

RIESGOS POTENCIALES Y REALES DEL CONFINAMIENTO DE MURCIÉLAGOS EN UN EMBALSE: CASO DEL DIQUE ESCABA, ARGENTINA

Sergio Gustavo Mosa¹

RESUMEN

Siempre se ha considerado que trabajar en áreas de residencia de colonias de murciélagos representa un riesgo serio para la seguridad y la salud de los trabajadores, investigadores y personas visitantes. En las cavidades naturales o artificiales habitadas por colonias de murciélagos, suelen contener atmósferas mortales debido a la presencia de gases nocivos y/o a la ausencia de oxígeno. El dique de Escaba, situado al sur de la Provincia de Tucumán, alberga dentro de su vertedero la mayor colonia de maternidad del murciélago cola corta de Sudamérica (*Tadarida brasiliensis*). Su población, varía entre 1,3 y 1,5 millones de ejemplares cada verano. Como la misma impedía la auscultación de la presa, fue confinada a sólo un espacio del vertedero en 2002. Este confinamiento, ha provocado el riesgo de la concentración de estos gases tóxicos y de enfermedades asociadas a la colonia. Para ello se realizó un estudio de los mismos. Los resultados mostraron que las concentraciones fueron de 73 ppm de NH₃, un 1.81% de CO₂, un 19.0% de O₂, un LEL +1000% de CH₄ con el riesgo para que este gas entre en combustión en condiciones normales y de 0.8 ppm de SO₂. Estos valores, superan los valores mínimos críticos establecidos por el NIOSH de 50 ppm de NH₃, 9.0% de O₂, un 1.0% de CO₂, un LEL -100 % de CH₄ y de un 0.5 ppm de SO₂. También se estudió la presencia en el guano depositado en el piso, del hongo *Histoplasma capsulatum* causante de la histoplasmosis. Se encontró una alta concentración del mismo. La infección ocurre por inhalación de las esporas, las cuales fácilmente se suspenden en el aire por disturbios ocasionados en los depósitos fecales secos. Entre las formas sintomáticas mortal de esta enfermedad está la Histoplasmosis cavitaria crónica. Por ello para poder trabajar dentro del vertedero, los trabajadores deben estar provistos con equipos respiratorios adecuados.

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Tadarida brasiliensis (Figura 1) es una de las especies de murciélagos de mayor distribución en el hemisferio occidental y es considerada como una de las especies de mamíferos más abundantes de América del Norte y Central (Tuttle, 1994). Su área de distribución también cubre parte de

Existen numerosos estudios sobre sus poblaciones en el hemisferio norte (Davis *et al.* 1962; Barbour y Davis, 1969; Glass, 1982; McCracken, 1986, 1996; Freeman y Wunder, 1988; Wilkins, 1989; Frazee y Wilkins, 1990; McCracken y Gustin, 1991; Tuttle, 1994; Kunz *et al.* 1995a, 1995b; Whitaker *et al.* 1996; Russell y McCracken, 2001; Krutzsch *et al.* 2002; Keely y Keely, 2004; McCracken *et al.* 2008; López-González *et al.* 2010), sin embargo sorprendentemente existen muy pocos registros poblacionales tanto en América Central (McCarthy *et al.* 1993) como en América

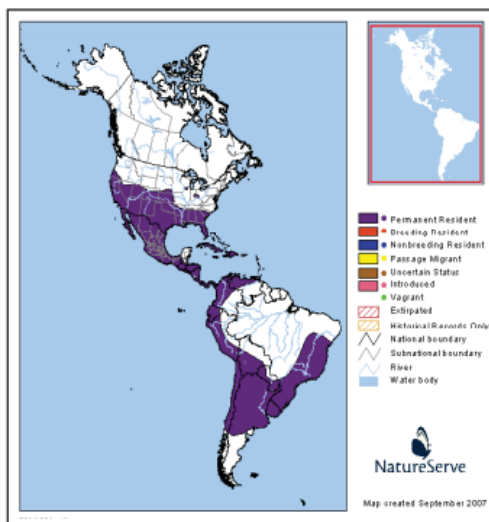
Latinoamérica desde Venezuela hasta los 40° de Latitud Sur aproximadamente, en Chile y Argentina (Barquez *et al.* 1993), salvo gran parte del área amazónica (Figura 2).

