas, las que afectan más al caracol. Pero cuando observamos la Tabla 6.2, se ve que la frecuencia relativa aumentó hasta el umbral de 30 °C en la temperatura media, valor que entra dentro del rango de vida favorable del caracol. Asimismo la temperatura máxima, disminuyeron desde un periodo a otro, salvo para el valor 32 °C, temperatura que también está dentro del rango de vida favorable del caracol.

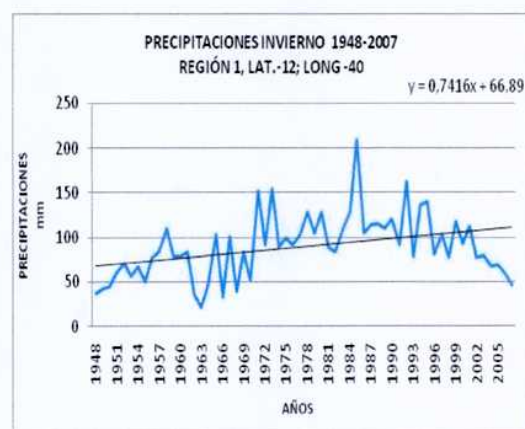
SALVADOR DE BAHÍA REGIÓN 1	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑			
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↑	↓	

Tabla 6.2. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 1. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La región sólo presentó tendencia significativa en la precipitación de verano, -1,68 mm por año (Figura 6.2.A), y en la de invierno, 0,74 mm por año (Figura 6.2.B).



6.2.A



6.2.B

Figura 6.2. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 1; A. Verano; B. Invierno.

Dado que para el verano, la tendencia de la precipitación disminuyó y la de la temperatura aumentó, la evaporación fue mayor, por lo tanto se puede pensar que esta situación favoreció la disminución de cantidad y/o tamaño de los charcos durante esta estación.

Región 2:

En ésta región la tendencia de la temperatura media anual y la del verano fueron positivas. Para la temperatura anual se registró una tendencia de 1,4 °C por 100 años, con un aumento de 0,8 °C en los 60 años. La tendencia para la temperatura media de verano fue de aproximadamente 2,1 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 1,28 °C (Figura 6.3.A). La tendencia en las temperaturas de invierno no dio significativa (Figura 6.3.B).

El mayor aumento de la temperatura media en la región, se dio en los meses de diciembre, enero y febrero. La diferencia de temperaturas entre verano e invierno se incrementó en el periodo estudiado, con tendencia significativa, debido a que aumentó más la temperatura del verano que la temperatura del invierno. De todas las regiones estudiadas, la región 2 fue la que presentó menor diferencia de temperaturas entre veranos e inviernos.

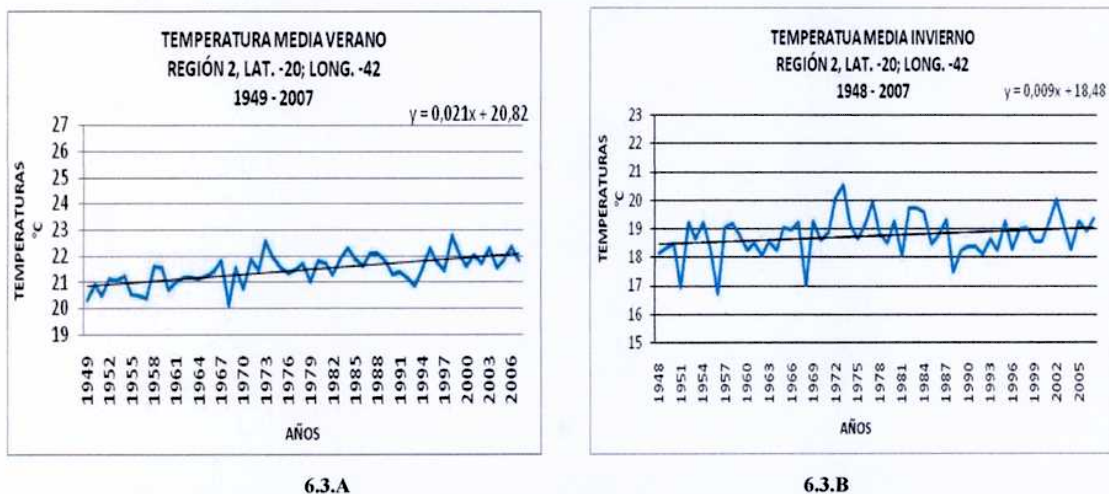


Figura 6.3. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 2. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 – 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Analizando la Tabla 6.3, se observa para las temperaturas medias diarias, una disminución de FRUI a partir de los 12 °C y un aumento de los mismos para las temperaturas mínimas diarias. Teniendo en cuenta que la temperatura mínima es una temperatura horaria y que la región sigue siendo de alta endemia, este último resultado no afectó el desarrollo del periodo de incubación extrínseca.

BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14.2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987					↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987		↓	↓	↓	↓	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.3. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 2. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Las FRUS guardan relación con las temperaturas estacionales tanto las temperaturas medias como las máximas (Tabla 6.4). Dado que las temperaturas medias aumentaron hasta los 30 °C, valor que está dentro del rango de desarrollo confortable del caracol, no representó una limitante para el mismo.

BELLO HORIZONTE REGIÓN 2	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑		
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	

Tabla 6.4. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 2. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: Las tendencias en la precipitación de verano e invierno no dieron significativas (Figura 6.4.A; Figura 6.4.B).

Se observó tendencia significativa en la precipitación para el otoño con un valor de 1,10 mm por año.

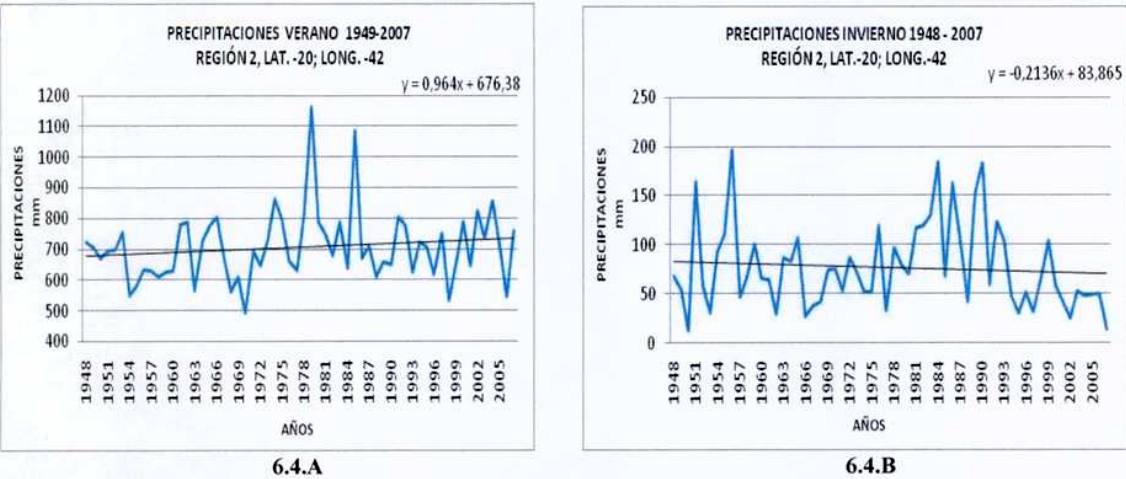


Figura 6.4. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 2; A. Verano; B. Invierno.

Región 3:

Se observa una tendencia positiva en la temperatura media anual, de aproximadamente 1,1 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,06 °C en el periodo estudiado. La tendencia registrada para el verano fue de aproximadamente 1,7 °C por 100 años, con un aumento de casi 1 °C (Figura 6.5.A). La tendencia en la temperatura media de invierno no fue significativa (Figura 6.5.B).

La región presentó una tendencia positiva significativa en la diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno.

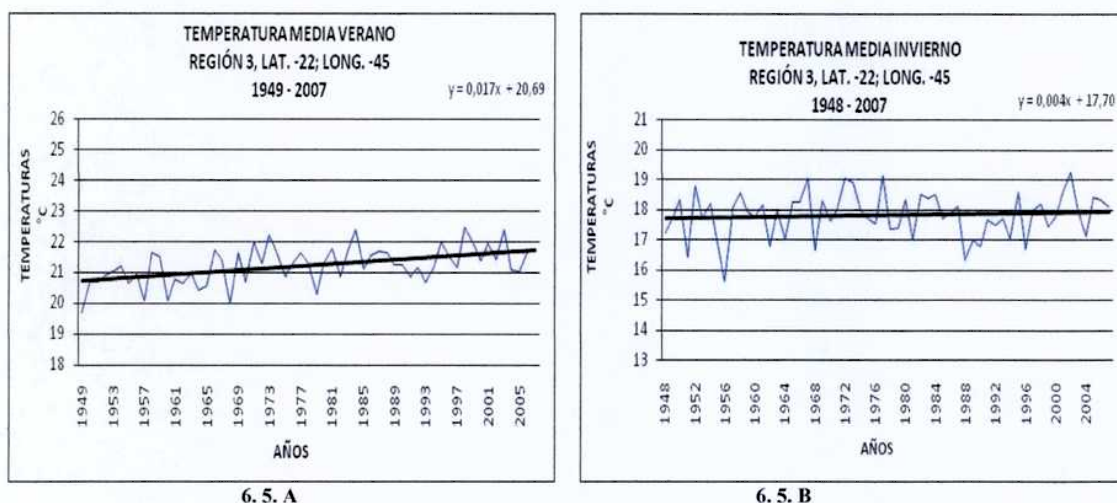


Figura 6.5. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 3. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

En cuanto al análisis de las FRUI se observa en la Tabla 6.5 que las temperaturas medias no presentaron variaciones, mientras que para las temperaturas mínimas, las frecuencias disminuyeron hasta el umbral de 15 °C y un aumento a los 16 °C.

RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 5°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 7°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 9°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 10°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 11,5°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 12°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 14,2°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 15°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987									↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↑

Tabla 6.5. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 3. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Se observa que las FRUS para la temperatura medias no siguen una señal clara con la temperatura estacional correspondiente (Tabla 6.6). Sí son concordantes las temperaturas máximas con la tendencia de la temperatura media de verano, las que aumentaron hasta los 35 °C (temperatura horaria).

RÍO DE JANEIRO REGIÓN 3	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↓	↑		
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	

Tabla 6.6. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 3. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La región presentó tendencias significativas en la precipitación de invierno, con un valor de -0,84 mm por año (Figura 6.6.B) y en la de otoño de 0,57 mm por año. La tendencia en la precipitación de verano no fue significativa (Figura 6.6.A).

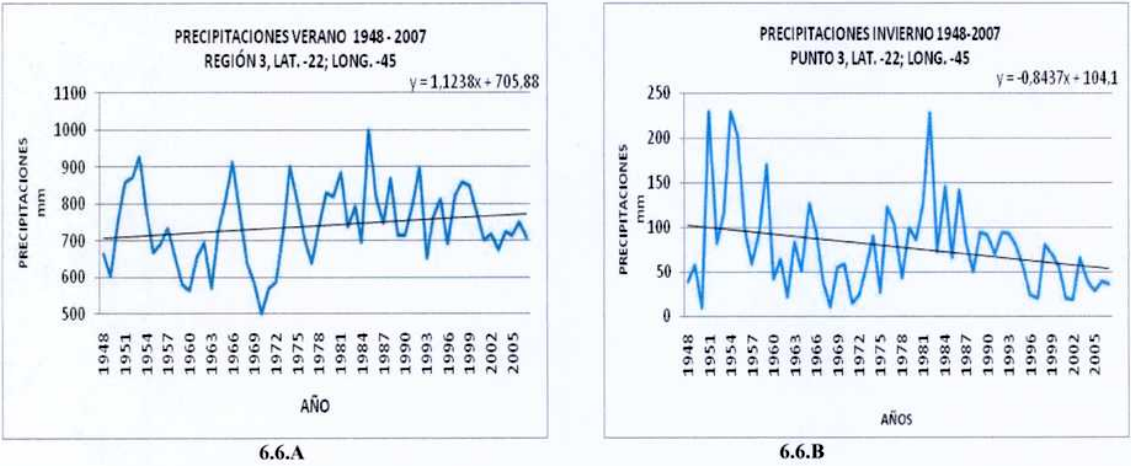


Figura 6.6. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 3; **A.** Verano; **B.** Invierno.

La región 3, presenta tendencias negativas para los meses de junio, julio y agosto, que son los meses de menores lluvias (Capítulo 5). Dado que la tendencia en las temperaturas

medias de invierno no dio significativa, no podemos asegurar que los el tamaño y cantidad de charcos haya disminuido por el aumento de evaporación en la región en estudio,

Región 4:

La tendencia de la temperatura media anual fue positiva, de aproximadamente $0,7^{\circ}\text{C}$ por 100 años, siendo de casi $0,38^{\circ}\text{C}$ el aumento en los 60 años. La temperatura media de verano sufrió un aumento de casi $1,55^{\circ}\text{C}$, con una tendencia positiva de $2,3^{\circ}\text{C}$ (Figura 6.7.A) por 100 años. La región no presentó tendencia significativa en la temperatura invernal (Figura 6.7.B).

La diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno aumento con tendencia significativa, mostrando que la brecha entre las temperaturas medias de ambas estaciones se amplió a lo largo del periodo estudiado.

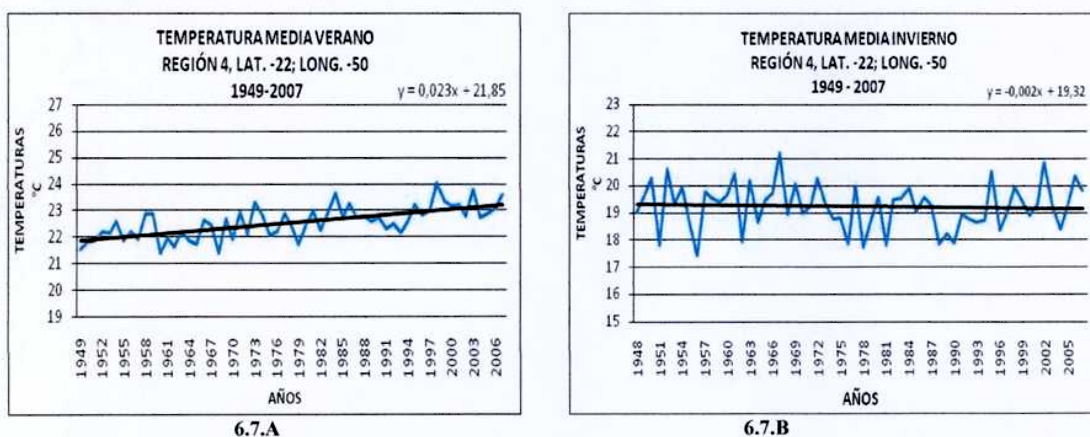


Figura 6.7. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 4. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Si se analizan las temperaturas diarias, se observa que las FRUI disminuyeron entre el primer y último decenio, lo que implica una reducción de las limitantes térmicas inferiores para la transmisión de la enfermedad (Tabla 6.7).

LONDRINA REGIÓN 4	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 5°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 7°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 9°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 10°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 11.5°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 12°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 14.2°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 15°C	NÚMERO DE DÍAS MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

Tabla 6.7. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 4. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

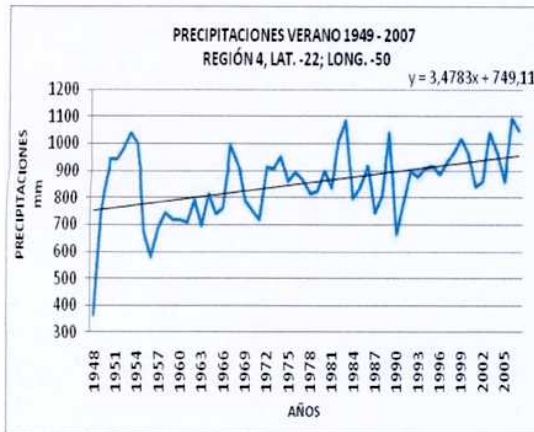
En cuanto a los FRUS (Tabla 6.8), no se observa una tendencia clara para las temperaturas medias, mientras que para las temperaturas máximas las frecuencias aumentan y guardan relación con las temperaturas de verano hasta los 30 °C. Dada la endemia de la región, es de esperar que no se hayan producido limitantes térmicas ni para el parásito ni para el caracol.

LONDRINA REGIÓN 4	MAYORES O IGUALES A 27.5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↓			
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↓	

Tabla 6.8. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 4. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La precipitación anual tuvo una tendencia positiva de 5,63 mm por año. Las tendencias estacionales observadas fueron de 3,48 mm por año para el verano (Figura 6.8.A) y 1,74 mm por año para el otoño. La región no presentó tendencia significativa para la precipitación de invierno (Figura 6.8.B).

Dado que las tendencias de temperatura y precipitación dan ambas positivas para el verano, el tamaño de los charcos en esta estación, dependió de la relación entre la precipitación (recarga) y la evaporación, esta última mediada por la temperatura.



6.8.A



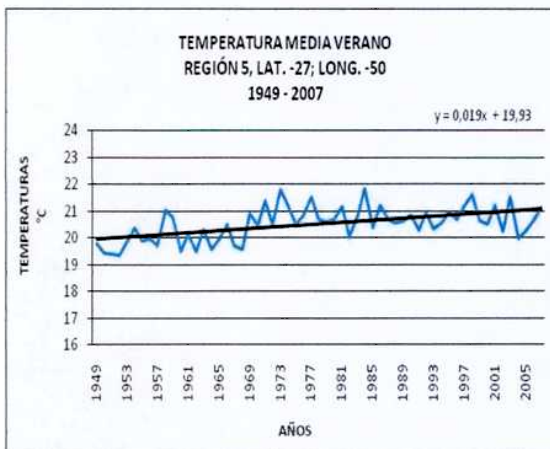
6.8.B

Figura 6.8. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 4; **A.** Verano; **B.** Invierno.

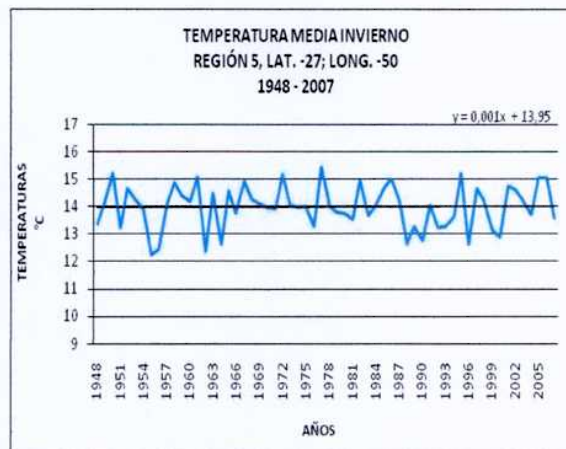
Región 5:

La tendencia de la temperatura media anual fue positiva con un valor de aproximadamente 1,0 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,67 °C. Para el verano la temperatura media presentó una tendencia positiva de aproximadamente 1,9 °C por 100 años, con casi 1,17 °C de aumento a través de los 60 años (Figura 6.9.A). No se observó una tendencia significativa para la temperatura de invierno (Figura 6.9.B).

La diferencia entre las temperaturas medias de verano e invierno tuvieron una tendencia significativa positiva.



6.9.A



6.9.B

Figura 6.9. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 5. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Se observa en la Tabla 6.9 que las FRUI para las temperaturas medias aumentaron en el último decenio, lo que permite suponer que si bien la enfermedad fue detectada en 1980 - 1981, las condiciones térmicas de las décadas siguientes fueron tales que no favorecieron un avance excesivo de la misma.

Otro dato que se extrae de las Tabla 6.9 y Tabla 6.10, es que dado que aumentaron las FRUI para las temperaturas mínimas y las FRUS para las temperaturas máximas, se podría considerar que ha aumentado la amplitud térmica diaria en la región.

FLORIANÓPOLIS REGIÓN 5	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14.2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987			↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.9. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 5. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

FLORIANÓPOLIS REGIÓN 5	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓			
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↓	

Tabla 6.10. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 5. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La precipitación anual tuvo una tendencia positiva de 3,96 mm por año.

La tendencia en las precipitaciones de verano fue de 4,16 mm por año (Figura 6.10.A) y para el otoño de 1,60 mm por año. No se observó una tendencia significativa para el invierno (Figura 6.10.B).

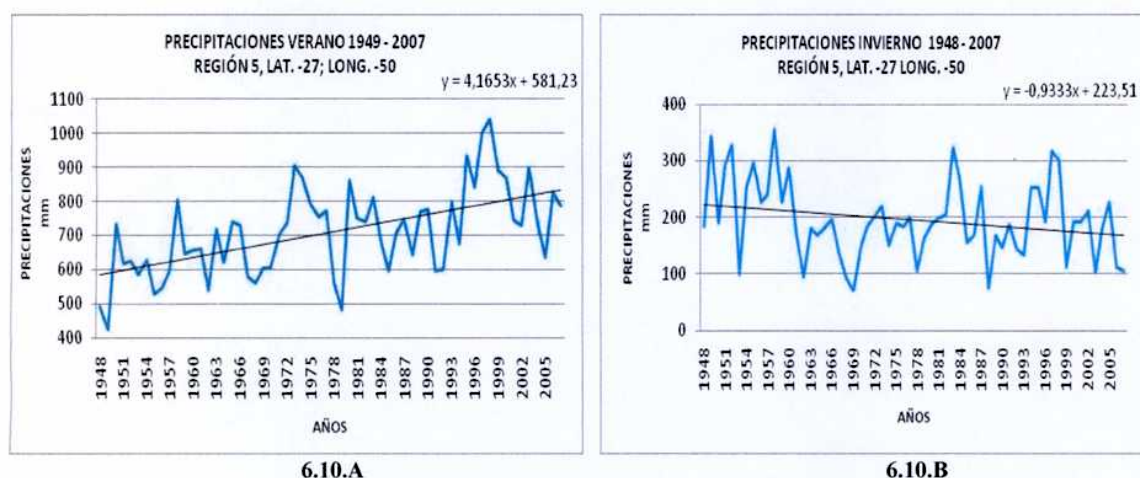


Figura 10. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 5; **A.** Verano; **B.** Invierno.

No se pueden realizar estimaciones para el invierno. En cuanto al verano, dado que las tendencias de temperatura y precipitación dan ambas positivas, al igual que en la región 4, el tamaño de los charcos durante el verano dependió de la relación entre la recarga y la evaporación, mediada por la temperatura.

Región 6:

Se observó una tendencia positiva en la temperatura media anual de aproximadamente 1,3 °C por 100 años, con un aumento de casi 0,84 °C en el periodo considerado. La tendencia en la temperatura de verano fue de 1,2 °C por 100 años con un aumento de 0,69 °C en los 60 años (Figura 6.11.A). La tendencia en la temperatura de invierno no dio significativa (Figura 6.11.B).

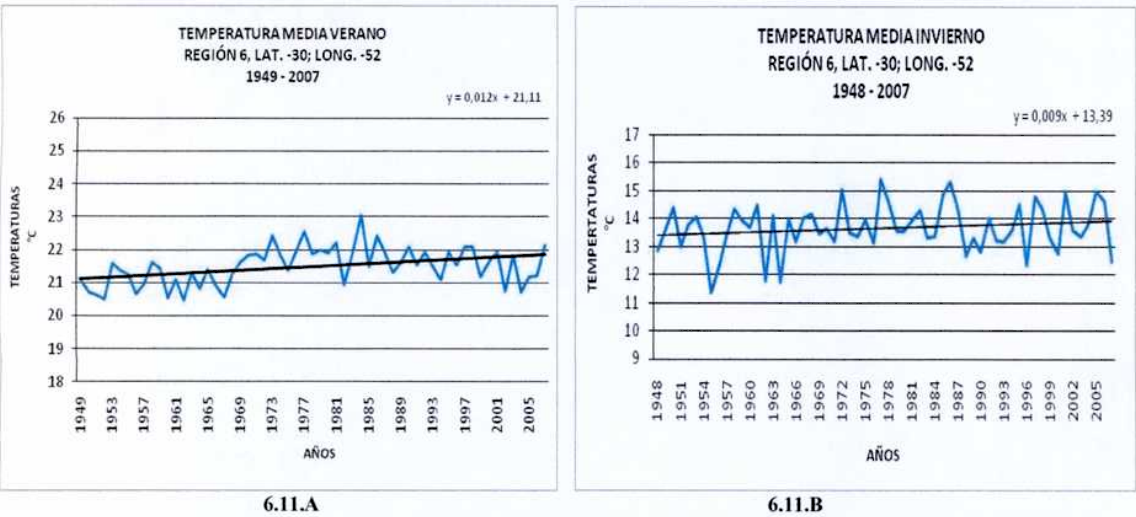


Figura 6.11. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 6. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Las FRUI aumentaron entre el primer y último decenio, tanto para las temperaturas medias como para las mínimas (Tabla 6.11). Se puede pensar que estos aumentos han regulado el grado de endemia de la región, después de la aparición de la enfermedad en 1997.