Las mayores colonias de esta especie están ubicadas en cavernas en la parte norte del área de distribución, con algunas que alcanzan varias decenas de millones de individuos.

del Sur (Marques, 1994; Romano *et al.* 1999; Regidor *et al.* 2004).

T. brasiliensis es una especie descrita como migratoria, al menos en el norte de su área de distribución. Esta migración es predominantemente de hembras que se desplazan hacia áreas de latitudes más altas para establecer colonias de maternidad y cría. Las migraciones de regreso son otoñales, provocadas por repentinas caídas de la temperatura ambiental, debido principalmente a pasajes de frentes muy fríos desde el norte (Glass, 1982).

¹ Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo. Universidad Nacional de Salta. E-mail sergiomosa@hotmail.com

Figura 1. Foto de un ejemplar de *T. brasiliensis*Figura 2. Área de distribución de *T. brasiliensis*. Modificado de InfoNatura: Animals and Ecosystems of Latin America (web application), 2007.

Por otra parte no se conoce de migraciones en las zonas centrales y en el extremo sur del área de distribución, si bien se ha justificado que si se producen las mismas, lo hagan en forma similar a las descritas en el hemisferio norte (Villa, 1956; Villa y Villa Cornejo, 1969).

1.2. Área de estudio

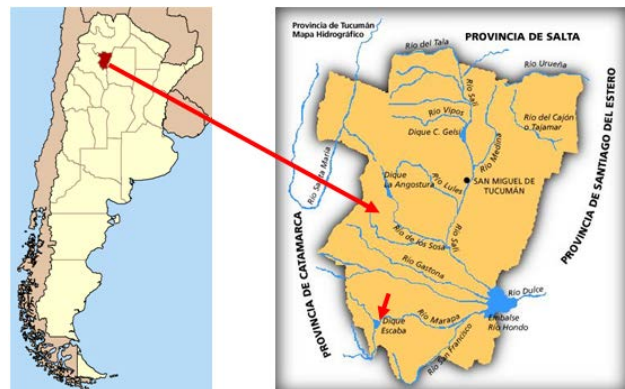
El embalse de Escaba se encuentra ubicado a 27°39' 31.6'' Sur y 65°45' 46.3'' Oeste, en el sudoeste de la provincia de Tucumán, en el noroeste de Argentina (Figura 3). El espejo de agua se ubica a 700 msnm y en él convergen los ríos Singuil y Chavarría, perteneciente a la cuenca del río Salí-Dulce, dando lugar a un embalse de 535 ha, y una capacidad de 114 hm³ (Mosa y Núñez, 2005), y que se utiliza para atenuación de crecidas, generación de energía eléctrica, provisión de agua para riego, recreación y turismo (Figura 4). El clima de esta área es subtropical con una temperatura media anual de 24°C y precipitaciones medias anuales superiores

a 1100 mm, principalmente con ocurrencias en el verano (Bianchi, 1980; 1996).

La presa fue construida en hormigón durante la década de 1940, instalándose tempranamente en el interior de la estructura de su vertedero de una colonia reproductiva de *T. brasiliensis*, molosido de amplia distribución en Sudamérica. Las características de la estructura del vertedero, como los techos abovedados, el amplio volumen interior y el difícil acceso a posibles predadores, favorecieron el desarrollo de esta agregación colonial.

El vertedero de la presa, lugar donde se agrega la colonia, es una estructura de hormigón de 75 m de longitud y 66 m de altura (Figura 4). El interior está dividido en 7 cavidades o compartimientos iguales de 10 m de ancho, los cuales reciben el nombre combinado de sus respectivos contrafuertes laterales de sostén, por lo que de noroeste a sureste se ubican las cavidades (vanos) 15-14, 14-13, 13-12, 12-11, 11-10, 10-9 y 9-8 (Figura 5). El interior de la estructura puede recorrerse en toda su longitud por dos pasarelas, una superior y otra inferior, de 1.4 m de ancho (Figura 6).

Figura 3. Ubicación del embalse de Escaba en la Provincia de Tucumán.



En la actualidad esta colonia se encuentra protegida, existiendo una Ley Provincial que la declara Monumento Natural, una medida legislativa correcta desde el punto de vista de la conservación, aún cuando se puede cuestionar la aplicación del término Natural a una colonia que habita una estructura de origen antrópico, altamente transformado (Regidor *et al.* 2004). La especie se encuentra además incluida en la Convención sobre Conservación de Especies Migratorias de Animales Silvestres, a la cual Argentina ha adherido en 1991.

La antigüedad de la presa de casi 70 años, por cuestiones de seguridad exigía ser auscultada con mayor periodicidad y detalle que construcciones más recientes, lo que requiere el ingreso periódico de personal y la instalación de equipo de medición de alta precisión en el interior de la estructura, además de una atmósfera limpia, buena iluminación y un ambiente cómodo para el trabajo de los técnicos. Lamentablemente, la presencia de los murciélagos en toda la estructura interior del vertedero constituía un obstáculo para estas tareas, originándose un conflicto de intereses entre el control del normal del funcionamiento de la presa y la conservación de la colonia. Como una alternativa que pudiera compatibilizar los intereses contrapuestos de los grupos conservacionistas y los funcionarios encargados de la seguridad de la presa, se reubicó la colonia de murciélagos en el año 2002,

confinándola únicamente a una de las 7 cavidades interiores de la estructura del vertedero, el situado en el extremo noroeste de la misma, el denominado 15-14 (Figura 5). Este confinamiento fue realizado mediante el uso de luces y naftalina desde el vano 9-8 al vano 15-14 del vertedero, durante el invierno (Junio a Agosto), cuando la población aún no llegaba de su migración primaveral, que se produce en el mes de Septiembre (Regidor *et al.* 2004). Desde ese año la colonia se encuentra confinada únicamente dentro del vano 15-14 (Figura 5) y el único acceso al mismo es sobre las dos bocas de entrada —de 1.0 m de ancho y de 1.70 m de altura— que miran al noroeste y que están ubicadas sobre las dos pasarelas (superior e inferior), siendo las únicas vías por la cual los murciélagos entran y salen del refugio durante sus movimientos nocturnos (Figura 6).

Figura 5. Ubicación del vano 15-14 del vertedero donde fue confinada la población de *T. brasiliensis* en Escaba.

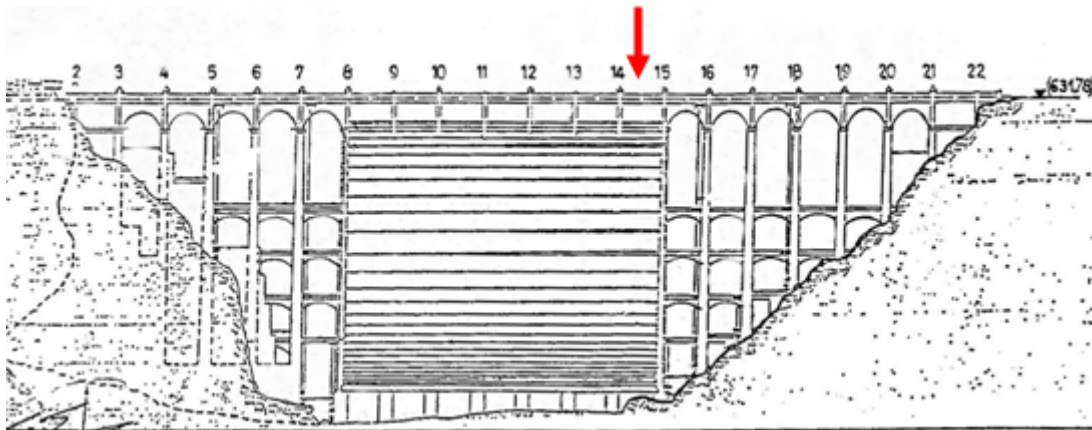
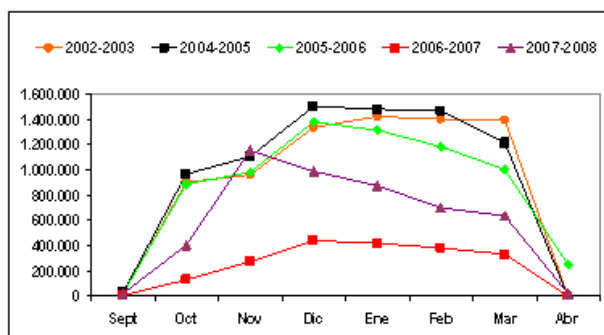


Figura 6. Bocas de entrada al vano 15-14, por las pasarelas superior e inferior (foto de la izquierda) y vista de una de ellas (foto de la derecha) del embalse de Escaba.