PORTO ALEGRE REGIÓN 6	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14.2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987		↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.11. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 6. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Las FRUS para las temperaturas máximas aumentaron, entre el primer decenio y el último, hasta los 32 °C, guardando relación con las temperaturas medias mensuales de verano que también se incrementaron (Tabla 6.12). En tanto que las FRUS para las temperaturas medias disminuyeron hasta los 32 °C, temperatura a la cual las frecuencias en ambos periodos se igualan. Estos valores muestran que no se alcanzaron limitantes térmicas superiores para la transmisión de la enfermedad.

PORTO ALEGRE REGIÓN 6	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓		
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↓	↓

Tabla 6.12. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 6. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La tendencia anual fue positiva de 10,78 mm por año. En cuanto a las tendencias estacionales, para el verano la misma fue de 5,11 mm por año (Figura 6.12.A) y para el otoño de 4,17 mm por año. No se observa una tendencia significativa en la precipitación de invierno (Figura 6.12.B).

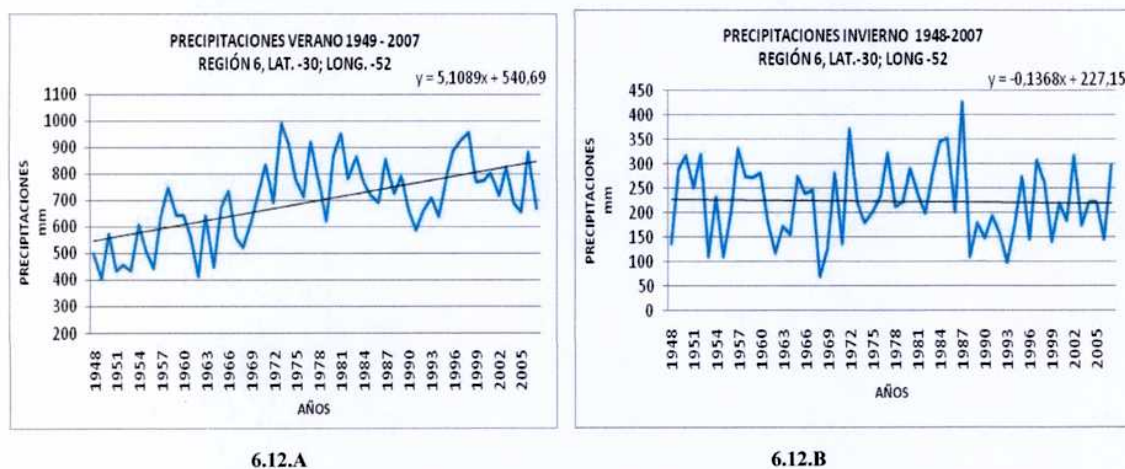


Figura 6.12. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 6; **A.** Verano; **B.** Invierno.

Región 7:

Esta región tuvo una tendencia positiva de la temperatura media anual de aproximadamente 1,0 °C por 100 años, con un aumento para el periodo considerado de 0,58 °C. Las temperatura media de verano también tuvo tendencia positiva, de 1,6 °C por 100 años con un de temperatura de casi 0,99 °C (Figura 6.13.A). Las tendencias en la temperatura de invierno no dieron significativas (Figura 6.13.B).

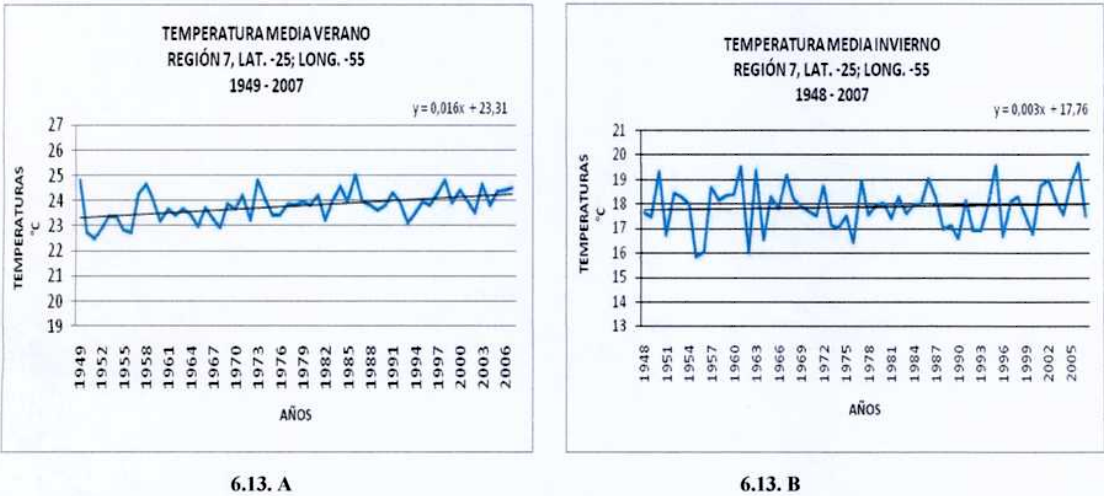


Figura 6.13. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 7. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Surge de observar las FRUI que para las temperaturas medias las frecuencias disminuyen hasta los 11,5 °C y después no presenta una señal clara. Para las temperaturas mínimas disminuyen las frecuencias disminuyen entre el último y primer decenio. Por lo tanto en esta región los limitantes térmicos inferiores fueron disminuyendo hasta los 12 °C (Tabla 6.13).

CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11,5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987		↓	↓	↓	↓		↑	↓	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓

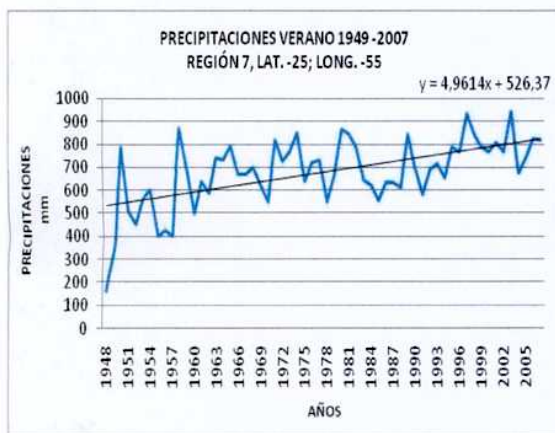
Tabla 6.13. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 7. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

En cuanto a las FRUS se produjo una disminución de frecuencias en las temperaturas medias y un aumento de los días con temperaturas máximas (Tabla 6.14), por lo tanto tampoco existió una limitante térmica superior para el desarrollo del molusco.

CIUDAD DEL ESTE REGIÓN 7	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓		
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	

Tabla 6.14. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 7. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La tendencia anual de la precipitación fue positiva, con un valor de aproximadamente 10,10 mm por año. La mayor tendencia se registró para el verano con un aumento de 4,96 mm por año (Figura 6.14.A), para el otoño fue de 3,46 mm por año y para la primavera de 2,07 mm por año. No se observó una tendencia significativa en la precipitación de invierno (Figura 6.14.B).



6.14.A

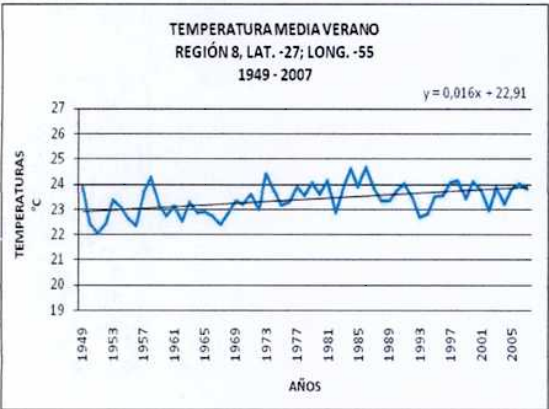


6.14.B

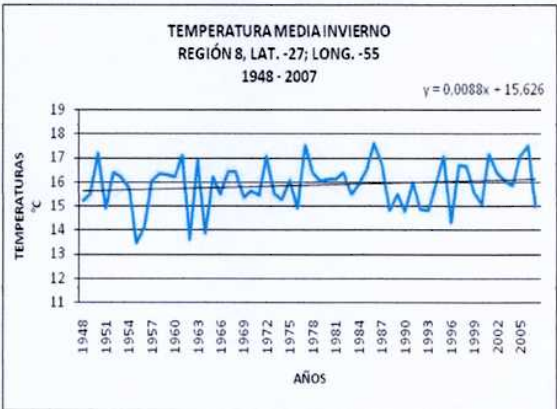
Figura 6.14. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 7; **A.** Verano; **B.** Invierno.

Región 8:

Las tendencias en las temperaturas presentaron un incremento, tanto en la anual como en la de verano. En la temperatura anual la tendencia fue de aproximadamente 1,4 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,83 °C en el periodo considerado. Para el verano la tendencia fue de aproximadamente 1,7 °C por 100 años, con un aumento de temperatura de casi 0,89 °C (Figura 6.15.A). No se observó una tendencia significativa para la temperatura de invierno (Figura 6.15.B).



6.15. A



6.15. B

Figura 6.15. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 8. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Las FRUI, tanto de las temperaturas medias como mínimas, disminuyeron desde el primer decenio al último, (Tabla 6.15). Por lo tanto podríamos pensar que entre el primer y último decenio analizado, han disminuido en la región las limitantes térmicas inferiores que afectan principalmente al parásito.

POSADAS REGIÓN 8	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11,5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓	↓	↓

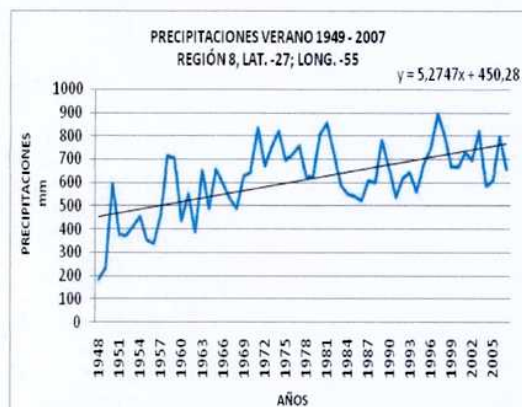
Tabla 6.15. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 8. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

En cuanto a las FRUS se observa una disminución para las temperaturas medias a partir de los 30 °C (Tabla 6.16). Por lo tanto, a pesar de que las FRUS para las temperaturas máximas aumentaron hasta los 35 °C, dado que estas últimas son temperaturas horarias, se puede considerar que las condiciones térmicas entre las dos décadas estudiadas cambiaron de manera tal de favorecer también el desarrollo del caracol.

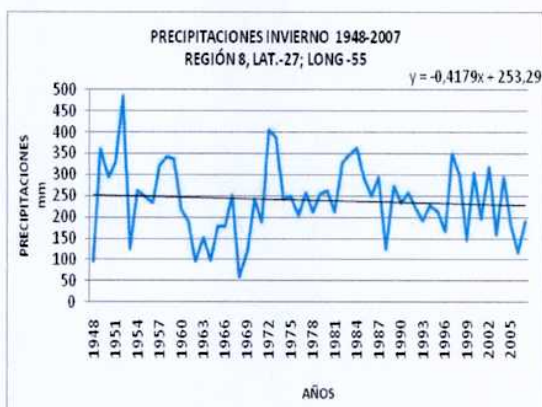
POSADAS REGIÓN 8	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↓	↓	↓	
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↓

Tabla 6.16. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 8. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: Las tendencias fueron positivas. La tendencia anual fue de 10,74 mm por año, para el verano de 5,27 mm por año (Figura 6.16.A), para el otoño de 4,29 mm por año y para la primavera de 1,59 mm por año. No se observó una tendencia significativa en la precipitación de invierno (Figura 6.16.B).



6.16. A

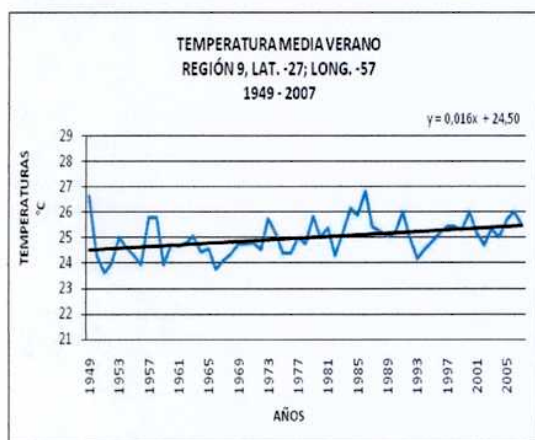


6.16. B

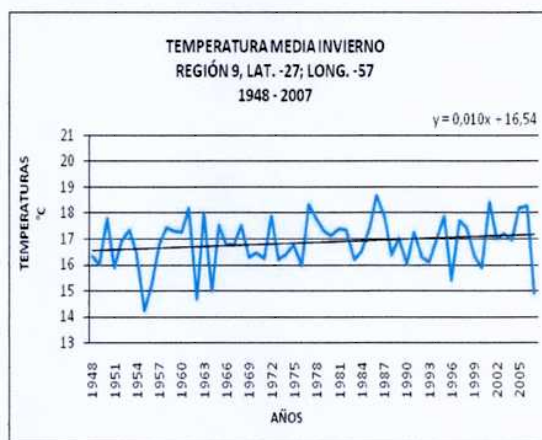
Figura 6.16. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 8; **A.** Verano; **B.** Invierno.

Región 9:

La región 9 tuvo una tendencia positiva de la temperatura media anual en el periodo estudiado de aproximadamente 1,4 °C por 100 años, con un aumento de la temperatura de casi 0,91 °C. También para el verano la tendencia en la temperatura media fue positiva, en aproximadamente 1,6 °C por 100 años con un aumento de casi 1,00 °C (Figura 6.17.A). La región no presentó una tendencia significativa en la temperatura invernal (Figura 6.17.B)



6.17. A



6.17. B

Figura 6.17. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 9. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

En la Tabla 6.17, se observa que los FRUI aumentaron de un decenio a otro, lo que implica un aumento de las limitantes térmicas para el desarrollo del parásito. A su vez la disminución de las FRUS (6.18) para las temperaturas medias diarias, propiciaron una temperatura más beneficiosa para el desarrollo del caracol.

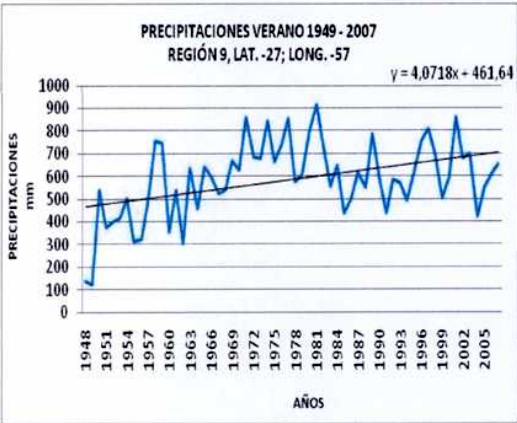
CORRIENTES REGIÓN 9	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14.2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.17. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 - 2007 y (2)1978 - 1987. Región 9. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

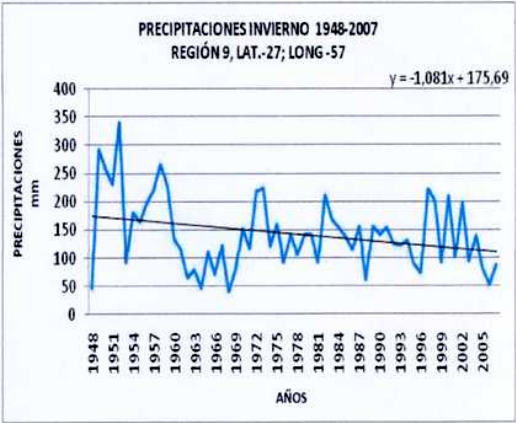
CORRIENTES REGIÓN 9	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↓

Tabla 6.18. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 9. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La tendencia en la precipitación anual fue de 6,86 mm por año, para el verano fue de 4,07 mm por año (Figura 6.18.A), para el otoño de 3,30 mm por año y para el invierno de -1,08 mm por año (Figura 6.18.B). No se observó una tendencia significativa en la precipitación de primavera.



6.18.A



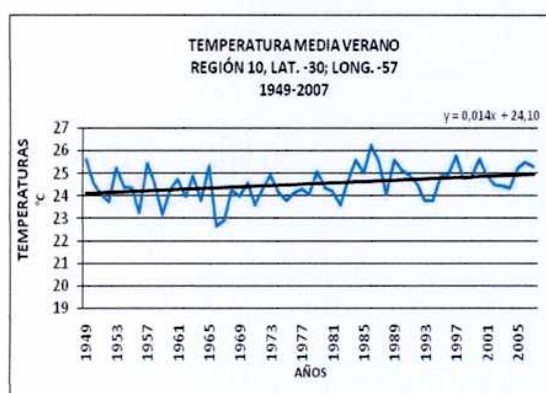
6.18.B

Figura 6.18. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 9; A. Verano; B. Invierno.

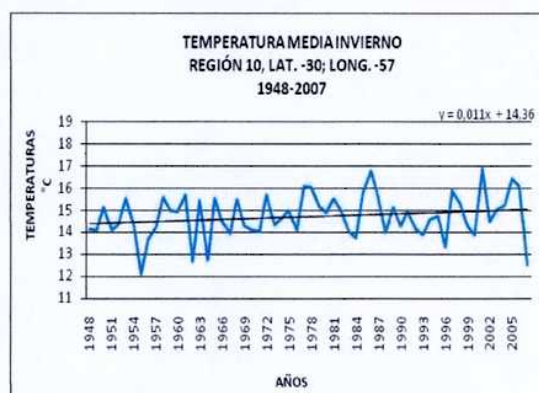
Analizando los datos encontrado para el verano, dado que las tendencias de temperatura y precipitación dan ambas positivas, el tamaño de los charcos en esta estación, dependió directamente de la relación entre la precipitación y la evaporación, regulada ésta última por la temperatura. Para el invierno, a pesar de que los FRUI disminuyeron de un decenio a otro, como no se observó una tendencia significativa en las temperaturas invernales, no podemos relacionar en forma directa la disminución de la precipitación en invierno con el tamaño de los charcos.

Región 10:

La tendencia en la temperatura media anual fue positiva de 1,6 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 1,04 °C, en el periodo considerado. En tanto que la tendencia de verano fue de aproximadamente 1,4 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,90 °C en 60 años (Figura 6.19.A). No se observó una tendencia significativa en la temperatura de invierno (Figura 6.19.B).



6.19. A



6.19. B

Figura 6.19. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 10. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

De las FRUI para las temperaturas medias diarias, no se observa un patrón claro entre los valores del primer y último decenio. Un resultado a tener en cuenta es que se produjo un aumento en la frecuencia a los 7 y a los 10 °C, lo que se podría pensar como un incremento limitante para el desarrollo del parásito, debido a que estos valores afectan la infectividad de la cercaria, la infectividad del miracidio y al periodo de incubación extrínseca.

El aumento en las FRUS guardan relación con las tendencias de verano, pero dado que el aumento para las temperaturas medias se dio hasta los 32°C, el incremento no constituyó una barrera térmica para el desarrollo del molusco.

Otra observación que surge de las Tablas 6.19 y 6.20, es el hecho de que aumentaron las FRUI para las temperaturas mínimas y las FRUS para las temperaturas máximas, por lo que se podría considerar que ha aumentado la amplitud térmica diaria en la región.

MONTE CASEROS REGIÓN 10	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11,5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↑		↑	↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.19. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 10. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio I, descendente disminución en el decenio I. Casilla sin flecha: decenios iguales.

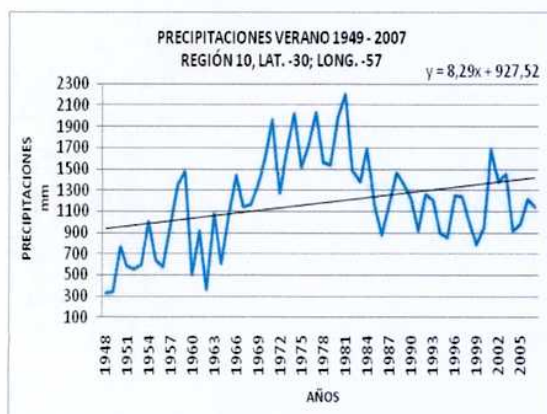
MONTE CASEROS REGIÓN 10	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↓	
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.20. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 10. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio I, descendente disminución en el decenio I. Casilla sin flecha: decenios iguales.

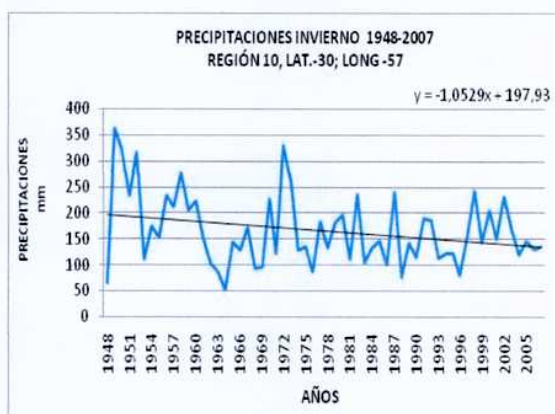
Precipitación: Se observó tendencia significativa en las precipitaciones anuales y de otoño.

La primera fue de 6,69 mm por año y la de otoño de 3,62 mm por año.

La región no presentó tendencias significativas en las precipitaciones de primavera, verano e invierno (Figura 6.20.A; Figura 6.20.B).



6.20.A

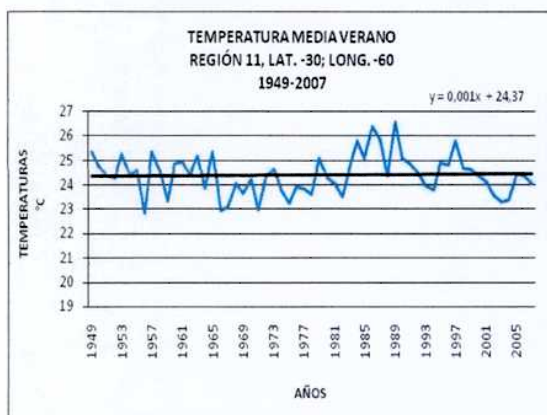


6.20.B

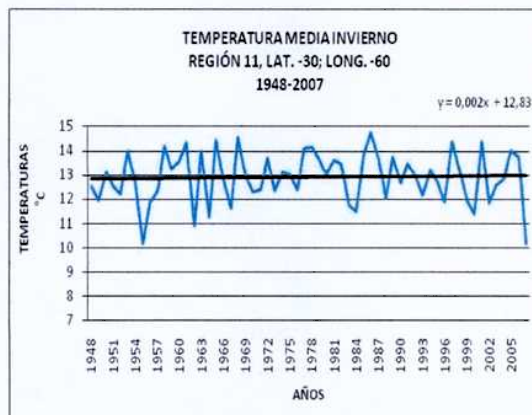
Figura 6.20. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 10; **A.** Verano; **B.** Invierno.

Región 11:

Esta región no presentó tendencias significativas en las temperaturas anuales, estivales ni invernales (Figura 6.21.A; Figura 6.21.B).



6.21.A



6.21.B

Figura 6.21. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 11. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

En la Tabla 6.21, se observa que los FRUI aumentaron de un decenio a otro, lo que implica un aumento de las limitantes térmicas inferiores para el desarrollo del parásito, entre estos periodos. Las FRUI para la temperatura mínima no siguen una señal clara.

Dado que las FRUS para las temperaturas medias disminuyeron (Tabla 6.22) es de esperar que la limitante térmica para el desarrollo del caracol haya sido menor en el último decenio.

RECONQUISTA REGIÓN 11	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14.2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↑	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓

Tabla 6.21. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 11. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

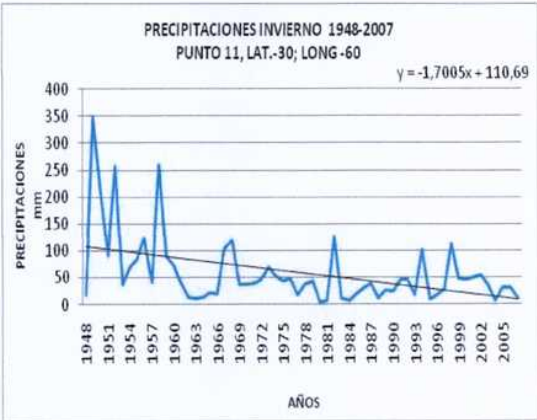
RECONQUISTA REGIÓN 11	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.22. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 11. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: Las tendencias estacionales fueron para el verano de 2,96 mm por año (Figura 6.22.A), para el invierno de -1,70 mm por año (Figura 6.22.B) y para la primavera de -1,34 mm por año. No se observaron tendencias significativas en las precipitaciones anuales y de otoño.



6.22.A



6.22.B

Figura 6.22. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 11; **A.** Verano; **B.** Invierno.

Región 12:

La tendencia de la temperatura media anual fue aproximadamente 1,3 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,80 °C. Las tendencia de la temperatura media de verano fue de 0,7 °C por 100 años con un aumento de temperatura de casi 0,35 °C (Figura 6.23.A). No se observó tendencia significativa en la temperatura media de invierno (Figura 6.23.B).