Figura 7. Evolución de la población de *T. brasiliensis* entre los meses de Septiembre y Abril desde los años 2002-2003 a 2007-2008.



Según los estudios llevados a cabo por Mosa y Gorostiague (2008) (Figura 7), la población varía entre 1.0 y 1.3 millones de ejemplares para el mes de Noviembre (antes del nacimiento de las crías).

1.3. Riesgos de trabajar en áreas con altas densidades de murciélagos

Siempre se ha considerado que trabajar en áreas de residencia de colonias de murciélagos representaba un riesgo serio para la seguridad y la salud de los trabajadores, investigadores, personas visitantes e incluso el resto de la fauna silvestre que residan en cercanías a dichas zonas. En los últimos 40 años los murciélagos han sido extensamente estudiados para buscar evidencias de infección de varios agentes patógenos y con no poca sorpresas, numerosos agentes de enfermedades han sido encontrados. En la gran mayoría de los casos, los murciélagos causantes de estas enfermedades tuvieron contactos incidentales con hombres o con la fauna silvestre.

Los problemas potenciales de la salud pública asociados a los murciélagos han sido revisados ampliamente por algunos autores (Constantine, 1970, 1988; Tuttle y Kem, 1981).

Este confinamiento de la colonia de *T. brasiliensis* en un solo espacio (vano 15-14), puede provocar el riesgo de concentración de gases tóxicos y de enfermedades asociadas a la colonia. Para ello se realizó el presente estudio para conocer los valores de los mismos.

1.4. Riesgos potenciales: gases tóxicos

En las cavidades naturales o artificiales habitadas por colonias de murciélagos como cuevas,

túneles, pozos y estructuras civiles, suelen contener atmósferas mortales debido a la presencia de gases nocivos y/o a la ausencia de oxígeno. Los gases nocivos son encontrados más frecuentemente en túneles de minas, aunque la información publicada es muy escasa. La mayoría de estos gases son inodoros y si están presentes en grandes concentraciones ellos pueden afectar a las víctimas sin previo aviso. Las mezclas de gases están frecuentemente presentes, complicando la detección y los métodos de seguridad. Aunque son ampliamente conocidos los problemas ocasionados por la presencia de gases en cavidades, los reportes de fatalidades son poco conocidos.

Además, las extenuantes actividades físicas de trabajar en estos lugares y la excesiva temperatura y humedad que frecuentemente prevalecen en estos ambientes, no solo afectan directamente a los humanos en forma adversa, sino que ellos también incrementan la frecuencia y la intensidad de la respiración, consecuentemente incrementando la exposición a dichos gases.

Los gases presentes en estas cuevas se los pueden clasificar como 1) irritantes, que incluye al amoníaco (NH_3) y el dióxido de azufre (SO_2); o 2) asfixiantes simples que bloquean el acceso del oxígeno atmosférico por desplazamiento o dilución. Estos incluyen al dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el nitrógeno (N_2); y 3) los asfixiantes tóxicos, como el sulfuro de hidrógeno (H_2S) y el monóxido de carbono (CO).

Estos gases pueden estar presentes solo estacionalmente y localmente dentro de un sistema cerrado. Algunos gases (CO_2 , H_2S y SO_2) son más pesados que el aire y son usualmente encontrados al nivel del piso o en los estratos más bajos y profundos. Otros gases (NH_3 , CH_4) son más livianos que el aire y pueden ser liberados al abrirse una cavidad o ser atrapados en la parte superior de la cámara.

El Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud de los Estados Unidos (NIOSH) ha recomendado límites de exposición para los humanos de estos gases dañinos (Mackinson *et al.* 1981) (Tabla 1). Por ello es aconsejable prestar atención a estos estándares por los trabajadores, científicos y visitantes para evitar sufrir daños cerebrales o daños permanentes en los pulmones, y si no la muerte.

Tabla 1. Algunas características y límites de exposición de ciertos gases.

	Densidad	Olor	Concentraciones explosivas	Exposición límite recomendada por el NIOSH*
Amoniaco (NH ₃)	0.7708	Penetrante	160000-250000 ppm (16-25 %)	Por debajo de 50 ppm (con un tope máximo de 50 ppm de 5´) para una jornada de 10 horas y un periodo laboral de 40 horas semanales.
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1.9768	Ninguno	Ninguna	Por debajo de 10000 ppm promedio (con un tope máximo de 30000 ppm de 10´) para una jornada de 10 horas y un periodo laboral de 40 horas semanales
Oxígeno (O ₂)	1.4290	Ninguno	Ninguna	Ninguna
Metano (CH ₄)	0.7168	Ninguno	50000-150000 ppm (5-15 %)	Ninguno
Dióxido de Azufre (SO ₂)	2.9266	Fósforo encendido	Ninguna	0.5 ppm para una jornada de 10 horas y un periodo laboral de 40 horas semanales

* National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Public Health Service (1992).

El amoniaco (NH₃) proviene de la orina y las heces de los murciélagos. El límite máximo de exposición permitido debe ser menor de 50 partes por millón (ppm) durante 5´ en una jornada de trabajo de 10 horas (según la NIOSH). A concentraciones cercanas a 100 ppm, se produce una irritación de las membranas mucosas, garganta y pulmones. También se produce un gran ardor en los ojos, conjuntivitis, irritación de la piel, párpados y labios hinchados, boca y lengua rojiza y seca y síntomas de congestión pulmonar.

El dióxido de carbono (CO₂) proviene de los microorganismos en los depósitos de heces y la actividad metabólica de los murciélagos (James, 1977). El límite de exposición permitido es de 10000 ppm (1%) durante 10´ en una jornada de trabajo de 10 horas (según la NIOSH).

La concentración normal del aire que inhalamos, usualmente contiene cerca del 0.03% de CO₂ y el aire que exhalamos contiene alrededor del 4.38%. El CO₂ tiende a permanecer en los estratos más bajo de una cueva, al nivel del piso. Los síntomas normales de la presencia de este gas, son una respiración agitada, seguida por dolores de cabeza, mareos y sudoración.

El aire ambiente normal contiene una concentración de oxígeno del 20.9%. Cuando el nivel de oxígeno cae por debajo de 19.5%, se considera que el aire es deficiente en oxígeno. El O₂ atmosférico disminuye ante la presencia de algunos gases asfixiantes simples, como el CO₂ y el NH₃ en altas concentraciones. Los murciélagos poseen una extraordinaria resistencia a la anoxia. El límite de exposición permitido es de 9% durante 10´ en una

jornada de trabajo de 10 horas (según la NIOSH, 1992).

En concentraciones menores de 12-16% no se sienten síntomas, salvo un pequeño incremento de la frecuencia respiratoria y pequeñas palpitaciones del corazón, o leve incoordinación y mareos. A concentraciones del 10-14% se suele percibir una inestabilidad emocional y sentirse exhausto al menor esfuerzo.

El metano (CH₄) está presente como proceso de descomposición de la materia orgánica (heces) de los murciélagos que se deposita en el piso de las cuevas con presencia de agua. El mínimo nivel para que el CH₄ entre en combustión en condiciones normales (1 atm., 21% oxígeno y 20°C) es de 100 LEL (Low Explosive Limit), correspondiente al 5% del volumen de aire. Este gas no tiene prácticamente efectos fisiológicos nocivos, cuando se encuentra en concentraciones bajas y no inflamables del 5% y puede llegar a ser asfixiante a altas concentraciones, cercanas al 87%.

El dióxido de azufre (SO₂) está presente como proceso de descomposición de materia orgánica en aguas acumuladas y que adquiere cierta temperatura. El límite de exposición permitido es de 0.5 ppm en una jornada de 10 horas (según la NIOSH, 1992). Este gas irritante se disuelve en los fluidos de las mucosas de la nariz, la saliva de la boca, convirtiéndose en ácido sulfuroso y ácido sulfúrico. Por ello, produce un agudo dolor y la destrucción de los tejidos de la piel, ojos, sistema respiratorio, boca, dientes, faringe, esófago y estómago.

1.5. Riesgos potenciales: histoplasmosis

La histoplasmosis asociada a los murciélagos es otro gravísimo problema al que se debe prestar especial atención cuando se debe trabajar en las áreas de altas densidades de murciélagos, ya que este patógeno puede ser inadvertidamente transferido y ser contagiado a partir de las heces depositadas en los pisos de dichas áreas.