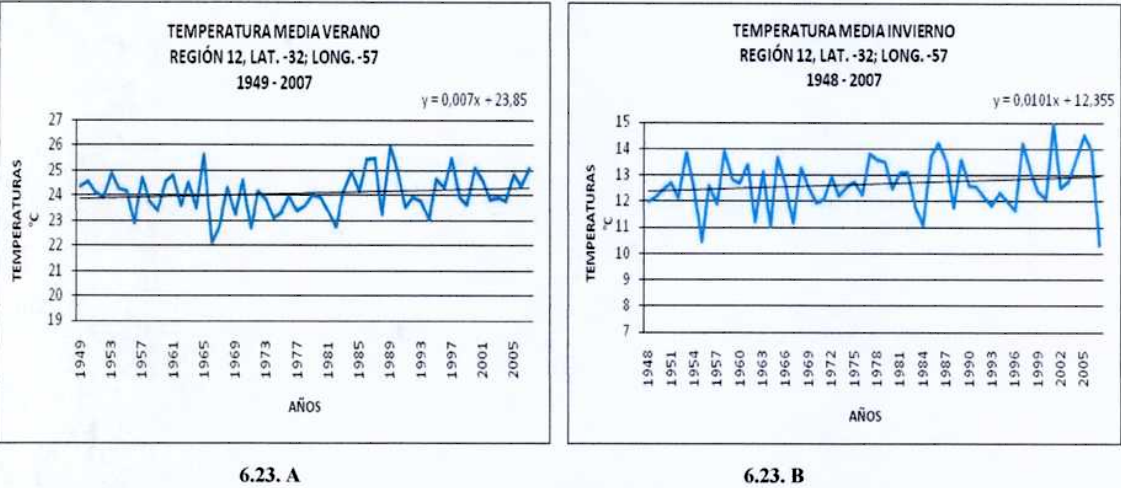


Figura 6.23. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 12. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

Si se analizan los valores diarios, para el umbral inferior las temperaturas medias no aportaron datos que puedan tenerse en cuenta, mientras que se observó un aumento de las FRUI para las temperas mínimas (Tabla 6.23) entre el primer y último decenio. En cuanto a los FRUS disminuyeron para las temperaturas medias y para las máximas aumentaron hasta los 30 °C (Tabla 6.24).

CONCORDIA REGIÓN 12	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11,5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987		↑	↓	↓	↑	↓	↓	↑	↑
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.23. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 12. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

CONCORDIA REGIÓN 12	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑		↓	↓

Tabla 6.24. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 12. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La tendencia anual fue de 5,58 mm por año y las tendencias estacionales, presentaron para el verano una variación de 2,41 mm por año (Figura 6.24.A), para el otoño de 3,58 mm por año y para el invierno de -1,28 mm por año (Figura 6.24.B). No se observó una tendencia significativa en la precipitación de primavera.

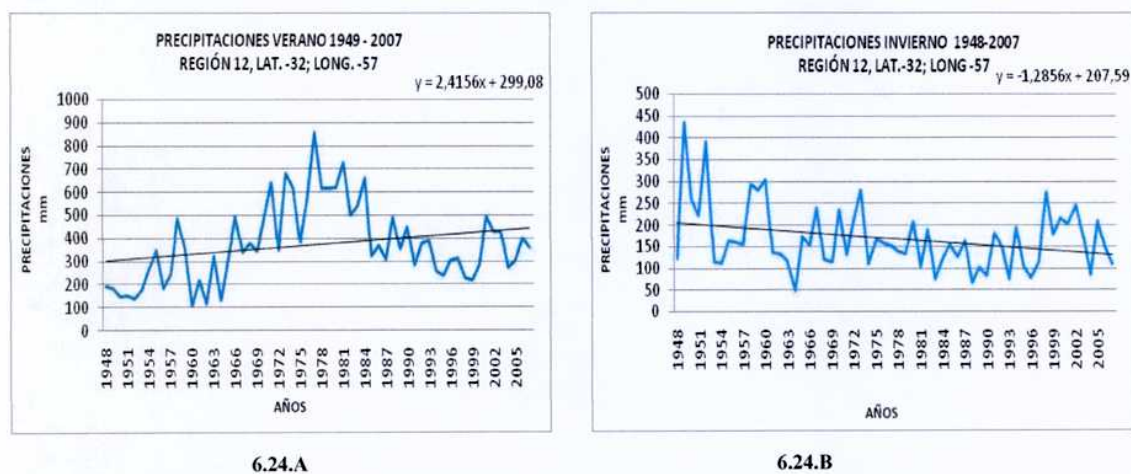


Figura 6.24. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 12; A. Verano; B. Invierno.

A pesar de la tendencia negativa en las precipitaciones de invierno, estación más seca, dadas las temperaturas reinantes en ésta estación (Capítulo 5), es de esperar que la evaporación no haya sido un factor importante.

Región 13:

En esta región la temperatura media tanto anual tuvo una tendencia de aproximadamente 1,0 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,60 °C para todo el periodo. No se observaron tendencias significativas en la temperatura de verano ni de invierno (Figura 6.25.A; Figura 6.25.B).

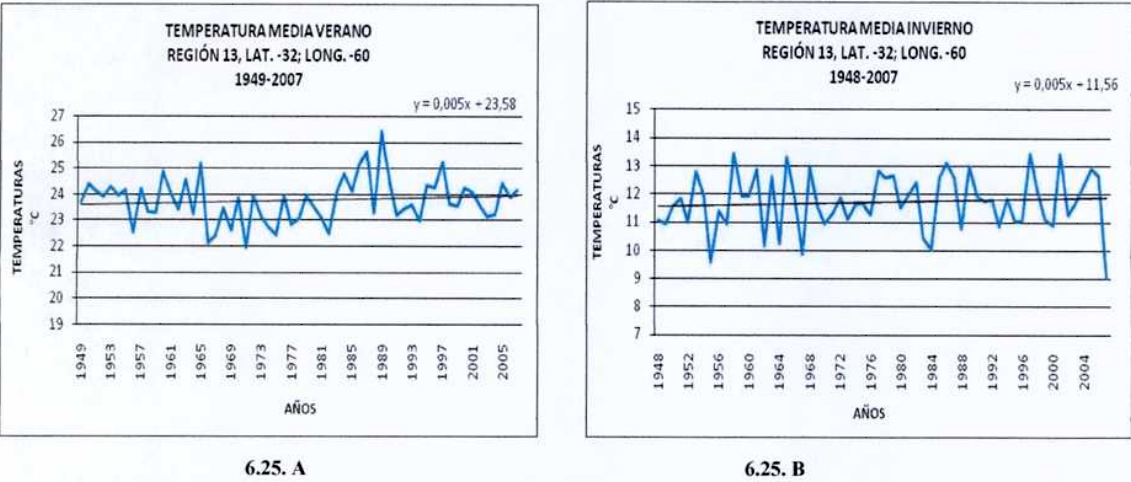


Figura 6.25. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 13. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

De la Tabla 6.25, surge que los FRUI para la temperatura media bajaron de un decenio a otro, lo que implica una disminución de la limitante térmica inferior, por lo tanto se redujo la barrera térmica para el desarrollo del parásito.

ROSARIO REGIÓN 13	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11,5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.25. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 13. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

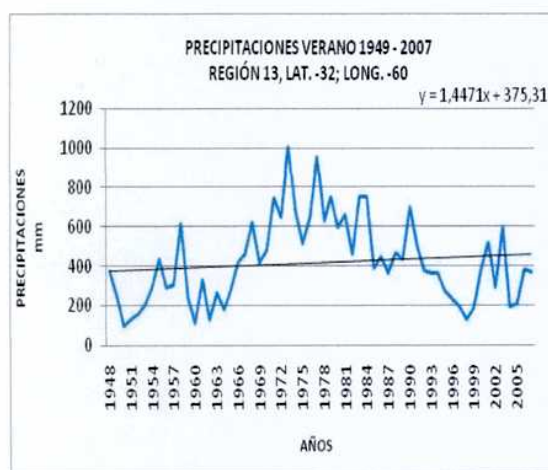
En cuanto a las FRUS, la frecuencia para las temperaturas medias aumentó hasta los 30 °C y después se igualaron, por lo que la limitante superior no aumentó la barrera para el desarrollo de la enfermedad (Tabla 6.26).

Dado que aumentaron las FRUI para las temperaturas mínimas y las FRUS para las temperaturas máximas, se debe considerar que ha aumentado la amplitud térmica diaria en la región (Tabla 6.25 y 6.26).

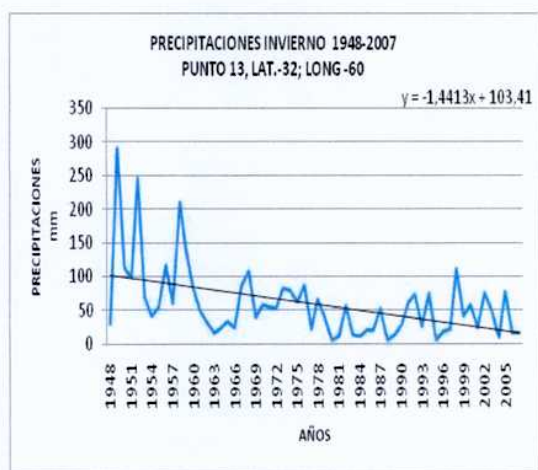
ROSARIO REGIÓN 13	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑			
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.26. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 13. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La precipitación mostró una tendencia de 1,71 mm por año para el otoño y de -1,44 mm por año invierno de (Figura 6.26.B). No se observaron tendencias significativas en la precipitación anual, de primavera y de verano (Figura 6.26.A).



6. 26.A



6.26.B

Figura 6.26. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 13; **A.** Verano; **B.** Invierno.

A pesar de la tendencia negativa en las precipitaciones de invierno, dadas las temperaturas reinantes en ésta estación (Capítulo 5), es de esperar que la evaporación no haya sido un factor importante.

Región 14:

La tendencia en la temperatura media anual fue positiva de 1,3 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento de temperatura de casi 0,83 °C. La tendencia de verano fue de aproximadamente 1,1 °C por 100 años, lo que se traduce en un aumento aproximado de

temperatura de casi 0,70 °C (Figura 6.27.A) para el periodo considerado. No se observó una tendencia significativa en la temperatura invernal (Figura 6.27.B).

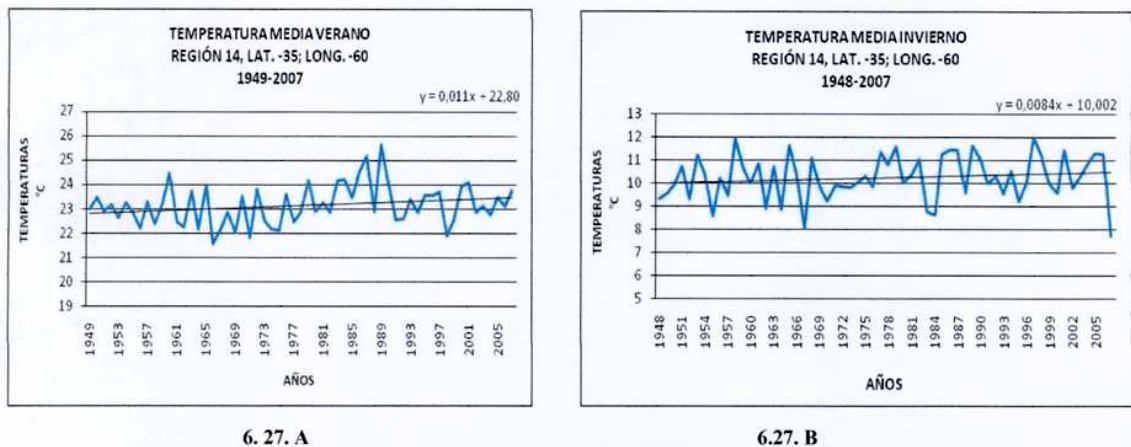


Figura 6.27. Variación de la temperatura media en función del tiempo. Región 14. **A.** Temperatura media de verano, periodo 1949 - 2007; **B.** Temperatura media de invierno, periodo 1948 - 2007.

JUNIN REGIÓN 14	MENORES O IGUALES A 5°C	MENORES O IGUALES A 7°C	MENORES O IGUALES A 9°C	MENORES O IGUALES A 10°C	MENORES O IGUALES A 11.5°C	MENORES O IGUALES A 12°C	MENORES O IGUALES A 14,2°C	MENORES O IGUALES A 15°C	MENORES O IGUALES A 16°C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
TEMPERATURA MÍNIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

Tabla 6.27. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales inferiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 14. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en rosa, temperaturas mínimas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Dado que bajaron las FRUI para las temperaturas medias diarias, se puede pensar que disminuyeron las barreras térmicas inferiores para el desarrollo del parásito, entre el primer decenio y el último (Tabla 6.27).

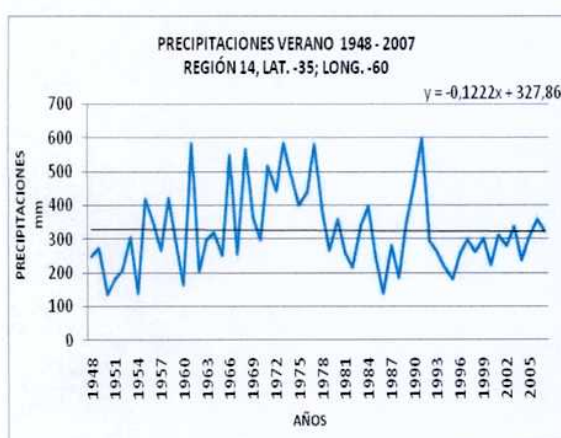
En cuanto a las FRUS, Tabla 6.28, las temperaturas medias no se corresponden con la tendencia de la temperatura media estival, asimismo la disminución de las FRUS implica mejores condiciones térmicas para el desarrollo del molusco.

Por otro lado dado que aumentaron las FRUI para las temperaturas mínimas y las FRUS para las temperaturas máximas, se debe considerar que ha aumentado la amplitud térmica diaria en la región (Tabla 6.27 y 6.28).

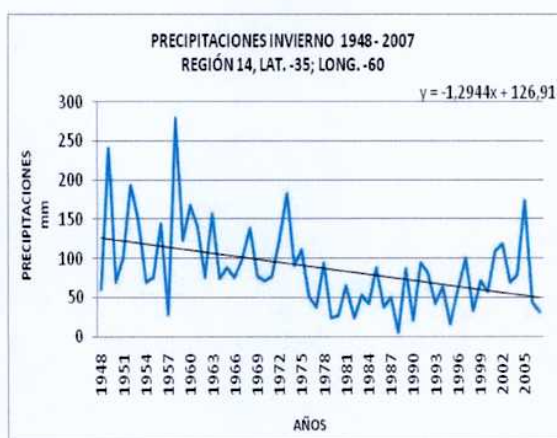
JUNIN REGIÓN 14	MAYORES O IGUALES A 27,5 °C	MAYORES O IGUALES A 30 °C	MAYORES O IGUALES A 32 °C	MAYORES O IGUALES A 35 °C	MAYORES O IGUALES A 40 °C
TEMPERATURA MEDIA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↓	↓			
TEMPERATURA MÁXIMA 1998-2007 versus 1978 - 1987	↑	↑	↑	↓	↓

Tabla 6.28. Frecuencia relativa de días con temperaturas umbrales superiores. Decenios comparativos (1)1998 – 2007 y (2)1978 – 1987. Región 14. Sombreados en amarillo: temperaturas diarias medias; Sombreado en celeste, temperaturas máximas diarias. Flecha ascendente aumento en el decenio 1, descendente disminución en el decenio 1. Casilla sin flecha: decenios iguales.

Precipitación: La tendencias fueron de 0,42 mm por año para el otoño, -1,29 mm por año para el invierno (Figura 6.28.B) y de -1,56 mm por año para la primavera. No se observó una tendencia significativa en la precipitación anual ni en la de verano (Figura 6.28.A).



6.28.A



6.28.B

Figura 6.28. Variación de la precipitación en función del tiempo, periodo 1948 - 2007, Región 14; **A.** Verano; **B.** Invierno.

SÍNTESIS Y DISCUSIÓN

Los dos factores ambientales evaluados en la región de estudio, temperatura y precipitación, sufrieron modificaciones durante el periodo considerado, tal como se ha observado en este capítulo. Del análisis de las tendencias surgen algunos patrones que merecen ser destacados. Se observaron tendencias positivas y significativas en la temperatura media anual y de verano de la mayoría de las regiones, siendo la Región 1 la que registró el mayor incremento.

Por otro lado el mayor aumento de la temperatura media de verano, si bien incrementa el límite superior que debería afectar al caracol, dado que en toda la región se encuentra el molusco, y más aún, en algunos casos como en Río Grande del Sur, apareció la especie *Biomphalaria glabrata* dentro del período estudiado, podemos inferir que estas modificaciones no limitaron el crecimiento de los mismo. Asimismo, los FRUS no presentaron un patrón definido, observándose características especiales en cada región.

Del análisis del límite umbral inferior que afecta principalmente al parásito y que también condiciona el desarrollo del caracol (Capítulo 3, 4 y 5), surge que los FRUI tampoco muestran características comunes a las distintas regiones, presentando cada una un comportamiento particular frente a esta barrera térmica.

El otro elemento climático analizado fue la precipitación, como se vio en el Capítulo 5, los meses de junio, julio y agosto son los meses de menores precipitaciones independientemente de la región y por otro lado las tendencias significativas dominantes para esta estación, resultaron negativas en las regiones 3, 9, 11, 12, 13 y 14. Por lo tanto la existencia de charcos durante esta época del año debieron ser cada vez menores y su permanencia y/o tamaño dependió de la temperatura, las que como se sabe son mayores a latitudes más bajas. En el caso de la región 3 la pérdida de charcos pudo haber traído como consecuencia la desaparición de zonas con endemia, mientras que por el contrario la disminución del tamaño de los charcos puede haber favorecido el mayor contacto de la población con los moluscos, tanto por el aumento de densidad de estos como por el mayor acercamiento de las personas al agua y por lo tanto mayor endemia.

En cuanto a las tendencias de la precipitación para el verano, fueron positivas para las regiones 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11 y 12, evidenciándose una zona de mayor crecimiento comprendidas por la región 6, 7 y 8.

Asimismo para el otoño todas las tendencias en la precipitación fueron positivas y, al igual que para el verano, las regiones 6, 7 y 8 fueron las de mayor crecimiento. Para la primavera no se dio un patrón definido, porque algunas regiones presentaron tendencias negativas y otras positivas.

En todos los casos la relación entre la precipitación – evaporación, la cual es mediada por las condiciones térmicas, puede haber modificado dentro de cada región la existencia de

ambientes húmedos para el desarrollo del caracol, de manera tal que los moluscos se fueron reubicado dentro de cada región, para alcanzar la distribución actual en las regiones en estudio (Capítulo 3).

CAPÍTULO 7

ESCENARIOS FUTUROS

Tal como lo define el IPCC (2007): “Cambio Climático denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana.”

Para poder estudiar la magnitud temporal y espacial de estos cambios existen distintas disciplinas que abordan el problema, entre las que se encuentran la Paleo - climatología y el Modelado Climático.

La Paleo - climatología estudia las variaciones del clima que experimentó la tierra en el pasado, utilizando la información recabada en los sedimentos, los glaciares, las burbujas ocluidas en hielos polares y los registros fósiles. Evalúa las posibles causas y la magnitud de esos cambios.

En cuanto a los Modelos Climáticos (Capítulo 1), sirven como instrumento para estimar, mediante métodos cuantitativos, los cambios climáticos futuros y además nos permiten comparar cual hubiesen sido las temperaturas mundiales para el tiempo actual, en caso de que sólo hubieran existido forzamientos naturales.

Tal como se detalló en el Capítulo 1, vamos a evaluar las proyecciones de la temperatura y la precipitación haciendo uso del Modelo HadCM3 (UKMO-HadCM3) y del Modelo ECHAM5/MPI-OM), para los escenarios SRB1 y SRB2.

CAMPOS OBTENIDOS

De los campos obtenidos de las anomalías proyectadas para el periodo 2010 - 2039, se presentan a continuación, a modo de ejemplo, sólo los correspondientes a los meses de enero y los meses de invierno (junio, julio y agosto) de la región en estudio. La elección de estos meses está vinculada al rango de temperatura que se ha considerado crítico en el estudio de la dispersión de la enfermedad (Capítulo 3, 4, 5 y 6).

Si bien se usan dos escenarios diferentes, teniendo en cuenta que se está analizando un periodo muy próximo al actual, 2010 - 2039, y que el sistema climático tiene un tiempo de respuesta ante el forzante antropogénico, es de esperar que muchas de las marchas anuales obtenidas pueden no permitan apreciar diferencias significativas entre escenario.

PERIODO 2010 - 2039 Modelo UKMO-HadCM3. Escenario B1. Anomalías en la T.

La Figura 7.1 muestra las anomalías proyectadas en la temperatura para el SRB1 en el periodo 2010 - 2039 por el Modelo UKMO-HadCM3

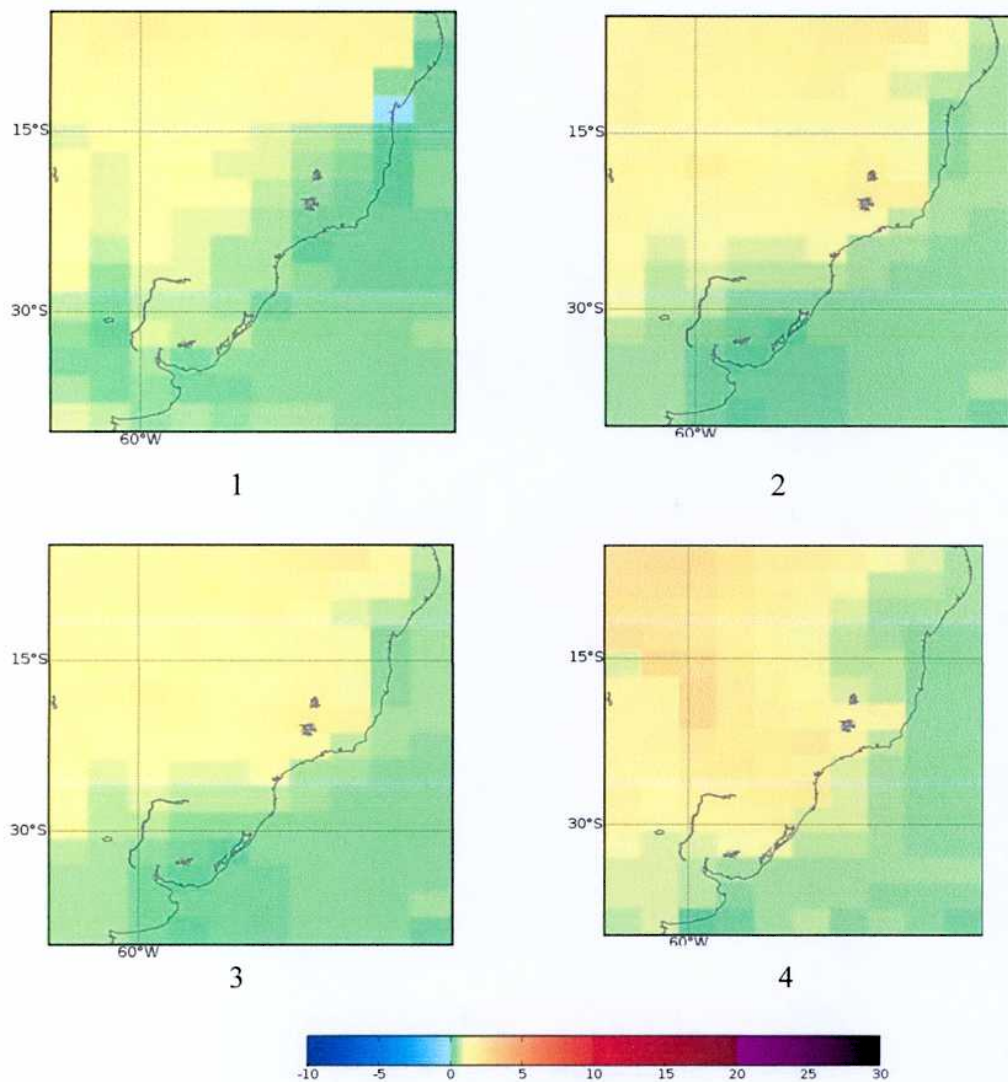


Figura 7.1. Anomalías de temperatura proyectada (°C). escenario SRB1. Modelo UKMO HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Junio, .3) Julio, .4) Agosto.

PERIODO 2010 - 2039 Modelo UKMO-HadCM3, Escenario A2. Anomalías en la T.

La Figura 7.2 muestra las anomalías proyectadas en la temperatura para el SRA2 en el periodo 2010 - 2039 por el Modelo UKMO-HadCM3.

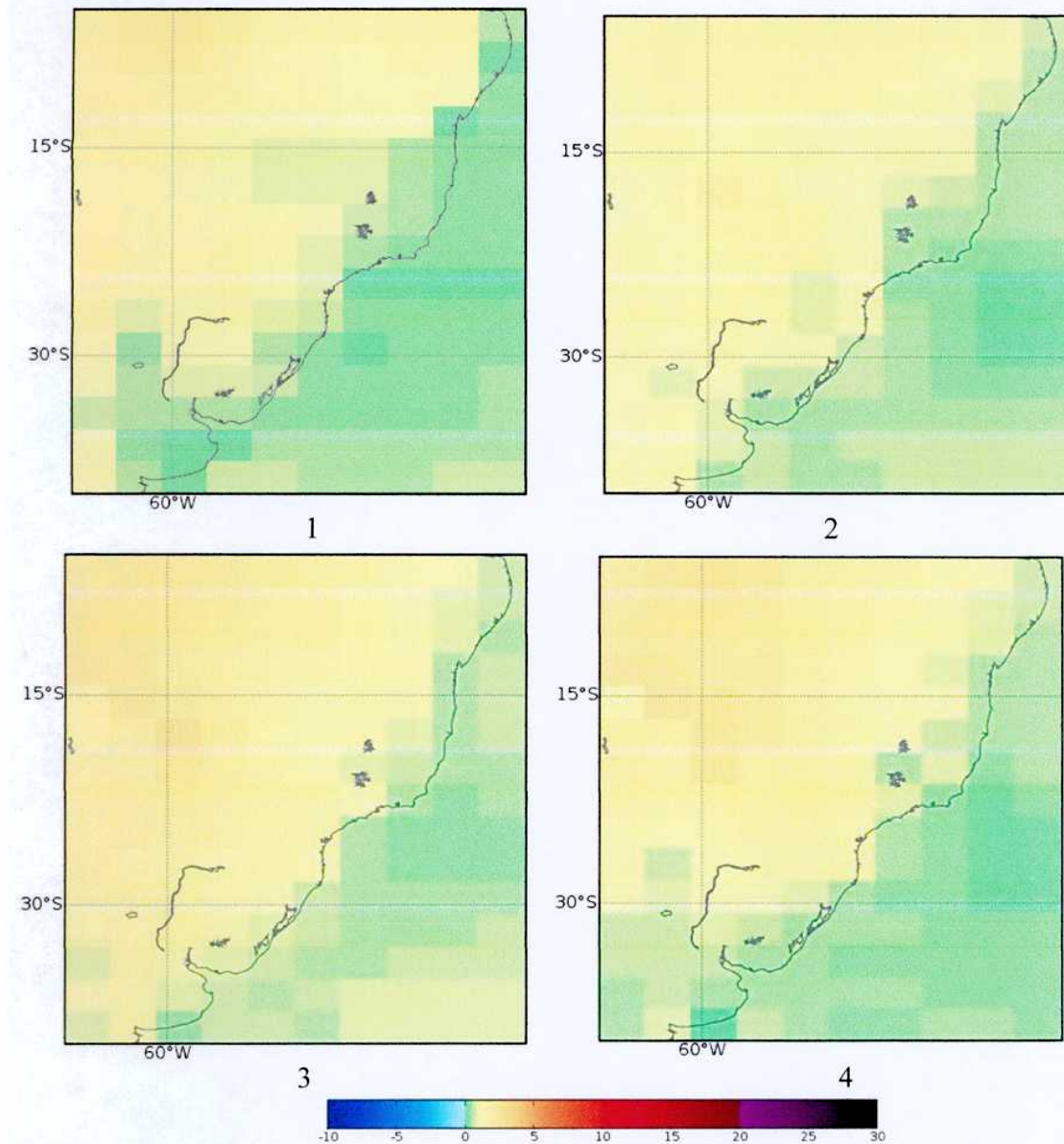


Figura 7.2. Anomalías de temperatura proyectada (°C). escenario SRA2. Modelo UKMO HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Junio, .3) Julio, .4) Agosto.

PERIODO 2010 - 2039 Modelo ECHAM5/MPI-OM. Escenario B1. Anomalías en la T.

La Figura 7.3 muestra las anomalías proyectadas en la temperatura para el SRB1 en el periodo 2010 - 2039 por el Modelo ECHAM5/MPI-OM.

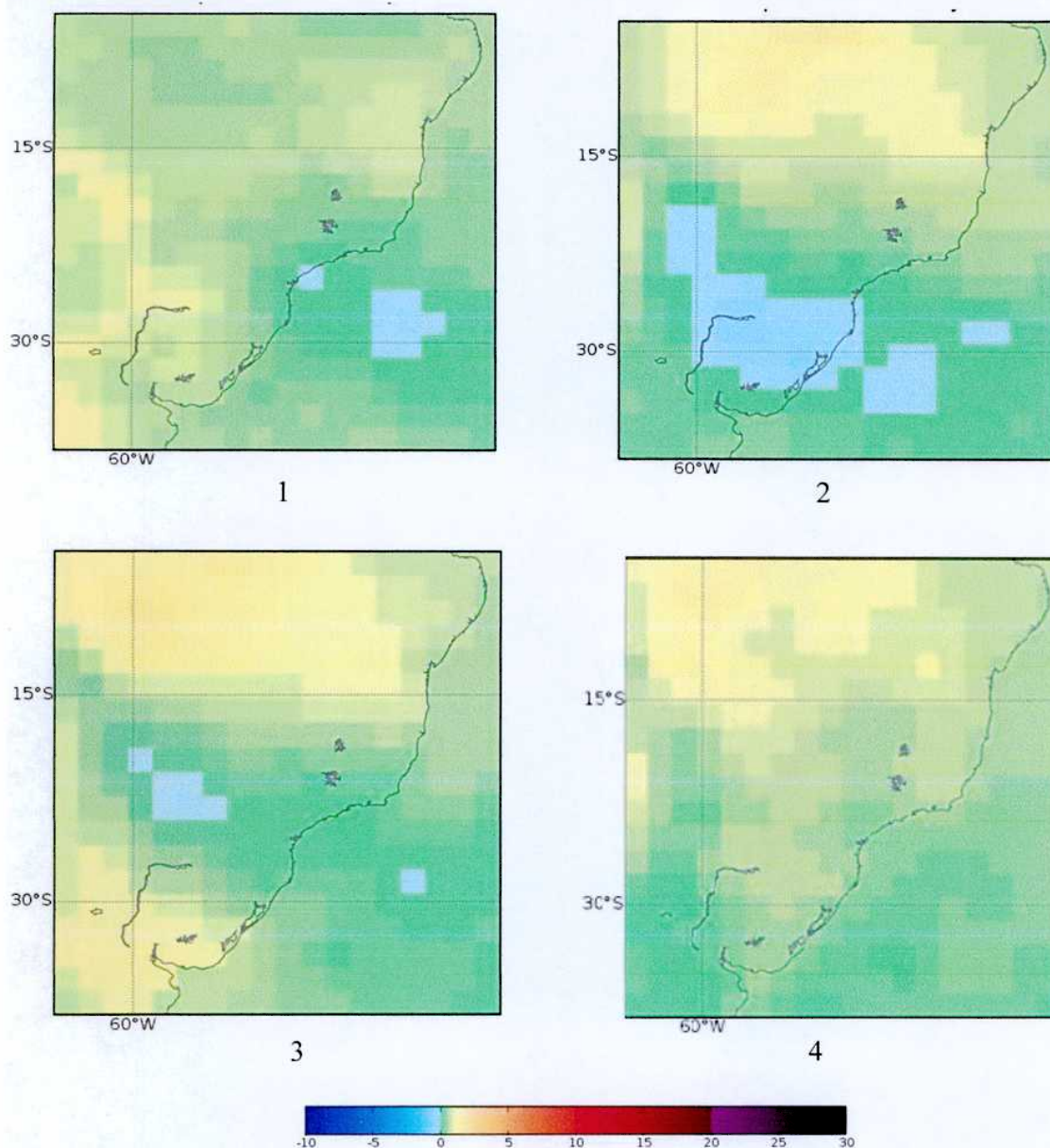


Figura 7.3. Anomalías de temperatura proyectada (°C). escenario SRB1. Modelo ECHAM5/MPI-OM para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Junio, .3) Julio, .4) Agosto.

PERIODO 2010 - 2039 Modelo ECHAM5/MPI-OM. Escenario A2. Anomalías en la T.

En la Figura 7.4 se muestra las anomalías proyectadas en la temperatura para el SRA2 en el periodo 2010 - 2039 por el Modelo ECHAM5/MPI-OM.

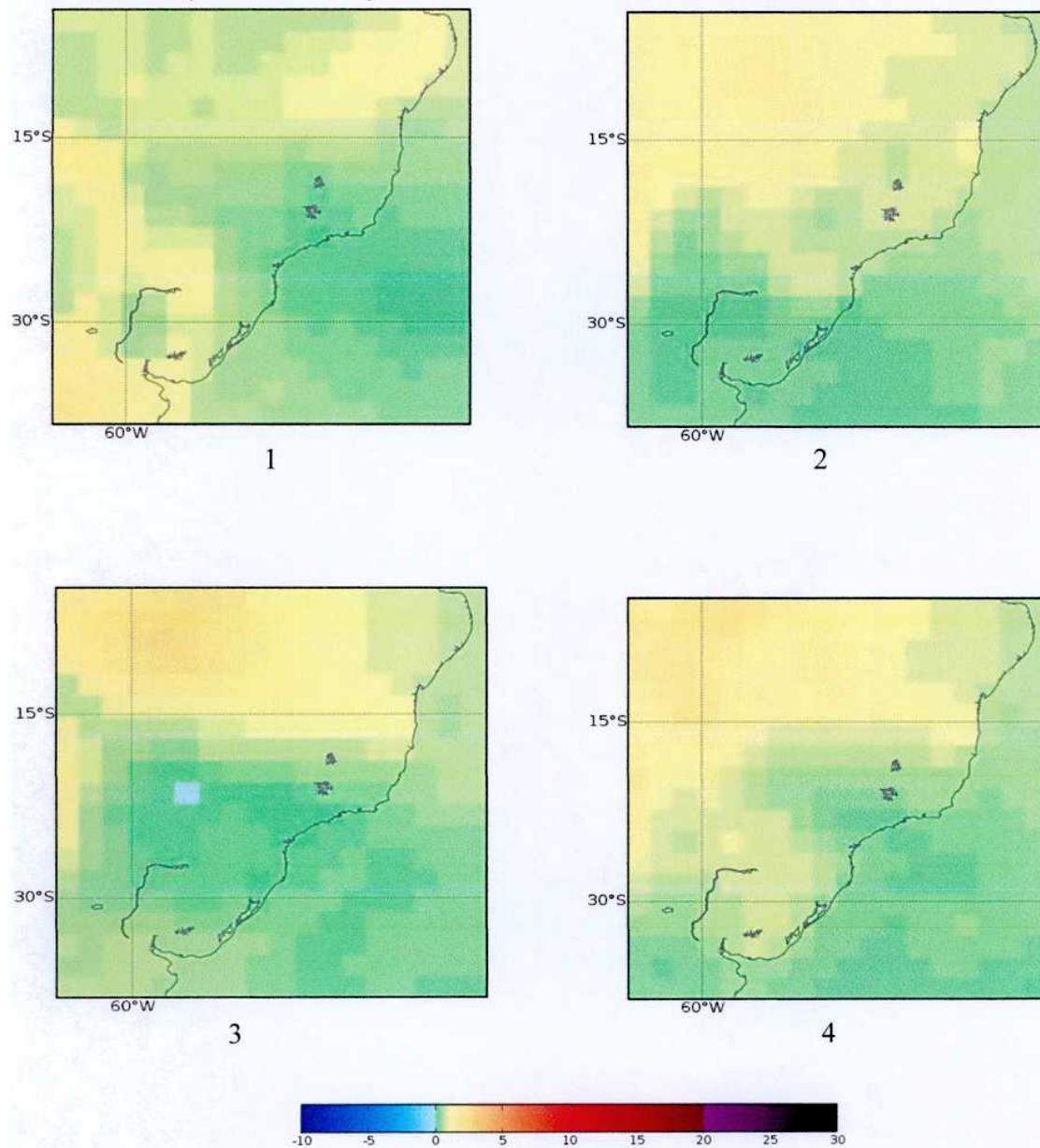


Figura 7.4. Anomalías de temperatura proyectada (°C). escenario SRA2. Modelo ECHAM5/MPI-OM para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Junio, .3) Julio, .4) Agosto.

PERIODO 2010 - 2039 En las Figuras 7.7 a 7.8 se muestran las anomalías proyectadas en la precipitación para el SRB1 y el SRA2 en el periodo 2010 - 2039 por el Modelo UKMO-HadCM3 para los meses de enero y julio.

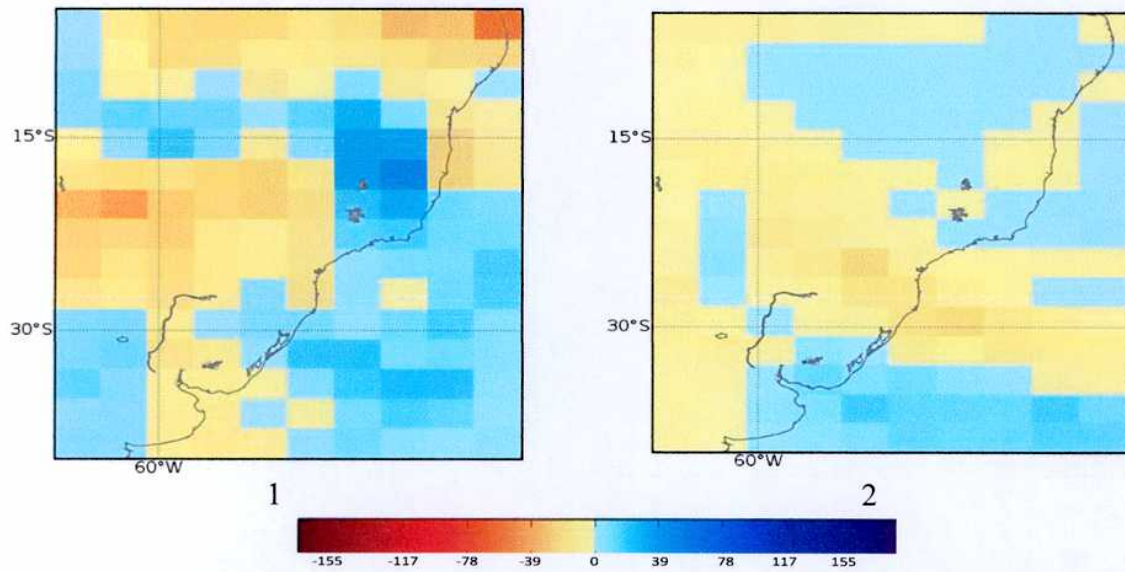


Figura 7.7. Anomalías de precipitación proyectada (mm). escenario SRB1. Modelo UKMO-HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Julio.

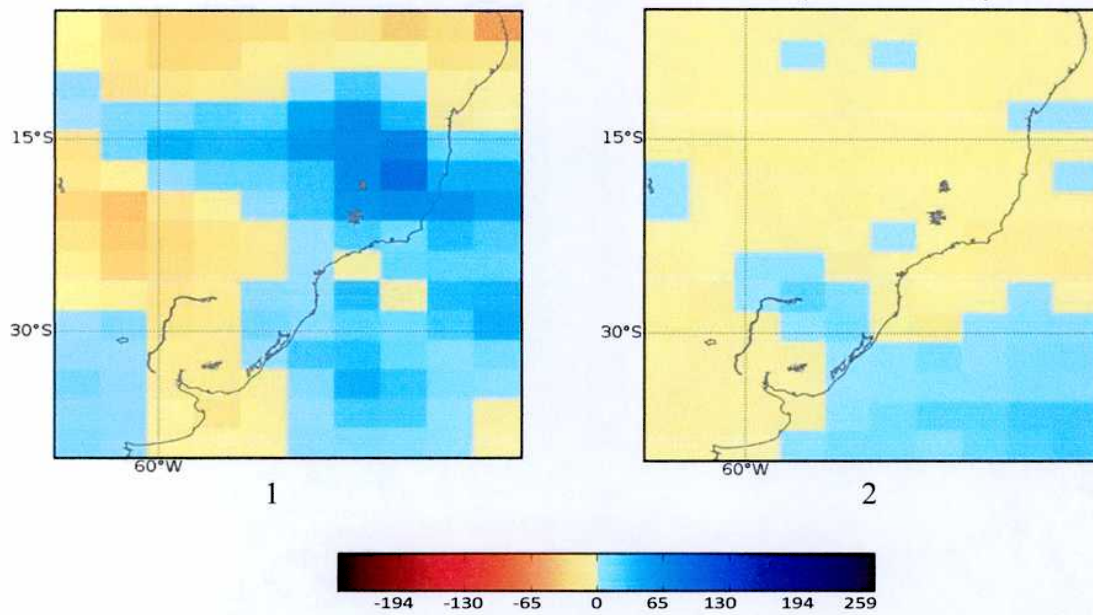


Figura 7.8. Anomalías de precipitación proyectada (mm). escenario SRA2. Modelo UKMO-HadCM3 para el periodo 2010 - 2039. para .1) enero, .2) Julio.

ANÁLISIS DE LAS PROYECCIONES ESTIMADAS EN LAS ANOMALÍAS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA CADA REGIÓN

Los campos obtenidos si bien son contundentes en una señal de tendencias positivas de la temperatura no resulta una señal homogénea a lo largo de los distintos meses ni su magnitud es la misma en una región tan amplia. Las precipitaciones también tienen características similares, es por ello que se realizara el análisis individual de cada región.

Región 1

Teniendo en cuenta los dos modelos y los dos escenarios elegidos se estima que para la región 1 el aumento promedio de la temperatura media anual variaría entre 0,93 y 1,45 °C en el periodo 2010 - 2039. Si se comparan los meses de diciembre, enero y febrero con los de junio, julio y agosto, se observa que el mayor aumento proyectado es para los primeros tres. Por otro lado como se ve en la Figura 7.9, los dos modelos presentan para el invierno aumentos similares que van desde 0,5 a 0,9 °C, mientras que para verano muestran mayor dispersión entre los mismos desde un aumento nulo a 2 °C.

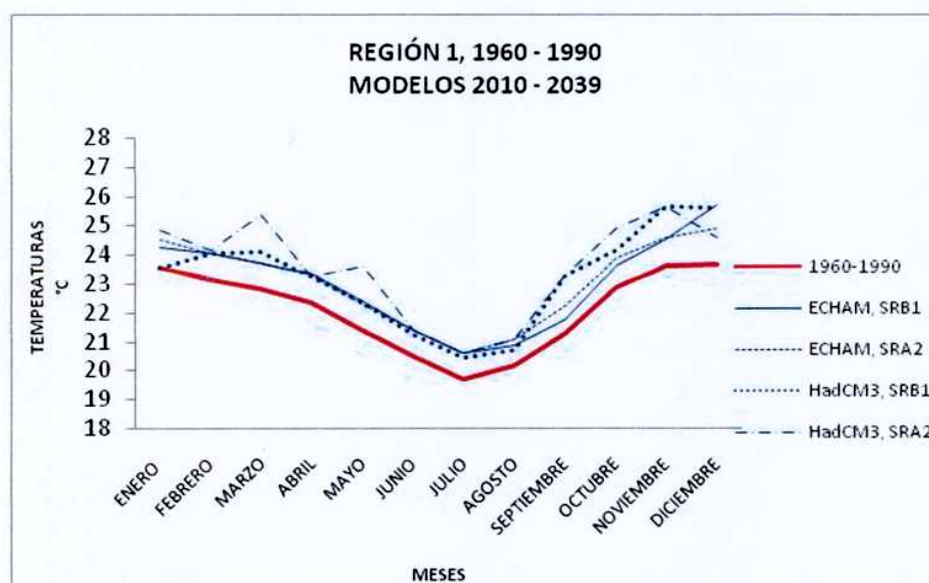


Figura 7. 9. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 1. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a la proyección para la precipitación, el SRB1 prevé un aumento de las precipitaciones anuales en aproximadamente 0,43 mm, mientras que para el SRA2 estima una disminución en 18,36 mm. Los mayores descensos se estiman para primavera y otoño (Tabla 7.1).

mm por mes	REGIÓN 1	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	12,96	-44,06	-44,06	12,96	12,96	18,14	18,14	18,14	12,96	-12,96	-18,14	18,14
SRA2	UKMO-HadCM3	32,40	-32,40	-51,84	-51,84	-12,96	-12,96	-12,96	-12,96	25,92	-25,92	-32,40	-32,40

Tabla 7.1. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 1 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Teniendo en cuenta la actual temperatura, las tendencias observadas, las proyecciones de la misma y la relación con el desarrollo de la enfermedad en la zona, se observa que mientras la tendencia en la temperatura fue creciente y mayor el aumento para el invierno que para el verano, las proyecciones futuras estiman la relación inversa. Dado que esta región es de alta endemia, no es de esperar una variación en la prevalencia por las características térmicas estimadas. Por otro lado el mayor aumento proyectado que se extrae de los modelos y escenarios considerados es de aproximadamente 2 °C para la temperatura media de verano, si consideramos que la actual es de 23,53 °C para dicha estación (Capítulo 5), el aumento no afectaría el desarrollo del molusco.

Si se consideran las proyecciones para la precipitación, se observa que para la estación más seca, la que abarca junio, julio y agosto (Capítulo 5), se plantean dos estimaciones diferentes acordes a los dos escenarios analizados. Por lo tanto en caso de preverse un aumento la distribución de la enfermedad podría llegar a expandirse en áreas actualmente secas, pero si se considera el escenario que prevé disminución de las precipitaciones, se podría pensar que por el contrario, no sólo se intensificaría la falta de aéreas húmedas donde ya lo son, sino que podrían ampliarse dichas áreas, de manera tal que podrían disminuir la zona endémica de la región.

La otra estación a tener en cuenta es el verano, que si bien es la más lluviosa, en el caso de un aumento de la temperatura con el correspondiente aumento de evaporación y la proyectada disminución de precipitaciones, podría presentar un aumento de zonas con menores espacios húmedos para el desarrollo del caracol.

Región 2

El aumento proyectado en la temperatura media anual es de entre 0,88 y 1,43 °C, estimándose mayor incremento para el invierno que para el verano, dando para el primero proyecciones similares en ambos modelos (Figura 7.10)

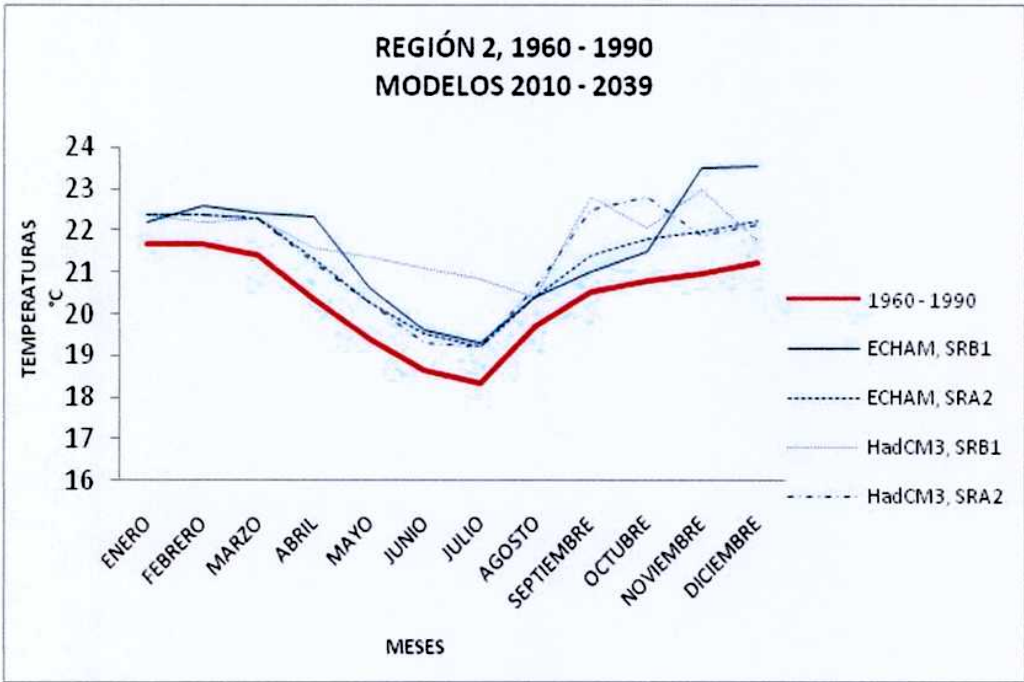


Figura 7. 10. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 2. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones se estima un aumento anual con valores muy diferentes entre ambos escenarios, siendo menores las diferencias para el invierno y para el verano. Para el invierno se proyecta una disminución de las precipitaciones y para el verano un aumento de las mismas (Tabla 7.2).

mm por mes	REGIÓN 2	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	44,06	-12,96	-38,88	-18,14	-12,96	-12,96	-12,96	-18,14	-12,96	38,88	38,88	25,92
SRA2	UKMO-HadCM3	69,98	-32,40	25,92	25,92	25,92	-12,96	-12,96	-12,96	32,40	25,92	51,84	25,92

Tabla 7.2. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 2 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadeM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Dado que se prevé mayor aumento de temperatura y menor de precipitación para el invierno, estación más seca (Capítulo 5), se podría pensar que si bien térmicamente no se afectaría el desarrollo de la enfermedad, sí podrían variar el tamaño y localización de zonas húmedas modificando de una u otra manera la prevalencia de la esquistosomiasis en la región.