Es una enfermedad causada por el hongo dimórfico *Histoplasma capsulatum*, que se encuentra en el substrato constituido por abundante materia orgánica (heces de murciélagos) y se desarrolla en condiciones de temperatura y humedad altas (MakKinnon, 1971).

La manifestación de esta enfermedad en el hombre depende grandemente de la dosis de esporas inhaladas. Los síntomas aparecen luego de un periodo de incubación de 1 o 2 semanas. Alrededor del 10% de las personas infectadas experimentaron una o más formas sintomáticas de la enfermedad, que varían desde síntomas como respiración dificultosa, tos seca y dolor de pecho, acompañados de fiebre, sudoración nocturna, pérdida de peso y esputo sangrantes. El 50% de las víctimas mortales mueren dentro de los 5 años (Velazco-Castrejón y González-Ochoa, 1977).

1.6. Otros riesgos potenciales:

a) Ectoparásitos y orina.

No se conoce ningún tipo de enfermedad transmitida al hombre por los ectoparásitos de los murciélagos (salvo repugnancia). También en estas cuevas densamente pobladas por murciélagos existe el riesgo de exposición a la orina de estos animales. El contacto con la orina aumenta el riesgo de infectarse por ejemplo por la *leptospirosis* (por contacto con las membranas mucosas o heridas en la piel).

Esta enfermedad febril es producida por la bacteria *Leptospira interrogans*, que afecta a humanos y otros animales, como mamíferos, aves, anfibios, y reptiles. Los principales síntomas son fiebre, cefalea, dolores musculares, articulares y óseos, ictericia, insuficiencia renal, hemorragias y afectación de las meninges.

b) Rabia

Otra fuente de riesgo ampliamente considerada en la bibliografía es la transmisión de virus, principalmente de la rabia. Al respecto se han encontrado recientemente varios virus reconocidos o emparentados con la rabia, en África y Europa para los cuales no existe aun protección específica.

Tanto la rabia como los virus emparentados con la rabia pertenecen al género *Lyssavirus*, y pertenecen a los denominados *rhabdovirus*, una familia de virus que se hospedan y son propios de los vertebrados, invertebrados y plantas. Dichos virus son introducidos por medio de la saliva contaminada en el instante de una mordida o por inhalación.

Se estima que el 0.1 y 0.5% de los murciélagos suelen estar infectados con el virus de la rabia. Los murciélagos muestran una inmunización a la exposición de este virus, lo que sugiere una relación de larga convivencia entre este virus mortal y los hospedadores (Constantine, 1967; Constantine *et. al.* 1968; De Diego y Valotta, 1981).

MÉTODOS

2.1. Medición de gases tóxicos

Las evaluaciones se realizaron el día 06 de Octubre de 2006 (época en que encontraba presente la colonia en el embalse, con una población estimada de unos 160000 individuos) y el día 09 de Agosto de 2007 (época en que la misma ya había migrado). Se midieron las concentraciones de amoníaco (NH₃), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), metano (CH₄) y de dióxido de azufre (SO₂), tanto en el vano actualmente ocupado por la población de *T. brasiliensis* (15-14), como en el vano vecino y liberado de la colonia (14-13).

Para ello se utilizó un medidor de gases para ambientes confinados QRAE PLUS, el que se colocó a 2 metros dentro del vano 15-14, durante un tiempo de 10 minutos. Este equipo es un monitor multigases programable, diseñado para alertar y medir concentraciones simultáneamente de varios gases tóxicos, gases inflamables y concentración de oxígeno. Está diseñado para medir los mismos en espacios confinados, plantas de tratamiento de aguas residuales, minas, túneles, alcantarillado, etc. (Figura 8).

Figura 8. Medidor de gases para ambientes confinados QRAE PLUS.

2.2. Estudios sobre la presencia de histoplasmosis

Este estudio se realizó el día de Febrero de 2004. Se tomaron 7 muestras de las heces en el vano actualmente ocupado por la población de *T. brasiliensis*

(15-14) y en 3 vanos liberados de la colonia (14-13, 11-10 y 10-9).