Región 3

Para esta región se estima un aumento en la temperatura anual de 0,78 a 1,55 °C para el periodo considerado. Se proyecta mayor aumento para el invierno que para el verano. Como puede observarse en la Figura 7.11, los dos modelos en general son coincidentes en la marcha anual con ciertas particularidades, tal como mayor aumento el Modelo HadcM3 en el escenario SRB1. Por otro lado el modelo HadCM3, en el SRB1, proyecta una marcha anual sensiblemente superior a las otras tres marchas observadas.

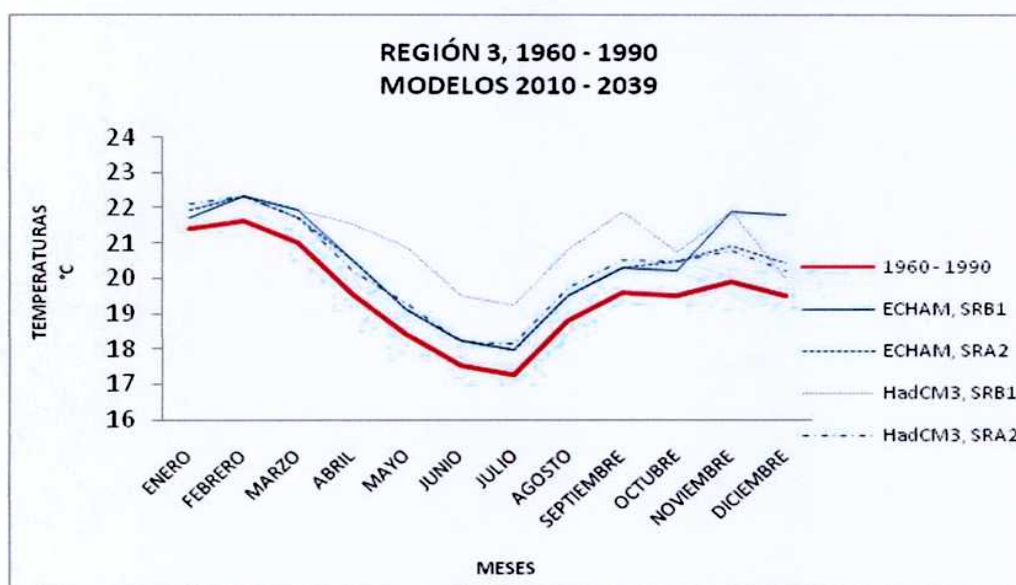


Figura 7.11. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 3. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En las precipitaciones anuales se estima un aumento, siendo de aproximadamente 54,43 mm el aumento para el SRB1 y de 142,56 mm para el SRA2 (Tabla 7.3). En cuanto a las precipitaciones estacionales se proyecta una disminución tanto para verano como para invierno, estimándose para la primera una menor descenso.

mm por mes	REGIÓN 3	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	38,88	-44,06	25,92	12,96	-18,14	-12,96	18,14	-18,14	12,96	25,92	38,88	-25,92
SRA2	UKMO-HadCM3	51,84	-51,84	32,40	25,92	25,92	-12,96	-32,40	-12,96	51,84	32,40	51,84	-19,44

Tabla 7.3. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 3 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Esta región presenta la misma características que las dos anteriores, en cuanto a la relación temperatura – evaporación – precipitación, dado que se prevé un aumento de temperatura y una disminución de la precipitación, por lo que dependiendo del grado de evaporación se podrían modificar los espacios húmedos y por lo tanto la distribución de la enfermedad.

Región 4

Se estiman aumentos para la temperatura media anual que van desde 0,91 a 1,83 °C. Asimismo se proyectan incrementos de la temperatura media para el verano y para el invierno, dando valores en general mayores para esta última estación.

Como puede observarse en la Figura 7.12, ambos modelos son coincidentes en la forma del aumento de la curva aunque se diferencian en la magnitud del incremento. El modelo HadCM3 prevé un mayor calentamiento que el ECHAM para invierno y primavera.

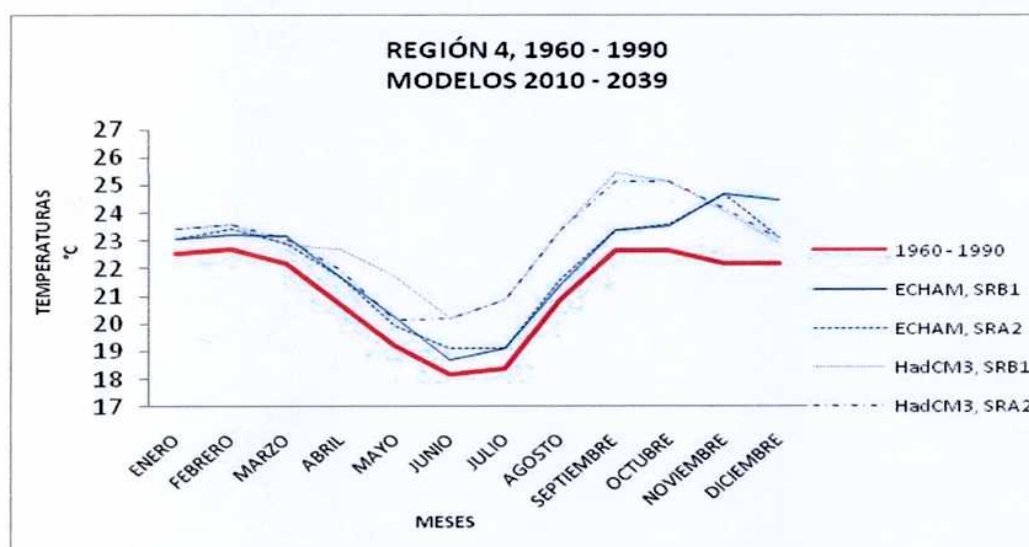


Figura 7.12. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 4. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones se estima un incremento anual de las mismas, pero con una disminución para el verano y para el invierno. Asimismo se proyecta que la precipitación disminuiría mas en verano (-112,75 mm) que en invierno (-6,48 mm) para el periodo considerado (Tabla 7.4).

mm por mes	REGIÓN 4	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-18,14	-44,06	38,88	-12,96	-12,96	18,14	12,96	-18,14	12,96	25,92	38,88	-18,14
SRA2	UKMO-HadCM3	51,84	-51,84	32,40	25,92	25,92	-12,96	25,92	-32,40	51,84	32,40	51,84	-32,40

Tabla 7.4. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 4 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadcM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Nuevamente dado que se prevé un aumento de temperatura, con el consecuente aumento de evaporación y una disminución de la precipitación para verano e invierno, mes más seco (Capítulo 5), la cantidad y tamaño de los espacios húmedos va a estar ligada a la relación temperatura – evaporación – precipitación.

Región 5

Teniendo en cuenta los dos modelos y los dos escenarios elegidos se estima que para la región 5 el aumento promedio de la temperatura media anual variaría entre 0,6 y 1,39 °C, en el periodo 2010 - 2039.

Como se observa en la Figura 7.13, los modelos son coincidentes a lo largo de los distintos meses dando en general aumentos, pero presentan características individuales tales como las observadas para el mes de junio por el modelo ECHAM, SRB1. El modelo HadcM3 proyecta mayores aumentos que el ECHAM5 y prevé que la temperatura aumentaría más en invierno, mientras que el ECHAM5 estima que el mayor aumento sería para primavera y otoño.

Por otro lado no se estima que la temperatura media mensual máxima proyectada supere los 22°C.

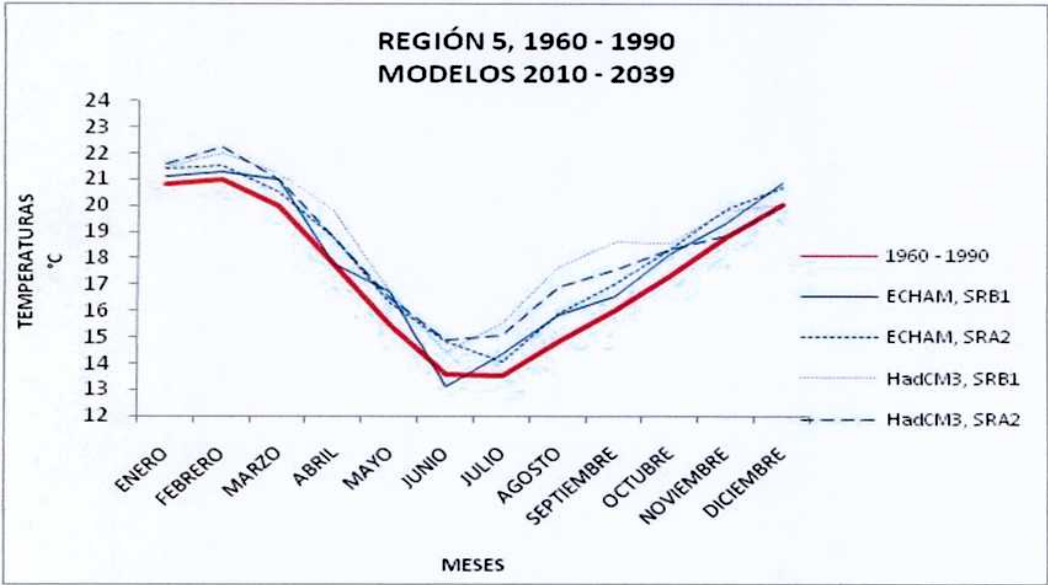


Figura 7.13. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 5. Comparación del periodo de referencia 1960 - 1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones el SRB1 prevé una disminución de las precipitaciones anuales en aproximadamente 25,92 mm, mientras que para el SRA2 estima la disminución en de la precipitación en 50,54 mm. Si se analizan las variaciones estacionales, se proyecta disminución de las lluvias para el invierno, presentando el SRB1 mayores descensos. En tanto que para el otoño el SRB1 prevé un aumento de las lluvias mientras que el SRA2 una disminución (Tabla 7.5).

mm por mes	REGIÓN 5	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-25,92	-12,96	12,96	12,96	-19,44	25,92	-19,44	-19,44	-12,96	19,44	25,92	-12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	12,96	-38,88	-12,96	-32,40	-25,92	-12,96	-18,14	25,92	-12,96	51,84	25,92	-12,96

Tabla 7.5. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 5 en el periodo 2010 – 2039. Modelo HadcM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Si se relaciona el aumento de temperatura media con la enfermedad, se puede pensar que a pesar de que la diferencia entre la curva de referencia, año 1960 - 1990, y las curvas proyectadas por los modelos no presentan una gran variación a lo largo del año, dado que es menor el aumento proyectado para el verano es de esperar inviernos menos marcados en el periodo considerado, con lo que la región ; actualmente de baja endemia; tendería a tener temperaturas más cercanas a las regiones de alta endemia. Esta estimación en el

aumento de temperatura disminuiría las limitantes térmicas inferiores que favoreciendo el desarrollo del parásito, pero además aumentaría el crecimiento del caracol.

Teniendo en cuenta también a las precipitaciones, se podría esperar una disminución de los espacios húmedos en la región, los que permiten el desarrollo del caracol, dado que se proyecta un aumento de la temperatura para invierno y una disminución de la precipitación en dicha estación, la cual es actualmente la estación menos lluviosa. De todos modos se puede pensar que si bien podrían llegar a existir menos y más chicos espejos de agua en el periodo 2010 - 2039, el hecho de que aumente la temperatura en invierno para dicho periodo, favorecería el desarrollo de la enfermedad por mayor crecimiento de individuos, mayor densidad de moluscos y mayor contacto humano con el agua.

Región 6

Las proyecciones para esta región señalan aumento de la temperatura tanto anual como mensual. El aumento de la temperatura media anual proyectado para el periodo 2010 - 2039, varía según el modelo y el escenario, entre 0,61 y 1,04 °C, presentando el modelo HadCM3 los mayores aumentos en ambos escenarios. En líneas generales los dos modelos estiman un menor aumento para los meses de verano por lo que al igual que en el caso anterior es de esperar que los inviernos sean menos marcados (Figura 7.14).

Por otro lado no se estima que las temperaturas medias máximas proyectadas superen los 26 °C.

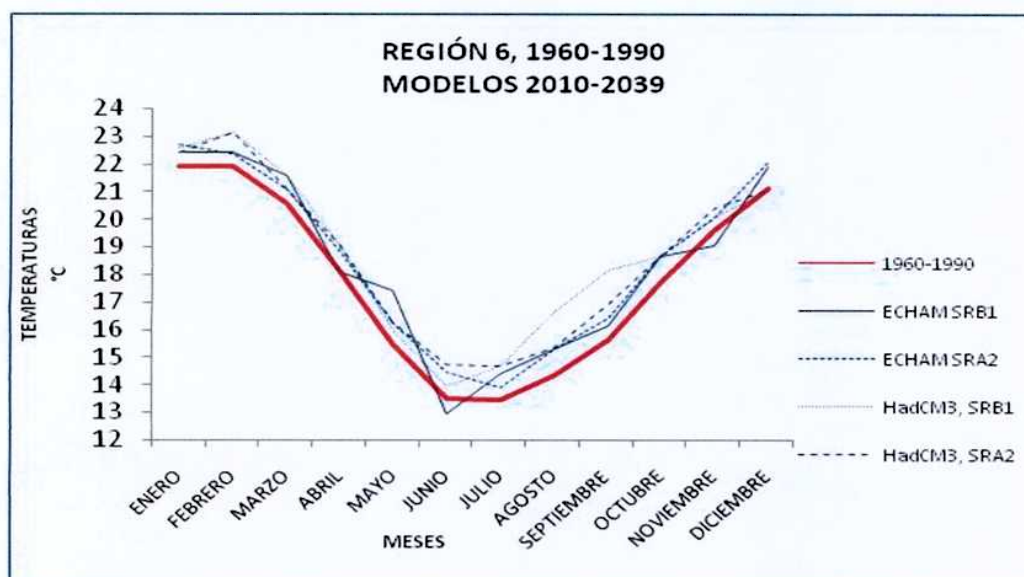


Figura 7.14. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 6. Comparación del periodo de referencia 1960 - 1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones se prevé que aumentarán para el periodo 2010 - 2039 entre 95,90 mm considerando el SRB1 y 111,46 mm para el SRA2, siendo los máximos proyectados para los meses de primavera y los mínimos para mayo y junio, siguiéndole diciembre y abril (Tabla 7.6).

mm. por mes	REGIÓN 6	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	19,44	19,44	25,92	12,96	-19,44	-12,96	-12,96	12,96	31,10	19,44	-12,96	12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	32,40	25,92	12,96	-32,40	-32,40	-25,92	32,40	32,40	25,92	46,66	25,92	-32,40

Tabla 7.6. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 6 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Dado que en esta región se proyecta aumento de la precipitación y mayor aumento de la temperatura en invierno que en verano, es de esperar que bajen los limitantes térmicos inferiores, asimismo los inviernos serían menos marcados y la marcha de temperaturas mensuales se estaría semejando a la de las regiones de alta endemia, de modo que se vería favorecido un mayor desarrollo de la enfermedad y el consecuente aumento de la prevalencia de esquistosomiasis en la región.

Región 7

Ambos modelos prevén un aumento anual de la temperatura que se estima variaría entre 1,15 y 1,66 °C para el periodo considerado. También se proyectan aumentos de las temperaturas medias mensuales, variando de modelo a modelo y de escenario a escenario, de manera tal que para el ECHAM en el SRB1 los máximos aumentos se darían en marzo y mayo y en el escenario SRA2 en primavera y diciembre, mientras que para el HadCM3 se observa en el escenario SRB1 que el mayor aumento se daría en los meses de mayo, julio, agosto, septiembre, y octubre mientras que en el escenario SRA2 en enero y abril. La máxima temperatura media estimada no superaría los 26,42 °C.

En el Figura 7.15 se visualizan las marchas de temperaturas anuales proyectadas.

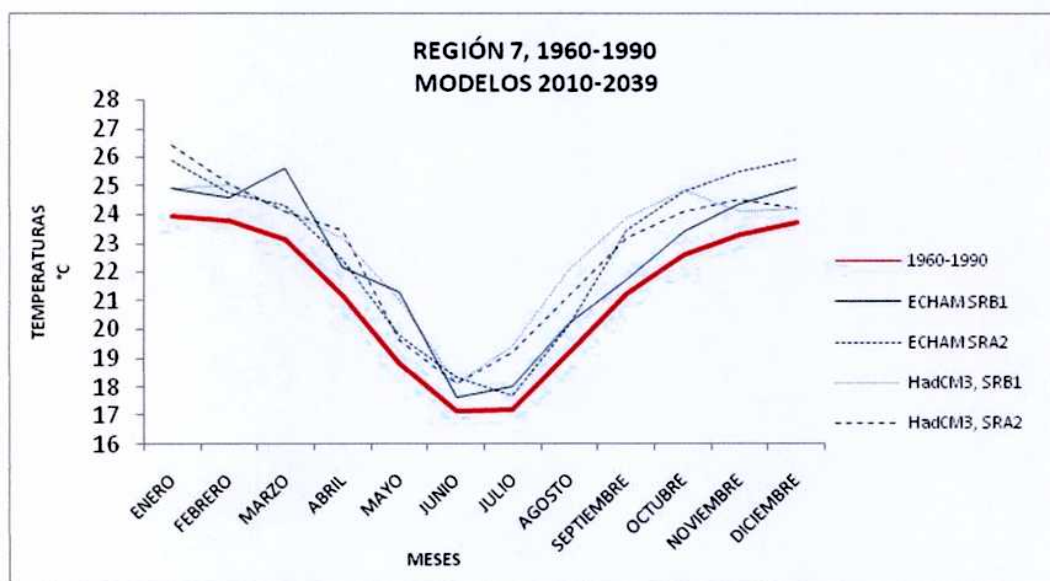


Figura 7.15. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 7. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Para las precipitaciones anuales se estiman aumentos en el SRB1 en aproximadamente 162 mm, mientras que para el SRA2 disminuciones en 11,66 mm. En tanto ambos escenarios estiman disminución de las lluvias para el otoño y aumento en primavera (Tabla 7.7).

mm por mes	REGIÓN 7	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	12,96	25,92	25,92	-19,44	-19,44	25,92	25,92	-19,44	19,44	32,40	38,88	12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	-18,14	25,92	-32,40	25,92	-32,40	-32,40	-12,96	77,76	25,92	-32,40

Tabla 7.7. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 7 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Es de esperar una disminución de los límites térmicos inferiores, dado el aumento previsto de temperaturas, especialmente para invierno, por lo tanto las condiciones térmicas futuras serían más favorables para el desarrollo de la esquistosomiasis en la región.

Por otro lado, la relación entre la temperatura y la precipitación variará en función al escenario que se presente en el futuro y también la posibilidad de inserción y desarrollo de la enfermedad ligado a estas dos variables.

Región 8

El aumento de la temperatura media anual proyectado es de entre 1,10 y 1,55 ° C. Para las temperaturas medias mensuales también se estiman incrementos que variarían entre 0,5 y 2,6 °C.

Tal como se muestra en la Figura 7.16, si bien en líneas generales se proyectan aumentos en esta región, en particular se observan diferencias en la amplitud en función al escenario elegido. Los SRA2, en ambos modelos, mantienen una amplitud en general constantes durante toda la marcha, mientras que para los SRB1 la marcha de temperaturas medias mensuales es variable, sobre todo en el modelo ECHAM, donde se estima una disminución de 1°C para el mes de junio.

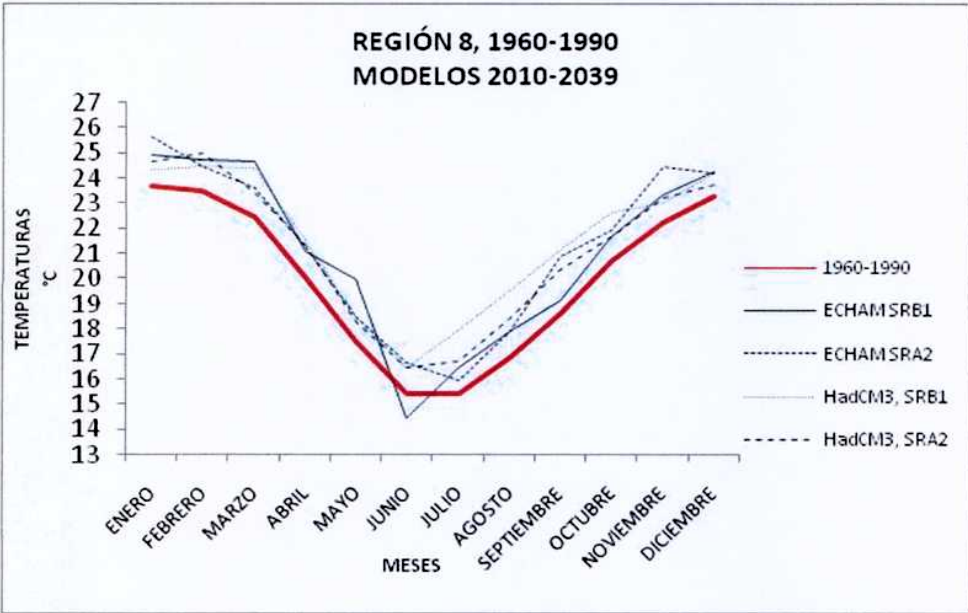


Figura 7.16. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 8. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Para las precipitaciones ambos escenarios proyectan aumentos anuales, estimándose de 25,92 mm para el SRB1 y de 36,29 mm para el SRA2, y consideran que el otoño sería la estación más seca y la primavera la más lluviosa (Tabla 7.8)

mm por mes	REGIÓN 8	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-12,96	19,44	12,96	-19,44	-38,88	-12,96	-12,96	12,96	19,44	25,92	19,44	12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	-12,96	-32,40	-32,40	-15,55	32,40	32,40	-12,96	64,80	32,40	-12,96

Tabla 7.8. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 8 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadcM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Al igual que la región 7 el aumento previsto de temperaturas, especialmente para invierno, disminuirían los límites térmicos inferiores, lo que proporcionaría condiciones térmicas favorables para el desarrollo de la esquistosomiasis. En tanto dado que no se prevén disminuciones en la precipitación para el invierno, estación más seca (Capítulo 5), no es debería esperarse que esta variable afecte o modifique condiciones existentes.

Región 9

Para esta región ambos modelos prevén un aumento de la temperatura media anual, estimando el Modelo ECHAM en el SRB1 un aumento de 0,91 °C y el SRA2 de 0,76 °C mientras que el HadCM3 proyecta un crecimiento de 1,47 °C para el SRB1 y de 1,34 °C para el SRA2. El modelo HadCM3 predice mayores aumentos que el ECHAM.

Se proyectan en general mayores incrementos para el verano que para el invierno, coincidiendo más las proyecciones de los dos modelos y escenarios para los meses de primavera y verano que para los de invierno y otoño (Figura 7.17).

Si bien ambos modelos estiman aumentos mensuales de la temperatura media, una particularidad observada es que mientras el modelo HadcM3 presenta una variación en general constante a lo largo de toda la marcha, el modelo ECHAM presenta bastantes fluctuaciones mes a mes en ambos escenarios.

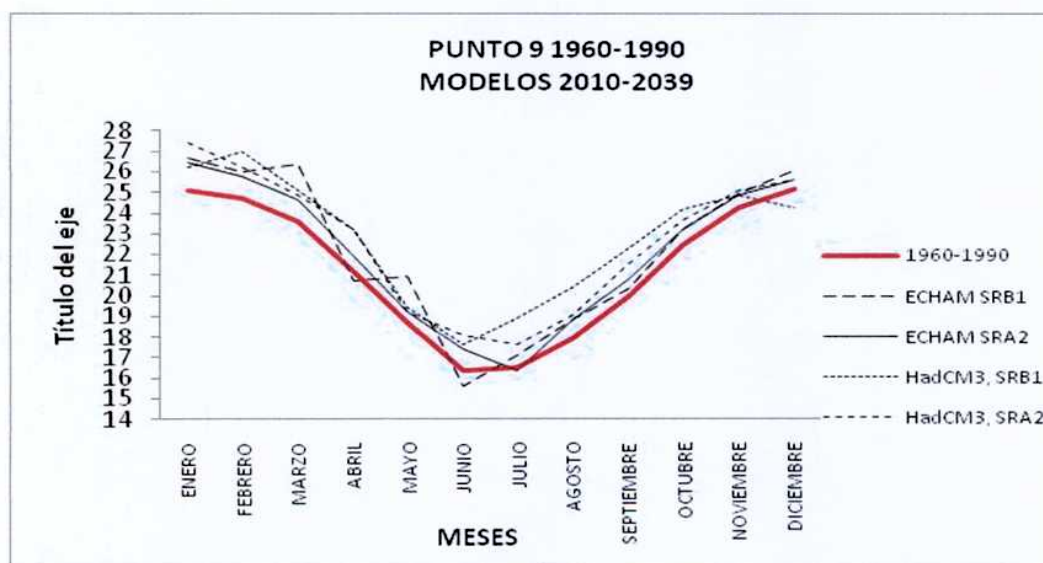


Figura 7.17. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 9. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones anuales ambos escenarios prevén un aumento de las mismas, siendo de 11,66 mm en el SRB1 y 129,60 mm en el SRA2, asimismo estiman que la precipitación disminuiría en invierno y aumentaría en primavera (Tabla 7.9).

mm por mes	REGIÓN 9	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-20,74	19,44	-12,96	25,92	-38,88	-31,10	-12,96	-12,96	19,44	32,40	25,92	18,14
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	19,44	25,92	-32,40	-38,88	25,92	-12,96	25,92	64,80	32,40	25,92

Tabla 7.9. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 9 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Considerando que la temperatura media en general aumentaría para el periodo 2010 - 2039, se debe pensar que las barreras térmicas para la inserción y desarrollo de la enfermedad debieran disminuir. Por otro lado se proyecta una disminución de las precipitaciones para invierno, estación menos lluviosa actualmente (Capítulo 5), pero dado que no se estima que las temperaturas aumenten demasiado en este periodo, se podría llegar a mantener la relación con la evaporación y por lo tanto la cantidad y tamaño de los espacios húmedos.

Región 10

El incremento de la temperatura media anual proyectada varía entre 0,67 y 1,25 °C.

En general los mayores aumentos de la temperatura media se prevén para el invierno y los menores para el otoño. Hay que tener en cuenta que si bien en su mayoría los modelos dan mayor aumento para el invierno, también se da una gran variación en función al escenario elegido para dicha estación. El modelo UKMO-HadCM3 proyecta mayores aumentos que el ECHAM, siendo el SRA2 de ese modelo el escenario que estima máximos incrementos en el invierno con valores de entre 1,25 y 1,50 °C, mientras que el ECHAM, SRA2 estima aumentos de entre 0,20 a 0,80 °C. Tal como se ilustra en la Figura 7.18 la mayor coincidencia entre los modelos se da para los meses de marzo, octubre, noviembre y diciembre.

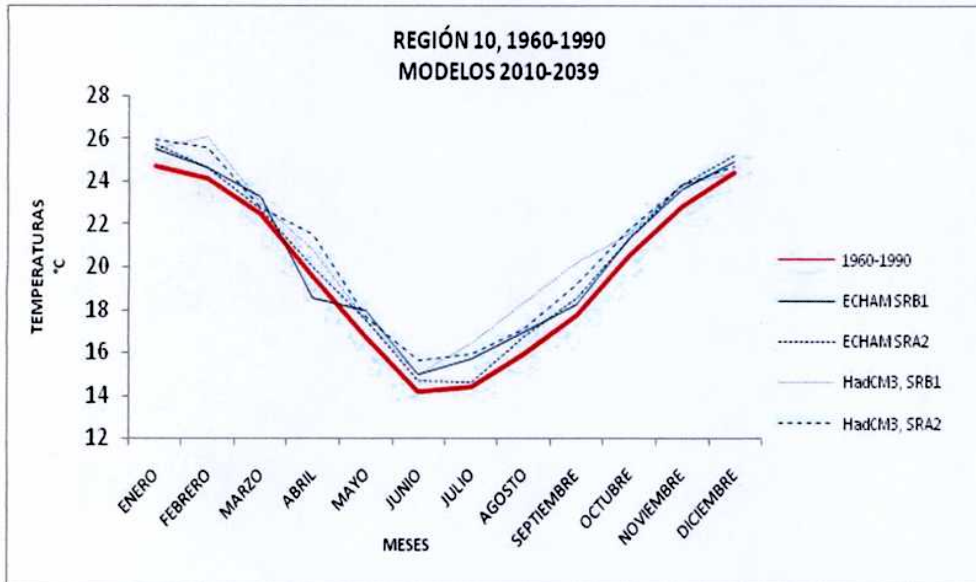


Figura 7.18. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 10. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

En cuanto a las precipitaciones, se prevé un aumento anual de las mismas en ambos escenarios, aproximadamente de 37,58 mm para el SRB1 y de 110,16 mm para el SRA2. Para las precipitaciones estacionales se proyectan aumentos para el verano, el otoño y la primavera en ambos escenarios. Para invierno el SRB1 estima que las lluvias disminuirán mientras que el SRA2 que aumentarán (Tabla 7.10).

mm por mes	REGIÓN 10	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	12,96	19,44	12,96	12,96	-19,44	-25,92	-12,96	12,96	31,10	25,92	-12,96	-19,44
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	12,96	25,92	-38,88	-38,88	25,92	25,92	-12,96	51,84	32,40	32,40

Tabla 7.10. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 10 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

El hecho de que se proyecten aumentos para todo el año y en especial para el invierno, disminuirían los límites térmicos inferiores y proporcionaría condiciones térmicas favorables para el desarrollo de la esquistosomiasis. Por otro lado dado que se estiman aumentos de las precipitaciones, no debería esperarse que la evaporación resultante por el aumento de temperatura modifique la cantidad de espacios húmedos.

Región 11

Los dos modelos proyectan aumentos anuales y como puede observarse en la Figura 7.19, en general los incrementos estimados son constantes a través de la marcha anual, presentando las mayores variaciones en los escenarios B1 de cada modelo. Por otro lado para los meses de noviembre y diciembre se observan las menores diferencias entre los dos modelos.

El menor incremento proyectado para la temperatura media anual esta dado por el Modelo ECHAM, SRA2, con un valor de 0,55 °C, y el mayor incremento lo proyecta el UKMO-HadCM3, SRA2, con un valor de 1,22 °C. Ambos modelos proyectan para el invierno los máximos aumentos de temperaturas medias, estimándose la mínima en 0,50 °C y la máxima en 2,30 °C.

Se estima que las temperaturas medias mensuales no alcanzarían los 30 °C en el periodo 2010 - 2039.

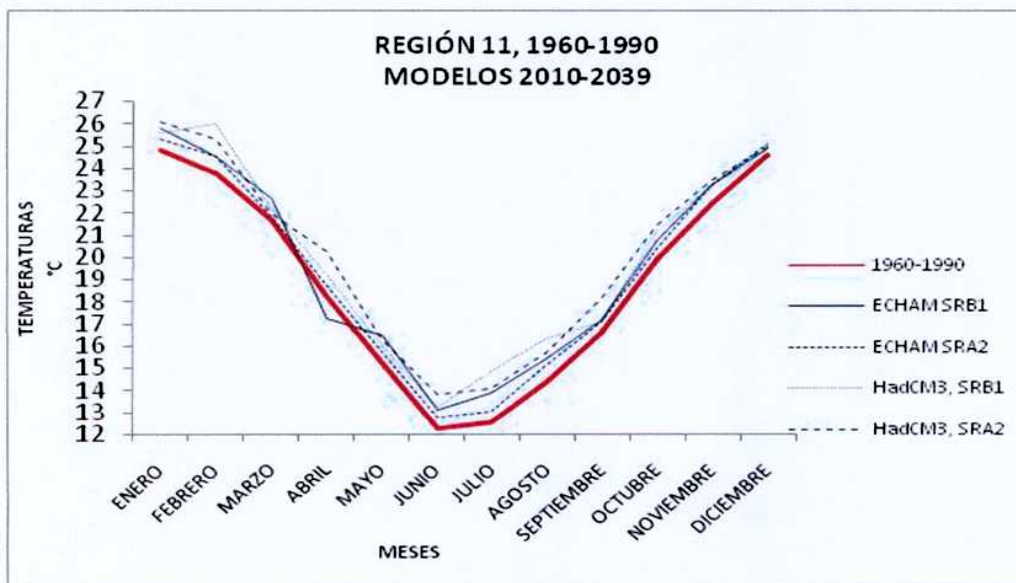


Figura 7.19. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 11. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Para las precipitaciones anuales se observa que el SRB1 proyecta aumentos del 45,36 mm, mientras que el otro escenario, el SRA2, disminución de las mismas en 46,66 mm.

Ambos escenarios coinciden en que las lluvias aumentarían en otoño y verano mientras que disminuirían en invierno (Tabla 7.11).

mm por mes	REGIÓN 11	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-12,96	12,96	19,44	25,92	-19,44	-19,44	12,96	-12,96	12,96	25,92	-19,44	19,44
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	19,44	25,92	-32,40	-38,88	-25,92	-12,96	-20,74	25,92	-12,96	32,40

Tabla 7.11. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 11 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Dado que se proyectan aumentos de la temperatura anual y en especial de la de invierno, es de esperar una disminución de las barreras térmicas, por lo que favorecería la instalación de la enfermedad en la región.

Si tenemos en cuenta a las precipitaciones, se estima que para el invierno disminuirían, y a pesar de que es la estación menos lluviosa, dadas las temperaturas actuales en la región (Capítulo 5) y los aumentos proyectados, no es de esperar que la evaporación modifique sustancialmente la existencia de espacios húmedos en esta temporada. Si se considera el verano, si bien se proyecta aumento de la temperatura, también se estima un incremento de la precipitación por lo que tampoco debería esperarse grandes modificaciones en la cantidad de charcos de agua en esta estación.

Región 12

Se proyecta un aumento de la temperatura media anual de entre 0,72 a 1,08 °C, siendo el modelo UKMO-HadCM3 el que estima el mayor aumento en el escenario SRA2. En general ambos modelos proyectan aumentos mensuales, dándose las menores variaciones entre ambos para los meses de octubre a diciembre. El único valor descendente es el que corresponde al mes de abril para el SRB1 del modelo ECHAM (Figura 7.20).

Si se analizan las estaciones, el verano es la estación que sufriría los mayores aumentos de temperatura media, pero la misma no superaría los 25,88 °C. En cuanto a los meses de invierno se estiman incrementos que estarían entre 0,5 y 1,25 °C.

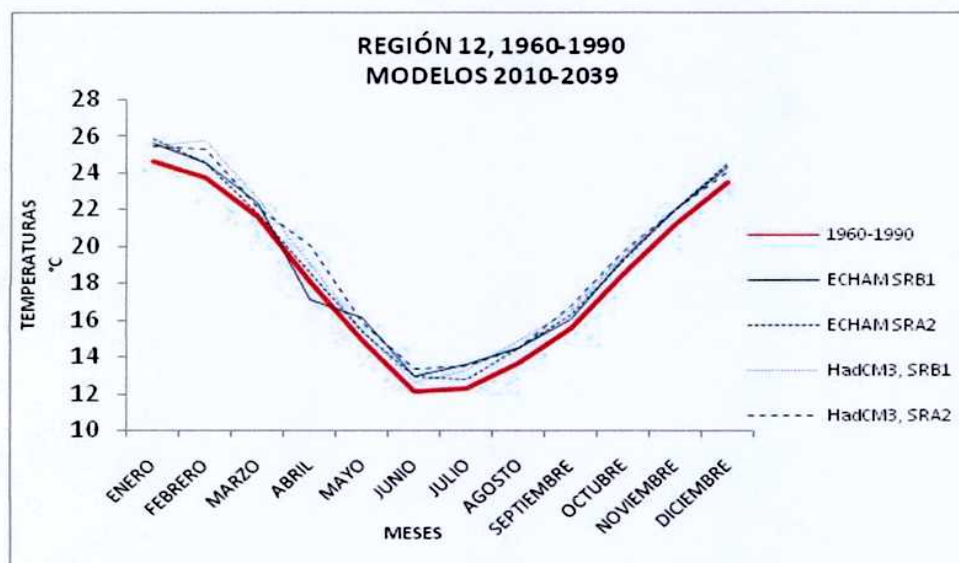


Figura 7.20. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 12. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Para las precipitaciones anuales se observa que hay variación de escenario a escenario, de manera tal que el SRB1 prevé un aumento de las lluvias en 66,10 mm y el SRA2 una disminución de 106,27 mm.

Asimismo las proyecciones estacionales también varían ampliamente, exceptuando para la primavera, en que ambos escenarios prevén una disminución en las lluvias. En el resto de las estaciones el SRB1 estima un aumento de las precipitaciones, mientras que el SRA2 una disminución de las mismas (Tabal 7.12).

mm por mes	REGIÓN 12	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-20,74	19,44	19,44	25,92	15,55	-19,44	19,44	12,96	12,96	-19,44	-12,96	12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	38,88	-12,96	25,92	-32,40	-38,88	-25,92	-12,96	25,92	-15,55	-12,96	-12,96

Tabla 7.12. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 12 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadcM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

El aumento proyectado podría disminuir en parte la barrera térmica inferior, favoreciendo a la instalación de la enfermedad. También hay que tener en cuenta que la temperatura de verano no se espera subirá tanto como para afectar el desarrollo del caracol. Por otro lado a pesar que para la precipitación existen diferencias dependiendo del escenario elegido, dada

las condiciones térmicas actuales (Capítulo 5) y las proyecciones estimadas, no es de esperar que la evaporación afecte los espacios húmedos.

Región 13

Ambos modelos proyectan aumentos de la temperatura media anual y mensual, estimando el modelo UKMO-HadCM3 mayor aumento de la temperatura media anual que el modelo ECHAM. El primero estima un incremento promedio de 1 °C para el SRB1 y de 1,28 °C para el SRA2 mientras que en el segundo los datos a futuro son 0,61 °C para el SRB1 y 0,53 °C para el SRA2. El valor máximo de temperatura media proyectada sería 25,64 °C.

Ambos modelos proyectan aumentos para todas las estaciones del año, dándose el menor incremento en el otoño.

En la Figura 7.21, se ilustra la variación entre el periodo de referencia y las proyecciones de los modelos y puede observarse que el mes de marzo es el que presenta menores diferencias.

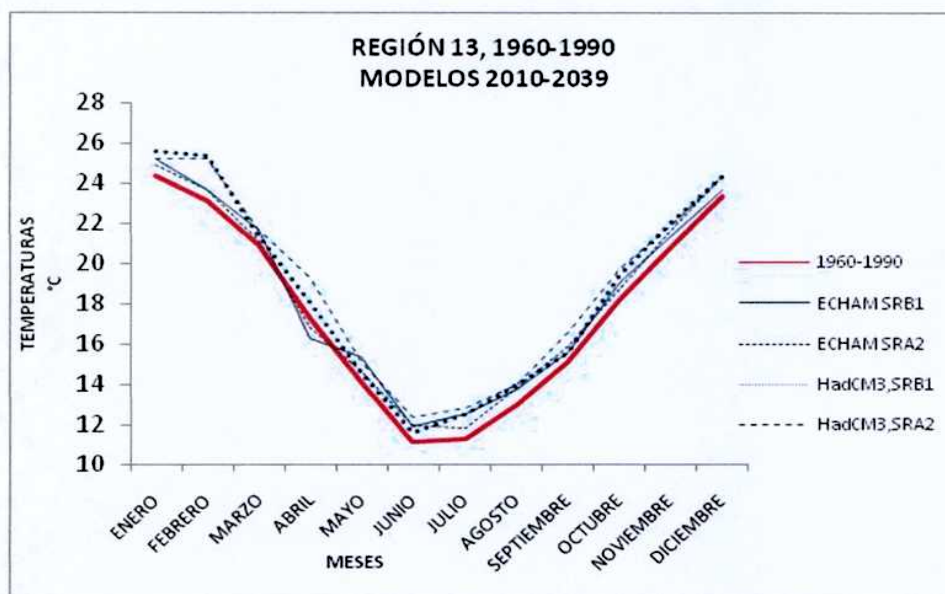


Figura 7. 21. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 13. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Las precipitaciones anuales tienen proyecciones diferentes en función al escenario elegido. El SRB1 estima un aumento del 34,99 mm y el SRA2 una disminución de 165,89 mm.

Analizando las estaciones, ambos escenarios coinciden en el aumento de las lluvias en verano y la disminución en invierno. Pero para otoño y primavera el SRB1 prevé aumentos mientras que el SRA2 disminución de las mismas (Tabla 7. 13).

mm por mes	REGIÓN 13	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-25,92	19,44	19,44	19,44	15,55	-12,96	-12,96	-12,96	12,96	19,44	-25,92	19,44
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	25,92	-12,96	-25,92	-12,96	-25,92	-25,92	-12,96	-20,74	-15,55	-32,40	25,92

Tabla 7. 13. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 13 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Al igual que en la región 12, el aumento proyectado podría disminuir en parte la barrera térmica inferior, favoreciendo la instalación de la enfermedad.

Si bien las precipitaciones para invierno se reducirían, dado las actuales temperaturas de la región (Capítulo 5) y las temperaturas medias proyectadas, no es de esperar que la evaporación afecte el tamaño y cantidad de charcos existentes.

Región 14

Ambos modelos proyectan aumentos para la temperatura media anual y para la mayoría de las mensuales. El modelo ECHAM estima un aumento de 0,52 °C en el SRB1 y de 0,80 °C en el SRA2, mientras que el modelo UKMO-HadCM3, estima para el SRB1 1 °C y para el SRA2 1,19 °C.

Se puede observar en la Figura 7.22, que las proyecciones para los meses de junio, julio y agosto son casi coincidentes entre los dos modelos y entre los escenarios, estimándose que el aumento variaría entre 0,8 a 1,25°C considerando los tres meses de invierno. Por otro lado ambos modelos proyectan el mayor aumento en verano, el que no superaría el valor de 26,07 °C.

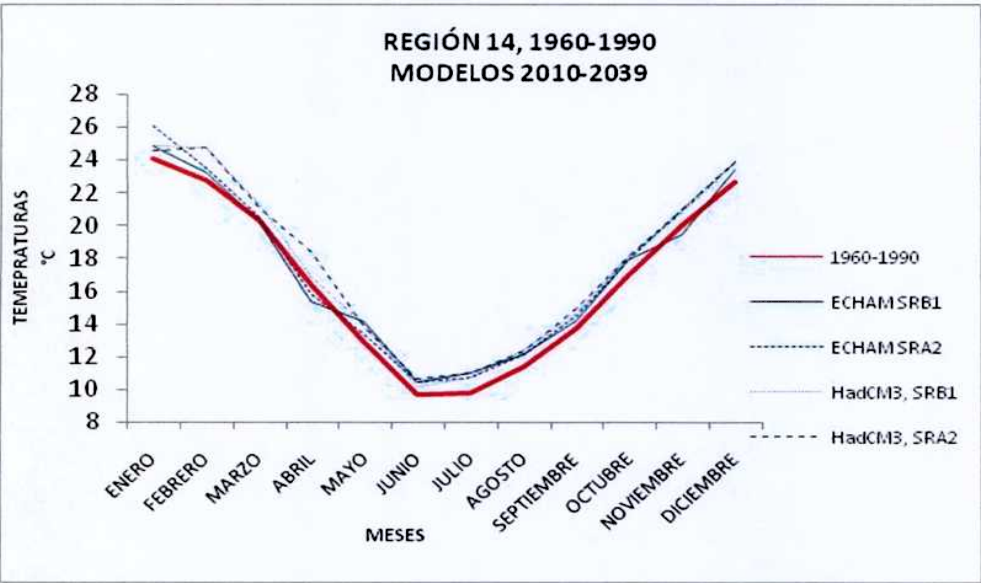


Figura 7.22. Variación de la temperatura (°C) en función de los meses del año, región 14. Comparación del periodo de referencia 1960 -1990 (rojo), con respecto a las proyecciones para el periodo 2010 - 2039 (azul).

Las proyecciones sobre las precipitaciones anuales varían en función del escenario, el SRB1 prevé un aumento de 64,80 mm, mientras el SRA2 una disminución de 139,97 mm. En tanto ambos escenarios estiman que las lluvias van a disminuir en los meses de verano (Tabla 7.14).

mm por mes	REGIÓN 14	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
SRB1	UKMO-HadCM3	-12,96	19,44	12,96	25,92	12,96	-12,96	12,96	12,96	12,96	-19,44	12,96	-12,96
SRA2	UKMO-HadCM3	-32,40	38,88	-12,96	25,92	-32,40	-25,92	-25,92	-12,96	-20,74	-15,55	-12,96	-12,96

Tabla 7.14. Anomalías proyectadas en la precipitación (mm), para la región 14 en el periodo 2010 - 2039. Modelo HadCM3, para los escenarios SRB1 y SRA2.

Al igual que en la región 12 y 13, el aumento proyectado podría disminuir en parte la barrera térmica inferior, favoreciendo la instalación de la enfermedad. Si bien las precipitaciones para el verano (actualmente la época más lluviosa, Capítulo 5), disminuirían, y la temperatura aumentaría, no es de esperar que dichos valores afecten la cantidad y tamaño de los charcos de agua en dicha época del año. Para las restantes estaciones, la presencia de charcos va a estar asociada al escenario que se desarrolle en el periodo considerado.

SÍNTESIS Y DISCUSIÓN

De lo analizado surge como patrón general que los ambos modelos proyectan aumentos de la temperatura media anual y estacional para el periodo comprendido entre 2010 - 2039 en toda la región en estudio, con aumentos en la temperatura media anual estimados entre el 0,18 y 1,83 °C para dicho periodos.

El modelo UKMO-HadCM3 proyecta en general mayores aumentos de temperaturas media anual que el ECHAM5/MPIOM, y a su vez más incrementos a latitudes más bajas.

Como particularidad se observa que para los regiones 3, 5 y 6 el aumento proyectado sería menor que para otras regiones, se puede pensar que este hecho es debido a la que estas regiones están mas cerca del mar que las restantes, con lo que se calentarían menos.

En la tabla 7.15, se pueden observar las proyecciones de las anomalías en la temperatura media anual de cada región en función al modelo y escenario elegido.

REGIONES	ECHAM5/ MPI-OM, SRB1	ECHAM5/ MPI-OM, SRA2	UKMO- HadCM3, SRB1	UKMO- HadCM3, SRA2
1	0,93	0,97	1,08	1,45
2	1,20	0,88	1,43	1,03
3	0,95	0,78	1,55	0,81
4	1,01	0,91	1,83	1,65
5	0,18	0,81	1,39	1,03
6	0,61	0,77	1,04	0,88
7	1,15	1,52	1,66	1,51
8	1,07	1,33	1,55	1,13
9	0,99	0,84	1,57	1,39
10	0,67	0,66	1,25	1,20
11	0,71	0,55	1,10	1,22
12	0,72	0,73	0,99	1,08
13	0,61	0,53	1,00	1,28
14	0,52	0,80	1,00	1,19

Tabla 7.15. Proyecciones sobre anomalías en la temperatura media anual para el periodo 2010 - 1039, estimadas por los modelos ECHAM5/MPIOM, y UKMO-HadCM3 para los escenarios B1 y A2. Casillas sombreadas con rosa fuerte: regiones de alta endemia. Casillas sombreadas con rosa claro: regiones de baja endemia. Casillas sin sombrear: regiones libres de esquistosomiasis

En cuanto a la estacionalidad, se proyectan en general mayores aumentos para el invierno que para el verano, pero se estima que para las regiones en latitudes mayores, las tres últimas regiones, el mayor aumento de temperatura media se daría en verano.

El hecho de que se proyecten mayores aumentos para el invierno favorecería térmicamente la permanencia e instalación de la enfermedad en dichas regiones, dado que descenderían los limitantes térmicos inferiores. Por otro lado este aumento en las temperaturas invernales disminuiría la estacionalidad, con lo que las regiones afectadas tendrían inviernos no tan marcados, pareciéndose más a las regiones de alta endemicidad. Para la región 12, 13 y 14 si bien el mayor aumento es para el verano, para el invierno también se proyectan aumentos los que van a generar condiciones más favorables para el desarrollo tanto del parásito como del molusco.

En función a las proyecciones dadas para las temperaturas para el periodo 2010 - 2039, se podría considerar que las regiones más sensibles térmicamente a la esquistosomiasis, serían las regiones 10, 11 y 12.

Algunos autores señalan que el mayor efecto sobre la transmisión de la enfermedad se daría en los extremos del intervalo de temperaturas requeridas para la transmisión (Githeko *et al.*, 2000).

En cuanto a cómo afectaría el aumento de temperatura la relación molusco – parásito, se debe considerar que el aumento de la temperatura en el límite inferior del intervalo tiene repercusiones significativas y no lineales sobre el periodo de incubación extrínseca, de manera tal que se podría acortar éste periodo aumentando la transmisión en las regiones donde se encuentre el parásito (Githeko *et al.* 2000). Además el incremento de temperatura traería aparejado una mayor tasa de reproducción y crecimiento del molusco, con lo que aumentaría la densidad de los mismos, tal como ocurre en las áreas de alta prevalencia donde el crecimiento de los caracoles es continuo.

Por otro lado, en función a las anomalías proyectadas, las temperaturas medias previstas entre el 2010 - 2039, no superarían los 30 °C, por lo que no se debería ver afectado el desarrollo del molusco.