Como *H. capsulatum* es un hongo dimórfico termal que puede desarrollarse en dos diferentes formas: a temperatura ambiente —alrededor de 24°C— adquiere la forma de micelio (forma filamentososa) y a temperatura de 37°C (temperatura corporal de los mamíferos) adquiere forma de una levadura, por ello, en el laboratorio se llevaron a cabo dos tipos de cultivos a estas dos diferentes temperaturas.

RESULTADOS

3.1. Gases tóxicos presentes

Las concentraciones de amoníaco (NH₃), dióxido de carbono (CO₂), oxígeno (O₂), metano (CH₄) y dióxido de azufre (SO₂), medidas tanto en el vano actualmente ocupado por la población de *T. brasiliensis* (15-14), como en el vano vecino y liberado de la colonia (14-13) se pueden apreciar en las siguientes Tablas 2 y 3.

Tabla 2. Medición de gases tóxicos en el mes de Octubre de 2006

	Vano ocupado por la colonia (15-14)	Vano liberado de la colonia (14-13)
Amoniaco (NH ₃)	73 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Carbono (CO ₂)	1.81 %	0.04 %
Oxígeno (O ₂)	19.0 %	20.6 %
Metano (CH ₄) (LEL)	+1000 %	73 %
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0.8 ppm	0.2 ppm
Temperatura dentro del vano	24°C	20°C

Tabla 3. Medición de gases tóxicos en el mes de Agosto de 2007

	Vano ocupado por la colonia (15-14)	Vano liberado de la colonia (14-13)
Amoniaco (NH ₃)	0.1 ppm	0.0 ppm
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.04 %	0.04 %
Oxígeno (O ₂)	20.6 %	20.7 %
Metano (CH ₄) (LEL)	0.0 %	0 %
Dióxido de Azufre (SO ₂)	0.0 ppm	0.0 ppm
Temperatura dentro del vano	24°C	20°C

3.2. La presencia de histoplasmosis

Se comprobó en forma positiva la presencia de *H. capsulatum* en los depósitos de heces de los murciélagos *T. brasiliensis* en los vanos de Escaba,

tanto en el área que actualmente ocupa la colonia (vano 15-14), como en el resto de los vanos actualmente desocupados (Tabla 4).

Tabla 4. Desarrollo positivo (+) y negativo (-) de *H. capsulatum* a distintas temperaturas (24 y 37°C) en las distintas muestras (M_n) tomadas en los vanos del embalse de Escaba.

	Vano (15-14)				Vano (14-13)	Vano (11-10)	Vano (10-9)
	Corredor Superior		Corredor Inferior				
	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇
24 ° C	+	--	+	+	--	+	+
37 ° C	--	--	+	+	--	--	+

La forma de micelio fue detectada en el 71 % de las muestras tomadas y la forma de levadura fue detectada en el 43 % de las muestras tomadas (Figuras 9 y 10).

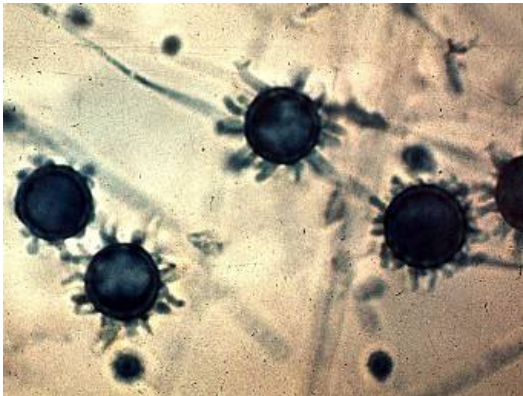


Figura 9. Forma de micelio (macroconidios) de *H. capsulatum* (a temperatura de 24°C).

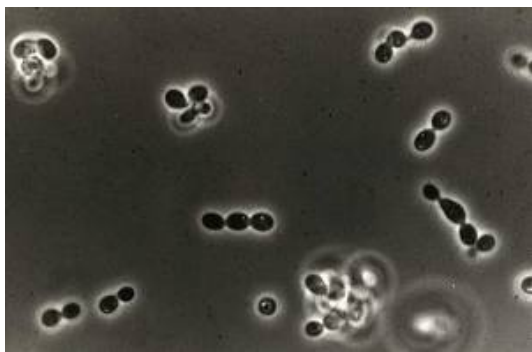


Figura 10. Forma de levadura de *H. capsulatum* (a temperatura de 37°C).