Teniendo en cuenta las precipitaciones, se observa que si bien ambos escenarios prevén un aumento para los meses de primavera para las regiones 2 a 10, no existe otro patrón que nos permita agrupar o relacionar con futuras condiciones.

En general se puede pensar que el aumento de precipitaciones permitirá una mayor dispersión de moluscos en las distintas áreas. Por el contrario si la precipitación disminuye, la cantidad y tamaño de espejos de agua estará regido por la relación de la misma con la evaporación que dependerá del aumento de temperatura que sufra cada región. En dicho caso puede ocurrir que disminuya el tamaño de los charcos aumentando la densidad de moluscos en los mismos, o que desaparezcan ciertos espacios húmedos en la región modificando la distribución de caracoles en la región.

CONCLUSIÓN

La esquistosomiasis, al igual que cualquier enfermedad, necesita para instalarse y dispersarse una serie de condiciones en el medio ambiente. Y, el cambio en alguna de ellas afecta su distribución. El clima, tal como se observó en esta tesis, es un condicionante. Por otro lado, dado que la esquistosomiasis en América del Sur no se ha detectado por debajo de la latitud 29° 54'S, área metropolitana de Porto Alegre capital del Estado de Río Grande del Sur, se puede considerar, sin tener en cuenta otros factores ambientales, que las temperaturas que se presentan en ciertas áreas de Brasil por debajo de ésta latitud son propicias para el desarrollo de esta enfermedad.

Asimismo, teniendo en cuenta los datos recabados en los Capítulos 3 y 4, se observó que si bien existen numerosos umbrales térmicos tanto para el parásito como para el molusco, se puede acotar el rango de temperatura en que se dan todas las condiciones de confort para el desarrollo de la enfermedad entre los 16 y los 30 °C.

Del capítulo 5 se extrae que las temperaturas de las regiones de alta endemia, 1 a 4, tienen las condiciones térmicas propicias para el desarrollo de la enfermedad mientras que las regiones 10 a 14 presentan inviernos marcados y temperaturas medias diarias durante el invierno que interferiría en la transmisión de la esquistosomiasis. En tanto las regiones 7, 8 y 9, libres de enfermedad, si bien tienen valores térmicos equiparables a las regiones endémicas, existen, tal como se vio en el Capítulo 5, otros factores que limitaría el desarrollo de la enfermedad en dichas regiones.

La otra variable que se analizó fue la precipitación, debido a que una condición necesaria para que tenga lugar la esquistosomiasis es la presencia de espejos de agua, la que naturalmente es regulada por la relación precipitación – temperatura – evaporación. Se observó que en épocas lluviosas los moluscos se dispersan produciéndose *a priori* menor densidad local de los mismos, pero aumentando los focos de nidos de caracoles y la cantidad de sitios para el contacto del humano con el agua. Por otro lado en épocas secas puede ocurrir que los espejos de agua desaparezcan o se achiquen concentrando la cantidad de moluscos en cada foco y en caso de que estos estén infestados, se favorece la

transmisión de la enfermedad. Por lo tanto la distribución de los biomfaláridos está sujeta a la existencia de espejos de agua, regulados por la cantidad de precipitaciones que se dan en una determinada zona y relacionados con las temperaturas de la misma; si las sequías son importantes el caracol se muere y si las lluvias son muy fuertes el caracol sufre mayor dispersión.

Como se observó, en Brasil las regiones endémicas con inviernos marcados presentan baja prevalencia de la enfermedad mientras que las zonas con alta endemia se caracterizan por no tener grandes variaciones de la temperatura media durante el año y espejos de agua constantes.

De acuerdo a las tendencias de los últimos 60 años, tal como se vio en el Capítulo 6, los dos factores ambientales evaluados en la región en estudio, temperatura y precipitación, sufrieron modificaciones durante el periodo considerado. Cabe considerar que si bien no se han encontrado datos que muestre la variación en cantidad o densidad de moluscos a través de estos 60 años, el hecho de que se encuentren actualmente en la región en estudio, permite pensar que a pesar de las tendencias en las temperaturas de la región, no se vio afectada la sobrevivencia y desarrollo de los caracoles en ninguna de las regiones.

Por otro lado en función de la variación de la precipitación y su relación con la evaporación, mediada por la temperatura, la existencia y tamaño de charcos debe haber sufrido modificaciones dentro de cada región, de manera tal que los moluscos pueden haberse reubicado en las mismas hasta alcanzar la distribución actual. La pérdida de charcos pudo haber traído como consecuencia la desaparición de zonas con endemia, mientras que por el contrario la disminución del tamaño de los charcos debe haber favorecido el mayor contacto de la población con los moluscos, tanto por el aumento de densidad de estos como por el mayor acercamiento de las personas al agua y por lo tanto mayor endemia en las regiones con esquistosomiasis.

Teniendo en cuenta el análisis de las condiciones térmicas futuras, se observó que las proyecciones de los Modelos Climáticos analizados estiman aumentos de la temperatura media anual para el periodo 2010 - 2039 en toda la región en estudio. El aumento de temperatura, disminuye la barrera térmica inferior (Capítulo 3; Capítulo 4) que limita principalmente el desarrollo de algunos estadios del parásito, permitiendo el corrimiento del

límite sur de la esquistosomiasis y favoreciendo a la instalación de dicha enfermedad en regiones no endémicas.

En cuanto a la estacionalidad, se proyectan en general mayores aumentos para el invierno que para el verano, pero se estima que para las regiones en latitudes mayores; región 12, 13 y 14; el mayor aumento de temperatura se daría en verano. El incremento de la temperatura de invierno disminuiría la amplitud anual, con lo que las regiones 5 a 11, tendrían inviernos no tan marcados, y si se considera que estos incrementos van a seguir una distribución normal, o sea que su variabilidad no se modificaría, se puede pensar que van a disminuir las frecuencias de días con temperaturas umbrales inferiores, de manera tal que las condiciones térmicas de áreas libres de esquistosomiasis se estarían equiparando a la de áreas que hoy son endémicas. Por lo tanto, se puede considerar que las regiones más sensibles térmicamente a la esquistosomiasis en los próximos 30 años serán las regiones 10, 11 y 12.

El aumento de temperatura posibilitaría un aumento de la tasa de reproducción y crecimiento del número de los biomfaláridos, al igual que ocurre en las regiones de alta prevalencia de la esquistosomiasis donde el crecimiento de los caracoles es continuo, con lo que se incrementaría la densidad de los moluscos al mismo tiempo que se favorecería el contacto de la población humana con el agua. El incremento de los dos factores mencionados permitiría que se produzca y mantenga la carga mínima parasitaria para la instalación de la esquistosomiasis en área no endémicas y aumentaría la prevalencia de la enfermedad en regiones de baja endemia.

Una vez instalada la enfermedad, con el aumento de temperatura, especialmente en el límite umbral inferior, habría mayor frecuencia de días dentro del rango de confort tanto para el parásito como para el caracol, favoreciendo el desarrollo del periodo de incubación extrínseca, lo que podría acortar éste periodo aumentando la transmisión en dichas regiones.

Por otro lado queda por analizar el aumento de las temperaturas limitantes superiores, cuyo aumento podría afectar el crecimiento de los moluscos en las regiones actualmente más cálidas, con lo que se vería produciría una redistribución de los caracoles en toda la región en estudio. Cabe aclarar que las proyecciones de la temperatura medias mensuales dan valores para el periodo 2010 – 2039, menores a los 28 °C.

En cuanto a las proyecciones de la precipitación se estiman variaciones mes a mes y región a región, pero dado existen espejos de agua artificiales en toda la región en estudio, este recurso no presentaría una limitación.

Tal como ya se ha mencionado, hay que tener en cuenta, que si bien en las regiones en estudio que hemos considerado libres de enfermedad no está el parásito transmisor, poseen gran variedad de moluscos de la Familia Planorbidae, entre los que se encuentran muchos susceptibles a la infección con *S. mansoni* y otros potencialmente aptos para una nueva adaptación molusco – parásito. Además existe otro peligro latente y es el arribo a las regiones no endémicas y la adaptación al medio de *B. glabrata*, que es el huésped intermediario más importante en cuanto a su afinidad con el parásito y eficiencia en la transmisión de la enfermedad en Brasil.

Asimismo un hecho a considerar es la adaptación ecológica. Tanto el molusco como el parásito van adaptándose a nuevos ambientes, los que a su vez, tal como se vio en esta tesis, “se” están cambiando. Se puede pensar, que si bien la adaptación a las nuevas condiciones y a los nuevos espacios es lenta, el hecho de que por acción antropogénica se esté produciendo un aumento de temperatura, Cambio Climático, diferente al que se daría en condiciones sin intervención del hombre, podría disminuir el tiempo de adaptación, dado que las temperaturas se estarían acercando más rápidamente a las necesarias para el desarrollo del parásito y el caracol que las que se darían en condiciones sin intervención del hombre en el clima. Por lo tanto podríamos pensar que el aumento de temperatura podría modificar el tiempo de adaptación ecológico.

También deberíamos decir que este cambio en las variables climáticas afectaría no solo el comportamiento y la distribución de los actores directos en la enfermedad, sino que a otros factores ambientales que permitirían el incremento de áreas disponibles para el desarrollo de la esquistosomiasis.

RECOMENDACIONES

Finalmente, dado que el Cambio Climático es un hecho, y también se prevé un mayor crecimiento de la población humana (INDEC, 2001), la prevención es el principal camino para evitar que la esquistosomiasis llegue a zonas libres de la enfermedad.

La prevención se debe llevar a cabo a través de diferentes rutas y simultáneamente, para lo cual se debe contar con políticas públicas que contengan los siguientes lineamientos:

- Condiciones Sanitarias: Armado de redes cloacales y agua corriente.

El acceso a redes cloacales y agua corriente no debe ser considerado un lujo, es una necesidad. Cuando las condiciones sanitarias son deficitarias, se favorece la instalación y transmisión de todo tipo de enfermedades, en especial aquellas ligadas a espejos de agua, como la esquistosomiasis.

- Educación y Capacitación de la Población.

La educación es la herramienta fundamental porque concientiza a la población de los peligros a los que está enfrentada.

En particular a quienes habitan en regiones limítrofes con zonas endémicas, se debe explicar a la población, el tipo de enfermedad a la que pueden estar expuestos, modo de transmisión y la prevención.

- Advertir a todos aquellos que se trasladen a regiones endémicas, que tomen precauciones en el contacto con los espejos de agua.

- Para evitar la dispersión de *B. glabrata*, una manera de reducir los riesgos es a través de inspecciones de los embarques de plantas y peces. También obligar a que los exportadores de zonas endémicas remuevan los caracoles de sus embarques de plantas para minimizar los riesgos de dispersión de moluscos.

Proyectos que modificarían el uso del suelo

Antes de que se ejecute un nuevo proyecto se debe realizar un Estudio de Impacto Ambiental, donde se evalúe el riesgo que se generará en la población, analizado qué acciones impactantes se generarán tanto en la fase constructiva como en la fase de

funcionamiento y tomando las medidas mitigatorias necesarias para contrarrestar los impactos negativos que se puedan producir.

En el Estudio de Impacto Ambiental de un proyecto dentro de regiones que corren un riesgo potencial en la instalación de la esquistosomiasis debe tener en cuenta:

- Evaluar siempre que se realicen modificaciones del medio, si dicha alteración va aumentar la densidad de moluscos, sobre todo en las regiones limítrofes con áreas endémicas.
- Cuando se realicen proyectos que impliquen la movilización de poblaciones desde áreas endémicas a áreas libres de enfermedad, se debe capacitar a los protagonistas y conferirles áreas higiénicas asépticas necesarias
- En caso de reinserción de poblaciones, tener en cuenta que las migraciones humanas y asentamientos provisionales en condiciones sanitarias deficitarias son factores facilitadores en la transmisión de enfermedad.

En caso de que el proyecto sea viable ambientalmente, las autoridades deberán realizar un seguimiento, constatando el cumplimiento de las medidas mitigatorias declaradas.

BIBLIOGRAFÍA

- **Almeida Machado, P.** 1977. O modelo. En: *Anais da VI Conferência Nacional de Saúde*. Brasília. Ministério da Saúde, p. 267-84.
- **Andrade, R. M. y C. M. F. Antunes.** 1969. Combate biológico *Tilapia melanopleura* Durmeril versus *Biomphalaria glabrata* (Say) em condições de laboratorio. *Rev. Bras. Malariol. Doen. Trop.*, 21:49-58.
- **Anderson, R. M. y J. Crombie.** 1984. Experimental studies of age-prevalence curves for *Schistosoma mansoni* infections in populations of *Biomphalaria glabrata*. *Parasitology*, 89:79-104.
- **Anderson, R. M. y R. M. May.** 1979. Prevalence of schistosome infections within molluscan populations: observed patterns and theoretical predictions. *Parasitology*, 79:63-94.
- **Anderson, R. M., J. G. Mercer y R. A. Wilson.** 1982. Transmission of *Schistosoma mansoni* from man to snail: experimental studies of miracidial survival and infectivity in relation to larval age, water temperature, host size and host age. *Parasitology*, 85:339-360.
- **Andrews, P., J. Thyssen y D. Lorke.** 1983. The biology and toxicology of molluscicides, Bayluscide. *Pharmacological Therapeutics*, 19: 245-295.
- **Azevedo, P.,** 1960. Peixes como auxiliaries de combate a esquistossomose. Unpublishes report. Rio de Janeiro, Departamento Produção Animal, Suepe and Sociedade Brasileira e Zootecnia.
- **Basch, V. P. F.** 1976. Parasitological review: intermediate host specificity in *Schistosoma mansoni*. *Experimental Parasitology*, 39:150-169.
- **Basch, P. F. y J. J. Di Conza.** 1974. The miracidium-sporocyst transition in *Schistosoma mansoni*: surface changes in vitro with ultrastructural correlation. *Journal of Parasitology*, 60:935-941.
- **Barbosa, F. S., D. P. Pereira Da Costa y F. Arruda.** 1981. New Field observations on the competitive displacement between two species of planorbid snails inhabiting northeastern Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 76(4):361-366.
- **Barbosa, N. D. C., F. Pimentel-Souza y I. B. M. Sampaio.** 1987. The effect of seasonal temperature and experimental illumination on reproductive rate in the snail *B. glabrata*. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 20(6):685-696.

- **Barbosa, C. S., O. S. Pieri, C. B. Silva y F. S. Barbosa.** 2000. Ecoepidemiologia da esquistossomose urbana na ilha de Itamaracá, Estado de Pernambuco. *Rev Saúde Pública*, 34:337-341.
- **Barros, V., M. E. Castañeda y M. E. Doyle.** 2000. Recent precipitation trends in Southern South America east of the Andes: an indication of climatic variability. Southern Hemisphere paleo - and neoclimates. Eds.: P. P. Smolka, W. Volkheimer. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 187-206.
- **Barros, V.,** 2006. *El Cambio Climático en la Cuenca del Plata*. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires, Argentina. Cambio Climático Global, Capítulo IX, pp. 125-134.
- **Bavia, M. E., F. Hale Lamar, J. B. Malone, H. Braud Dewitt y M. Shane Simon.** 1999. Geographic Information Systems and The Environmental Risk of Schistosomiasis in Bahia, Brazil. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 60(4):566-572.
- **Bejarán, R. A. y V. Barros.** 2001. Factores que afectan a la temperatura media mensual en Argentina subtropical. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos.
- **Bénex, J. y R. Desciñes.** 1963. Incidence des facteurs externes sur la longévité et la vitalité des miracidiums de *Schistosoma mansoni*. *Bull. Soc. Path. Exot.*, 56:987.
- **Berbery, E. H., M. Doyle y V. Barros.** 2006. Tendencias regionales en la precipitación. El cambio climático en la Cuenca del Plata, Capítulo V, 67-79.
- **Bernardini, O. J. y M. M. Machado.** 1981. Isolamento de *Schistosoma mansoni* do primeiro foco de transmissão activa em São Francisco do Sul. *Arq. Med. Catarinenses* (Santa Catarina), 10:213.
- **Borda, C. E. y M. J. F. Rea.** 1997. Susceptibilidad de *Biomphalaria tenagophila* de las cuencas de los ríos Paraná y Uruguay a *Schistosoma mansoni*. *Rev. Panam. Salud Publica/Pan Am/ Public Health* 1(3).
- **Borda, C. E. y M. J. F. Rea.** 2007. *Biomphalaria tenagophila* potential vector of *Schistosomiasis mansoni* in the Paraná River basin (Argentina and Paraguay). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 102(2):191-195.
- **Borda, C. E., M. J. F. Rea, L. A. Mosqueda y O. D. Benítez.** 2002. Persistencia de la infección por *Schistosoma mansoni* en la descendencia de *Biomphalaria tenagophila* de la cuenca del Río Paraná. Centro Nacional de Parasitología y Enfermedades Tropicales (CENPETROP) - Facultad de Medicina - UNNE. Corrientes. Argentina.

- **Borda, C. E., M. J. F. Rea, L. A. Mosqueda y O. D. Benitez.** 2003. Compatibilidad de poblaciones de *Biomphalaria tenagophila*, de la cuenca del Río Paraná a la cepa SJ2 de *Schistosoma mansoni* del Brasil. Centro Nacional de Parasitología y Enfermedades Tropicales (CENPETROP) - Facultad de Medicina - UNNE. Corrientes, Argentina.
- **Brump, E.,** 1941. Observations biologiques diverses concernant *B. grabratus* hôte intermédiaire de *S. mansoni*. *Ann. Parasitol.*, 18:9-45.
- **Carbajo, A., N. Schweigmann, S. Curto, A. de Garín y R. Bejarán.** 2001. Dengue transmission risk maps of Argentina. *Tropical Medicine & International Health*, 6:170-178.
- **Carvalho, O. S., C. Massara, N. H. V. Silverira, H. L. Guerra, R. L. Caldeira, C. LF. Mendonca, T. HDA. Vidigal, A. Chaves y N. Katz.** 1997. Re-evaluation of Schistosomiasis Mansoni in Minas Gerais, Brazil-II. Alto Paranaíba Mesoregion. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 92(2):141-142.
- **Carvalho, O. S., I. M. Numes y R. L. Caldeira.** 1998. First Report of *Biomphalaria glabrata* in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 93(1):39-40.
- **Chen, M. G. y K. E. Mott.** 1989. Progress in assessment of morbidity due to schistosomiasis. *Reviews of recent literature: Schistosoma haematobium, Schistosoma intercalatum, Schistosoma japonicum, Schistosoma mansoni*. Londres. Oficina de Higiene y Enfermedades Tropicales.
- **Chimbari, M., H. Madsen y J. Ndamba.** 1999. The potential of using fish to control intermediate host snails for schistosomiasis in Zimbabwe. *Proc. International Symposium on Schistosomiasis, Rio de Janeiro*, p. 31.
- **Coelho da Silva, C. L. P. A., M. S. Soares y M. G. M. Barreto.** 1997. Occurrence of *Biomphalaria tenagophila* and Disappearance of *Biomphalaria straminea* in Paracambi, RJ, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 92(1):37-38.
- **Coelho, R. J. y F. S. M. Becerra.** 2006. The effects of temperatura change on the infection rate of *Biomphalaria glabrata* with *Schistosoma mansoni*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 101(2):223-224.
- **Combes, C.,** 1990. Where do human schistosomoses come from? An evolutionary approach. *Tree*, 5(10):334-336.
- **Correa, M. C. R., P. M. Z. Coelho y J. R. Freitas.** 1979. Susceptibilidade de linhagens de *Biomphalaria tenagophila* e *Biomphalaria glabrata* a duas cepas de *Schistosoma mansoni* (LE-Belo Horizonte, MG e São José dos Campos, SP). *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, 21:72-76.

- **Correa, L. & W. L. Paraense.** 1971. Susceptibility of *Biomphalaria amazónica* to infection with two strain of *Schistosoma mansoni*. *Rev. Inst. Med. Trop. São Pablo*, 13(6):287-390.
- **Coura, J.R. y R. S. Amaral.** 2004. Epidemiological and control aspects of schistosomiasis in Brazilian endemic areas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 99(suppl. 1).
- **Delgado, V., E. E. Barrios, A. Bujanda y W. Araque.** 2001. Morfología de la superficie y características de los hemocitos de *Biomphalaria glabrata* (Pulmonata: Planorbidae) de dos procedencias geográficas. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 43(3):114-118.
- **Despommier, D. D., R. W. Gwadz, P. J. Hotez and C. A. Knirsch.** 2005. *Parasitic Diseases, 5th Edn.* Book Review. Apple trees Productions LLC, NY., pp. 363.
- **DeWitt, B. W.** 1954. Influence of Temperature on Penetration of Snail Hosts by *Schistosoma mansoni* Miracidia. *Experimental Parasitology* 4(3): 271-276.
- **Dobson, A. y R. Carter.** 1993. Biodiversity, *Lancet*; 342:1096-1099.
- **Darwkins, R.** 1982. "The Extended Phenotype". Freeman, Oxford, 307 pp.
- **Doyle, M., V. Barros y I. Camilloni.** 2005. Precipitation trends in southeaster South America. Enviado al *J. Climate*.
- **El-Hassan, A. A.,** 1974. Laboratory studies on the direct effect of temperature on *B. truncatus* and *B. alexandrina*, the snail intermediate hosts of Schistosomes in Egypt. *Folia Parasitol (Praha)*, 21:181-187.
- **Engels, D., L. Chitsulo, A. Montresor y L. Savioli.** 2002. The global epidemiological situation of schistosomiasis and new approaches to control and research. *Acta Trop.*, 82(2):139-46.
- **Etges, F. J. y W. Gresso.** 1965. Effect of *Schistosoma mansoni* infection upon fecundity in *Australorbis grabratus*. *The Journal of Parasitology*, 51:757-760.
- **Fang, J, Mc. y T. F. Cutchan.** 2002. Thermoregulation in a parasite's life cycle. *Nature* 418:742.
- **Favre, T., O. S Pieri, L. C. Zani, J. M. Ferreira, G. G. Domás, L. H. Beck y C. S. Barbosa.** 2002. A Longitudinal Study on the Natural Infection of *Biomphalaria straminea* and *B. glabrata* by *Schistosoma mansoni* in an Endemic Area of Schistosomiasis in Pernambuco, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Río de Janeiro*, 97(4):465-475.

- **Figueiredo, A. C., D. L. C. de Souza y M. E. H. de Freitas.** 1992. Biological and morphological characteristics of *Schistosoma mansoni* from Ribeira Valley, State of São Paulo, Brazil. I - Susceptibility of *Biomphalaria tenagophila* snail to sympatric *S. mansoni* strain. *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, 34(3):199-203.
- **Frandsen, F.** 1979. Studies of the relationship between *Schistosoma* and their intermediate hosts. I. The genus *Bulinus* and *Schistosoma haematobium* from Egypt. *J. Helminthos.*, 53:15-29.
- **Freitas, J. R., F. S. Resende, D. V. Junqueira, A. M. Costa, y J. Pellegrino.** 1975. Criação em massa e ritmo de crescimento da *B. glabrata*. *Ciencia e Cultura*, 27:968-974.
- **Fryer, S. E.** 1986. "Studies on the Epidemiology of a Nigerian Strain of *Schistosoma haematobium* with Particular Reference to the Molluscan Hosts". Ph. D. Thesis, University of Wales, 253 pp.
- **Giovanelli, A., M. S. Soares, P. S. D'Andrea, M. M. L. Gonçalves, L. Rey,** 2001. Abundância e infecção do molusco *Biomphalaria glabrata* pelo *Schistosoma mansoni* em uma localidade do município de Sumidouro, RJ Brasil. *Rev. Saúde Públ* 35:523-530.
- **Githeko, A. K., S. W. Lindsay, U. E. Confalonieri y J. A. Patz.** 2000. El cambio Climático y las Enfermedades Transmitidas por Vectores: un Análisis Regional. Artículo publicado en el *Bulletin of the Word Health Organization*, 78 (9):1136-1147.
- **Glantz, M. H.** 2001. Once Burned, Twice Shy? Lessons learned from the 1997-1998 El Niño. Hong Kong the United Nations University, 294 pp.
- **Gordon, C., C. Cooper, C. A. Senior, H. T. Banks, J. M. Gregory, T. C. Johns, J. F. B. Mitchell y R. A. Word.** 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Clim. Dyn.*, 16:147-168.
- **Gordon, R. M., T. H. Davey y H. Peaston.** 1934. The transmission of humor bilharzias in Sierra Leone, with an account of the life-cycle of the Schistosomes concerned, *S. mansoni* and *S. haematobium*. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 28:323-418.
- **Grault, C. E., C. C. C. Mellosilva, M. J. F. S. Sosta, M. F. Lenzi, J. Cruz Oswaldo, A. S. Almeida, M. Q. Silva, R. M. P. Becerra y V. Costa.** 1998. "Potential Spread of Schistosomiasis in the Periphery of Greater Metropolitan Region of Rio de Janeiro". *Mem Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 93(I):293-294.

- Graeff-Teixeira, C, C. Valar C. K. Moraes, A. M. Salvany, C. O. Brum, M. R. Lucyk, R. Ben, B. L. F. L. Mardini, J. M. Bañolas, R. Santos do Amaral. 2004. The Initial Epidemiological Studies in the Low Endemicity Schistosomiasis Area in Esteio, Rio Grande do Sul, the Southenmost Brazilian State, 1997 to 2000. *Mem.Inst Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol. 99 (Supl.I):73-78.
- Guth, D. J., H. D. Blankespoor y J. Jr. Cairos. 1977. Potentiation of zinc stress caused by parasitic infection of snails. *Hydrobiologia*, 55:225-229.
- Huaman, P., R. Vivar, H. Larrea, L. Pachas y J. Quesada, 1994. El género *Biomphalaria* Preston, 1910 (Gastropoda: Planorbidae) en el Perú. *Biotempo*, 1:31-32.
- Huarcaya Castilla, E., F. Rossi Leyva y A. Llanos-Cuenta. 2004. Influencia de factores climáticos sobre las enfermedades infecciosas. *Rev. Med. Hered.*, 15(4):218-224.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística. Censo Demográfico 2000.
- INDEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Censo elaborado en base a los resultados del Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio. 2001. Third Assessment, Chapter 9, Human Health.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. "Cambio Climático, 2007. Informe de Síntesis. Cambios observados en el Clima y sus efectos, Tema 1, pp.30.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. "Cambio Climático, 2007. Informe de Síntesis. RRP: Resumen para responsables de políticas.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. "Cambio Climático, 2007. **RRP** Grupos de trabajo III, del Cuarto Informe de Evaluación, sección 1 y 3, Resumen para responsables de políticas, GTIII 1.3, 3.2, RRP.
- IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. 2007. "Cambio Climático, 2007. Grupo de Trabajo 3, del Cuarto Informe de Evaluación, sección 1 del Resumen Técnico, Resumen para responsables de políticas, GTIII RT.1, RRP.
- Jungclaus, J. H., N. Keenlyside, M. Botzet, H. Haak, J.-J. Luo, M. Latif, J. Marotzke, U. Mikolajewicz y E. Roeckner. 2006. Ocean Circulation and Tropical Variability in the Coupled Model ECHAM5/MPI-OM. *Journal of Climate*, 19:3952-3972.

- **Jurberg, P., V.T. Schall, J. V. Barbaosa, M. J. Gatti y M. S. Soares.** 1987. "Behavior of *Biomphalaria glabrata*, the intermediate host snail of *Schistosoma mansoni*, at different depths in water in laboratory conditions." *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 82(2):197-208.
- **Kalnay, E., M. Kanamitsu, R. Kistler, W. Collins, D. Deaven, L. Gandin, M. Iredell, S. Saha, G. White, J. Woollen, Y. Zhu, A. Leetmaa, B. Reynolds, M. Chelliah, W. Ebisuzaki, W. Higgins, J. Janowiak, K. C. Mo, C. Ropelewski, J. Wang, R. Jenne, D. Joseph.** 1996. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 77:437-471.
- **Karl, T. R. y K. E. Trenberth.** 2003. Modern Global Climate Change. *Science* 5:Vol. 302(5651):1719-1723.
- **Kawazoe, U.** 1976. Alguns aspectos da biologia de *Biomphalaria glabrata* (Say, 1818) e *Biomphalaria tenagophila* (D'orbigny, 1835) (Pulmonata, Planorbidae). I - Duração do período embrionário. *Rev. Saúde Pública*, 10:1. São Paulo.
- **Knight, W. B., L. S. Ritchie y F. Liard.** 1970. Cercariophagic activity of guppy fish (*Lebistes reticulatus*) detected by cercariae labeled with radio selenium (75SE). *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 19:620-625.
- **Kloos, H., C. de Souza, A. G. B. Silveira, S. F. P. da Costa, T. J. Bethony, K. Page, C. Grzywacz, F. Lewis, D. Minchella, P. Lo Verde, R. Correa Oliveira.** 2001. The Distribution of *Biomphalaria* spp. In Different Habitats in Relation to Physical, Biological, Water Contact and Cognitive Factors in a Rural Area in Minas Gerais, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 96:57-66.
- **Lawson, J. R. y R. A. Wilson.** 1980. The survival of the cercariae of *Schistosoma mansoni* in relation to water temperature and glycogen utilization. *Parasitology*, 81:337-348.
- **Lawson, J. R. y R. A. Wilson.** 1983. The relationship between the age of *Schistosoma mansoni* cercariae and their ability to penetrate and infect the mammalian host. *Parasitology*, 87:481-492.
- **Lee, F. O. y T. C. Cheng.** 1971. *Schistosoma mansoni* infection in *Biomphalaria glabrata*: Alterations in heart rate and thermal tolerance in the host. *Journal of Invertebrate Pathology*, 18(3):412-418.
- **Lo, C. T.** 1972. Compatibility and host-parasite relationships between species of the genus *Bulinus* (Basommatophora: Planorbidae) and an Egyptian strain of *Schistosoma haematobium* (Trematoda: Digenea). *Malacologia*, 11:225-280.

- **Maldonado, J. F. y J. Acosta-Matienzo.** 1947. The development of *Schistosoma mansoni* in the snail intermediate host, *Australorbis glabratus*, *Puerto Rican J. Pub. Health and Trop. Med.*, 22:374-404.
- **Marengo, J. A. y T. Ambrizzi.** 2006. Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales. *Proceedings of 8 ICSHMO, Foz do Iguacu*, 291-296.
- **Martens Willem, J. M, T. H. Jetten y D. A. Focks.** 1995. Climate change and vector-borne diseases. *Global Enviromental Change*, 5(3):195-209.
- **Martens Willem, J. M, T. H. Jetten y D. A. Focks.** 1997. Sensitivity of Malaria, Schistosomiasis and Dengue to Global Warming. *Climatic Change* 35:145-156.
- **Massra, C. L., O. dos Santos Carvalho, R. Lima Caldeira, L. K. Jannotti-Passos, V. Torres Schall.** 2002. First Report on the Presence of *Biomphalaria straminea* in the Municipality of Jaboticatubas, State of Minas Gerais, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 97(1):27-29.
- **Massra, C. L., S. Viana Peixoto, H. da Silva Barros, M. J. Enk, O. dos Santos Carvalho, V. Torres Schall.** 2004. Factors Associated with Schistosomiasis Mansoni in a Polution from the Municipality of Jaboticatubas, State of Minas Gerais, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 99(1):127-134.
- **McClelland, G. y T. K. R. Bourns.** 1969. Effects of *Trichobilharzia ocellata* on growth, reproduction, and survival of *Lymnaea stagnalis*. *Experimental Parasitology*, 24:137-146.
- **McCully, R. M., J. W. van Viekerk y S. P. Kruger.** 1967. Observations on the pathology of bilharziasis and other parasitic infections of *Hippopotamus amphibious* Linnaeus, 1758 from the Kruger National Park. *Onderstepoort Journal of Veterinary Reseach*, 34:563-618.
- **McKnight, T. L y D. Hess.** 2000. Climate Zones and Types: The Köppen System. *Physical Geography: A Landscape Appreciation*. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall, pp. 200-1. ISBN 0-13-020263-0.
- **Meier, M. y C. Meir-Brook.** 1981. *Schistosoma mansoni*: effect on growth, fertility, and development on distal male organs in *Biomphalaria glabrata* exposed to miracidia at different ages. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 66:121-131.
- **Meuleman, E. A.** 1972. Host-parasite interrelationships between the freshwater pulmonate *Biomphalaria pfeifferi* and the trematode *Schistosoma mansoni*. *Netherlands Journal of Zoology*, 22:355-427.
- **Michaels, R. M. y A. Prata.** 1968. Evolution and characteristics of *Schistosoma mansoni* eggs laid in vitro. *J Parasitol.*, 54:921-930.

- **Michelson, E. H.** 1961. The effects of temperature on growth and reproduction of *Australorbis glabratus* in the laboratory. Final report. *American Journal of Higiene and Tropical Medicine*, 73:66-74.
- **Mirkin, G. A., L. Spatz, S. M. González Cappa y M. G. Quintana.** 2000. La esquistosomiasis: Una de las enfermedades parasitarias más difundidas del mundo. *Ciencia Hoy*, Vol N° 56.
- **Moodley, I, I. Kleinschmidt, B. L. Sharp, M. H. Craig, C. Appleton.** 2003. Temperatura - suitability maps for schistosomiasis in South Africa. Part II: Schistosomiasis: final report. *Annals of Tropical Medicine and Parasitology*, 97(6):617-27.
- **Morgan, J. A. T., R. J. Dejong, S. D. Snyder, G. M. Mkoji y E. S. Loker.** 2001. *Schistosoma mansoni* and *Biomphalaria*: past history and future trends. *Parasitology*, 123:S211-S228.
- **Nakicenovic, N., J., G. Alcamo, B. Davis, J. de Vries, S. Fenhann, K. Gaffin, A. Gregory, A. Gruebler, et al.,** 2000: Special Report on Emissions Scenarios, Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 595 pp. (ISBN 0-521-80493-0).
- **Nassi, H.** 1978. Données sur le cycle biologique de *Ribeiroia marini guadeloupensis* n. ssp., Trématode stérilisant *Biomphalaria glabrata* en Guadeloupe. Entretien du cycle en vue d'un contrôle éventuelle des populations de mollusques. *Acta Tropica*, 35:41-56.
- **Newton, W. L.** 1952. The comparative tissue reaction of two strains of *Australorbis glabratus*. *J Parasitol* 38:362-366.
- **Núñez, M. N., S. Solman, C. Menéndez, A. C. C. Rolla y M. F. Cabré.** 2005. Modelos Climáticos Regionales - Informe Final, Estimación de escenarios regionales de cambio climático mediante el uso de modelos climáticos regionales. 2da Comunicación Nacional de Cambio Climático, Proyecto GEF. BIRF PF 51286 AR. CIMA/CONICET B-9.
- **PAHO, Pan American Health Organization.** 1968. October. Scientific Publication No. 1968.
- **PAHO, Pan American Health Organization.** 1985. Book, Working Group for the Development of Guidance for Identification of American Planorbidae.
- **Pan, C. T.** 1965. Studies on the host-parasite relationship between *Schistosoma mansoni* and the snail *Australorbis glabratus*. *Am. J. Trop. Med. and Hyg.* 14:931-975.
- **Paraense, W. L.,** 1955. Auto-fecundação e fecundação cruzada em *A. glabratus*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 53:277-288.

- **Paraense, W. L.**, 1961. The nomenclature of Brazilian Planorbids. II. *Australorbis tenagophilus* (D'Orb., 1835). *Rev. Bras. Biol.*, 21(4):343-349.
- **Paraense, W. L.** 1970. Planorbideos hospedeiros intermediarios do *Schistosoma mansoni* In CUNHA, A. S. *Esquistossomose mansoni*. Savier & Univ. Sao Paulo, Sao Paulo.
- **Paraense, W. L.**, 1975. The distribuion of the molluscan vectors of schistosomiasis in the Americas. *Bras. Med.* 7:11-14.
- **Paraense, W. L.**, 1982. La esquistosomiasis en América del Sur. Conferencia. Univ. Nac. Del Nordeste, Fac. Ciencias. Exactas y Naturales (UNNE), Corrientes, Argentina.
- **Paraense, W. L.**, 1986. Distribuicao dos Caramujos no Brasil. En: F. A. Reis *et al.* *Modernos conhecimentos sobre Esquistossomose Mansonica*, p. 117-128. Biblioteca da Academia Mineira de Medicina, Belo Horizonte.
- **Paraense, W L.** 2001. The Schistosome Vectors in the Americas. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Río de Janeiro*, 96(1):7-16.
- **Paraense, W L.** 2005. Planorbidae, Lymnaeidae and Physidae of Argentinian (Mollusca: Basommatophora). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Río de Janeiro*, 100(5):491-493.
- **Paraense, W. L. y L. R. Correa.** 1963. Susceptibility of *Australorbis tenagophilus* to infection with *Schistosoma mansoni*. *Rev. Inst. Med. Trop. São Pablo* 5(1):23-29.
- **Paraense, W. L. y L. R. Correa.** 1973. Susceptibility of *Biomphalaria peregrina* from Brazil and Ecuador to two strains of *Schistosoma mansoni*. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Pablo* 15(3):127-130.
- **Paraense, W. L. y L. R. Correa.** 1978. Differential susceptibility of *Biomphalaria tenagophila* populations to infection with a strain of *Schistosoma mansoni*. *J. Parasitol.*, 64(5):822-826.
- **Paraense, W. L. y L. R. Correa.** 1987. Probable extensión of *Schistosoma mansoni* to southernmost Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz. RJ.* 82(4):577.
- **Paraense, W. L. y L. R. Correa.** 1989. A potential vector of *Schistosoma mansoni* in Uruguay. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz. RJ.*, 84(3):281-288.
- **Patz, J. P. Epstein, T. Burke y J. Balbus.** 1996. Global climate change and emerging infectious diseases. *JAMA*, 50:217-23.
- **Pellegrino, J., C. A. Oliveria, J. Faria y A. Cunha.** 1962. New approach to the screening of drugs in experimental *Schistosoma mansoni* in mice. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 11:201-215.

- **Pellegrino, J., M. Maria y M. F. Moura.** 1966. Observation on the predation of *Lebistes reticulatus* (Peters, 1859) on cercariae of *Schistosoma mansoni*. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 15:337-340.
- **Pellon, A. B. y I. Teixeira.** 1950. Distribuição Geográfica da Esquistossomose Mansônica no Brasil, Divisão de Organização Sanitária, Rio de Janeiro.
- **Pesigan, T. P., N. G. Hairston, J. J. Jauregui, E. G. Garcia, A. T. Santos, B. C. Santos y A. A. Besa.** 1958. Studies on *Schistosoma japonicum* infection in the Philippines. 2. The molluscan host. *Bulletin of the World Health Organization*, 18:481-578.
- **Pessoa, S. B. y A. V. Martins.** 1988. *Parasitologia Médica*, 11th ed., Gunabara Koogan, Sao Paulo.
- **Pflüger, W.** 1980. Experimental epidemiology of schistosomiasis. II. Prepatency of *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria* snails at diurnally fluctuating temperatures. *Z. Parasitenkd*, 63(2):159-169.
- **Pflüger, W.** 1981. Experimental epidemiology of schistosomiasis. I. The prepatent period and cercarial production of *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria* snails at various constant temperatures. *Z. Parasitenkd*, 66(2):221-229.
- **Pimentel-Souza, F., N. D. Barbosa y D. F. D. Resende.** 1990. Effect of temperature on the reproduction of the snail *Biomphalaria glabrata*. *Braz J Med Biol Res.*, 23(5):441-9.
- **Pimentel-Souza, F., V. T. Schall, N. D. Barabosa, M. Schettino y Jr R. Lautner,** 1988. Influencie of experimental illumination and seasonal variation on crossbreeding mating in the snail *Biomphalaria glabrata*. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 83(1):79-85.
- **Plorin, G. G. y D. E. Gilbertson.** 1983. Equation for describing growth of the schistosome host snail *Biomphalaria glabrata*. *J. Parasitol*, 70:43-47.
- **Pointier, J. P.** 2001. El control biológico de los moluscos vectores intermediarios de los esquistosomas: el ejemplo de la región del Caribe. *Vitae: Academia Biomédica Digital*. Ed.: CAIBCO - Centro de Análise de Imagens Biomédicas Computadorizadas. Site:<http://caibco.ucv.ve/Vitae/Vitaeocho/Articulos/MedicinaTropical/ArchivosHTML/introduccion.htm>. Junho/Agosto, número 8.
- **Purnell, R. E.** 1966. Host-parasite relationships in schistosomiasis – III - The effect of temperature on the survival of *Schistosoma mansoni*, miracidia and on the survival and infectivity of *Schistosoma mansoni* cercariae. *Ann. Trop. Med. & Parasit.* 60(2):182-186.
- **Quintana, M. G.** 2000. Museo Argentino de Ciencias Naturales, Buenos Aires. II. Una enfermedad del desarrollo que amenaza a la Argentina. *CIENCIA HOY*, V. 10, N°56, Abril/Mayo.

- **Rey, L.** 1956. *Contribuição para o conhecimento da morfologia, biologia e ecologia dos planorbídeos brasileiros transmissores da esquistossomose*. Serviço Nacional de Educação Sanitária, Rio de Janeiro-Brasil, pp. 119-120.
- **Ritchie, L, A. Hernandez y R. Rosa-Amador.** 1966. Biologicals potentials of *A. glabrata*. Life span and reproduction. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 15:614-617.
- **Roeckner, E., R. Brokopf, M. Esch, M. Giorgetta, S. Hagemann, L. Kornblueh, E. Manzini, U. Schlese y U. Schulzweida.** 2006. Sensitivity of Simulated Climate to Horizontal and Vertical Resolution in the ECHAM5 Atmosphere Model. *Journal of Climate*, 19:3771-3791.
- **Rollinson, D. y V. R. Southgate.** 1987. *The Biology of Schistosomes*, Academia Press. Last Modified on 5th October 1998. London. Englad. The Genus *Schistotoma*: The Taxonomic Appraisal. Cap. 1, pp. 2-6.
- **Rumi, A.** 1991. La familia Planorbidae Rafinisque, 1815 en la República Argentina. *Moluscos Gastropoda*, Volumen 15, Fascículo 8 Planorbidae.
- **Rumi, A., M. P. Tassara y A. A. Bonetto.** 1997. Distribución de las especies de Planorbidae en Argentina y su riesgo de esquistosomiasis. *ECOSUR*, Argentina, 17(28):1-19.
- **Rumi, A. y M. I. Hamann.** 1990. Potential schistosome-vector snails and associated trematodes in ricefields of Corrientes province, Argentina. Preliminary results. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 85(3):321-328.
- **Rumi, A. y M. I. Hamann.** 1992. Spatial and seasonal trends of a natural population of *Biomphalaria occidentalis* en Northeastern Argentina. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 87(2):181-186.
- **Salmi T., A. Määttä, P. Anttila, T Ruoho-Airola y T. Amnell.** 2002. Detecting trends of annual values of atmospheric pollutants by the Mann-Kendall test and sen's slope estimates- excel template application Makesens. *Publications on Air Quality No. 31 Vuorikatu 24. Report code FMI-AQ-31*
- **Santana Teles, H. M., C. S. Ferreira, M. E. de Carvalho, R. de Lima Valquíria, F. Zacharias.** 2002. Schistosomiasis Mansoni in Bananal (State of Sao Paulo, Brazil). II. Intermediate Hosts. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, 97(Suppl. I):37-41.
- **Santos do Amaral, R., P. L. Tauil, D. Duarte Lima, D. Engels,** 2006. An analysis of the impact of the Schistosomiasis Control Programme in Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, vol.101 suppl.1.

- **Sattenspiel, L.** 2000. Tropical environments, human activities, and the transmission of infectious diseases. *Phys Anthropology*, 43:3-31.
- **Sattenspiel, L.** 2001. Tropical environments, human activities, and the transmission of infectious diseases. *American Journal of Physical Anthropology*. 113(S31):3-31.
- **Schmidt, G. D. y L. S. Roberts.** 1984. *Fundamentos de Parasitología*, Compañía Editorial Continental, S. A. De C. V., México, pág. 302-304.
- **Schwanbek, A., W. Becker y H. Rupprecht.** 1986. Quantification of parasite development in the host-parasite system *Biomphalaria glabrata* and *Schistosoma mansoni*. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 72:365-373.
- **Shiff, J., A. Evans, C. Yiannakis y M. Eardley.** 1975. Sesonal influence on the production of *Schistosoma haematobium* and *S. Mansoni* cercariae in Rhodesia. *International Journal for Parasitology*. 5:119-123.
- **Southgate, V. R., L-A. Tchuem Tchuenté, M. Séne, D. De Clercq, A. Théron, J. Jourdane, B. L. Webster, D. Rollinson, B. Gryseels, J. Vercruysee.** 2001. Studies on the Biology of Schistosomiasis with Emphasisi on the Senegal River Basin. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Río de Janeiro*, 96(Supp 1):75-78.
- **Souza, C. P. de, N. Araújo, L. K. Jannotti-Passos y C. T. Guimaraes.** 1994. Production of *Schistosoma mansoni* Cercariae by *Biomphalaria glabrata* from a Focus in Belo Horizonte, Minas Gerais. *Rev. Inst. Med. Trop. Sao Paulo*, 36(6):485-489.
- **Souza, C. P. de, R. C. P. Cunha y Z. A. Andrade.** 1995. Development of *Schistosoma mansoni* in *Biophalaria tenagophila*, *Biomphalaria straminea* and *Biomphalaria glabrata*, *Rev. Inst. Med. Trop. São Paulo*, 37:201-206.
- **Souza, C. P. de y L. C. Lima.** 1997. *Moluscos de Interesse Parasitológico do Brasil*. Belo Horizonte, Brazil. Serie de esquistossomase n.1 FIOCRUZ/CPqRR.
- **Standen, O. D.** 1951a. The effect of temperature, light and salinity upon the hatching of the ova of *Schistosoma mansoni*. *Trans R Soc. Trop. Med. Hyg.*, 45:225-241.
- **Standen, O. D.** 1951b. Some observations upon the maintenance of *Australorbis glabratus* in the laboratory. *Ann. Trop. Med. Parasitol.*, 45(1):80-83.
- **Stirewalt, M. A.** 1954. Effect of snail maintenance temperatures on development of *Schistosoma mansoni*. *Exp Parasitol*, 33:504-516.
- **Stirewalt, M. A. y W. A. Fregeau.** 1965. Effect of Selected Experimental Conditions on Penetration and Maturation of *Schistosoma mansoni* in Mice. *Experimental Parasitology*, 17:168-179

- **Théron, A.** 1980. Dynamics of larval populations of *Schistosoma mansoni* in *Biomphalaria glabrata*. I. Rhythmic production of cercariae in monomiracidial infections. *Ann. Trop. Med. Parasit.*, 75:71-77.
- **Thiengo, S. C., M. A. Fernandez, M. F. Boaventura y M. A. Stortti.** 1998. A Survey of Freshwater Gastropods in the Microrregião Serrana of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 93:233-234
- **Thiengo, S. C., M. A. Fernandez, M. F. Boaventura, C. E. Grault, H. F. R. Silva, A. C. Mattos y S. B. Santos.** 2001. Freshwater Snails and Schistosomiasis mansoni in the State of Rio de Janeiro, Brazil: I - Metropolitan Mesoregion. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 96:177-184.
- **Thomas, J. D.** 1995. The Snail Hosts of Schistosomiasis: Some Evolutionary and Ecological Perspectives in Relation to Control. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 90(2):195-204.
- **Thurston, J. P.** 1963. Schistosomes from *Hippopotamus amphibius* L. I. The morphology of *Schistosoma hippopotami* sp. nov. *Parasitology*, 53:49-54.
- **Utzinger, J. y M. Tanner.** 2000. Microhabitat Preferences of *Biomphalaria pfeifferi* and *Lymnaea natalensis* in a Natural and a Man-made Habitat in Southeastern Tanzania. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, 95(3):287-294.
- **Valle, C. M., J. Pellegrino y N. Alvarenga.** 1971. Ritmo circadiano de emergencia de cercárias (*Schistosoma mansoni* - *Biomphalaria glabrata*). *Rev. Bras. Biol.*, 31:53-63.
- **Vasconcellos, M. C. y V. T. Schall.** 1986. Latex of "coroa de cristo" (*Euphorbia splendens*): An effective molluscicide. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 81:475-476.
- **Waldman, E. A., E. Godoy, J. K. Vasconcelos y J. C. R. Andrade.** 1982. Aspectos epidemiológicos da esquistossomose no Estado de São Paulo: subsídios para um programa de controle (Apresentado no 18º Congresso da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical, Ribeirão Preto).
- **Xiao-Nong Zhou, Guo-jing Yang, Kun Yang, Xian-Hong Wang, Qing-Biao Hong, Le-Ping Sun, J. B. Malone, T. K. Kristensen, N. R. Bergquist y J. Utzinger.** 2008. Potencial Impact of Climate Change on Schistosomiasis Transmission in China. *Am. J. Trop. Med. Hyg.*, 78(2):188-194.
- **Yamaguti, S.** 1971. "Synopsis of the Digenetic Trematodes of Vertebrates." Vol. 1. Keigaku Publishing Co. Ltd, Tokyo. 1074 pp.
- **Yipp, M. W.** 1990. Distribution of the Schistosome vector snail, *Biomphalaria straminea* (Pulmonata: Planorbidae) in Hong Kong. *Journal of Molluscan Studies*, 56(1):47-55.

FUENTES DE INFORMACIÓN

- **National Oceanic and Atmospheric (NOAA, USA):**
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/timeseries/timeseries1.pl>
- **National Climatic Data Center, (NCDC), NOAA:**
<http://www7.ncdc.noaa.gov/CDO/cdosubqueryrouter.cmd>.
- **IPCC-DDC 4th Assessment Report:**
<http://www.ipcc-data.org/maps/>