3.3 Gases tóxicos

El NIOSH (1992) estableció que el límite máximo de exposición en una atmósfera de NH_3 deber ser menor de 50 ppm (con un tope máximo de 50 ppm en 5 minutos) para una jornada de trabajo de 10 horas y para un periodo laboral de 40 horas semanales. Según Studier *et al.* (1967) los murciélagos de la especie *T. brasiliensis* —como los que habitan el vano de la presa de Escaba— pueden vivir en atmósferas de hasta 100 veces esa concentración (5000 ppm); se ha podido evidenciar que en el embalse de Escaba la concentración de este gas en el vano ocupado por los murciélagos, cuando la colonia estaba presente en el mes de Octubre de 2006, fue de 73 ppm, cuyo valor supera ampliamente a lo establecido como límite superior de exposición por parte del organismo de seguridad y salud de los EE.UU.

Esta alta concentración de NH_3 encontrada en el vano 15-14 —durante el período de establecimiento de la colonia (mes de Octubre)— no se reflejó en el vano continuo (14-13) cuyo valor encontrado fue de 0.0 ppm; y las mediciones llevadas a cabo en el mismo vano donde se ha confinado a la colonia, pero durante el período de ausencia de la misma (mes de Agosto), se redujo a una escasa concentración de 0.1 ppm, mientras que el vano continuo continuaba sin registrarse la presencia de este gas.

En cuanto al dióxido de carbono (CO_2), el NIOSH (1992) ha establecido un límite de exposición permitido en 10000 ppm (1%) en promedio para una jornada de trabajo de 10 horas y para un periodo laboral de 40 horas semanales, con un tope máximo de 30000 ppm (3%) en promedio en un periodo de 10 minutos. Se ha podido evidenciar que en el embalse de Escaba la concentración de este gas en el vano ocupado por los murciélagos, cuando la colonia estaba presente en el mes de Octubre de 2006, fue de 1.81%, cuyo valor casi dobla por lo establecido como límite superior de exposición por parte del organismo de seguridad y salud de los EE.UU.

Esta alta concentración de CO_2 encontrada en el vano 15-14 —durante el período de establecimiento de la colonia (mes de Octubre)— no se reflejó en el vano continuo (14-13) cuyo valor encontrado fue de 0.4%; y las mediciones llevadas a cabo en el mismo vano donde se ha confinado a la colonia —pero durante el período de ausencia de la misma (mes de Agosto)— se redujo a una concentración de solo 0.4%, y dicho valor también fue registrado en el vano continuo.

En relación a la deficiencia de oxígeno (O_2), los murciélagos suelen poseer extraordinaria resistencia a la anoxia (Britton y Cline, 1945); sin embargo se ha podido evidenciar que en el embalse de Escaba la concentración de este gas en el vano ocupado por los murciélagos —cuando la colonia estaba presente en el mes de Octubre de 2006— fue de 19.0%, cuyo valor no es significativo para constituir un riesgo para los humanos, según lo establecido por parte del organismo de seguridad y salud de los EE.UU, mientras que la concentración encontrada en el vano 14-13 tuvo un valor de 20.6%; y las mediciones llevadas a cabo en el mismo vano donde se ha confinado a la colonia —pero durante el período de ausencia de la misma (mes de Agosto)— se elevó a una concentración de 20.6%, mientras que en el vano continuo era de 20.7 %.

En cuanto al metano (CH_4), se ha podido evidenciar que en el embalse de Escaba la concentración de este gas en el vano ocupado por los murciélagos —cuando la colonia estaba presente en el mes de Octubre de 2006— fue de un LEL +100 % cuyo valor lo convierten en potencialmente explosivo; mientras que la concentración encontrada en el vano 14-13 tuvo un valor de 73%; y las mediciones llevadas a cabo en el mismo vano donde se ha confinado a la colonia —pero durante el período de ausencia de la misma (mes de Agosto)— fue de 0.0%, y similar valor fue registrado en el vano continuo.

Con respecto al dióxido de azufre (SO_2), el NIOSH (1992) recomienda un límite de exposición promedio de 0.5 ppm en una jornada laboral de 10 horas y un periodo de trabajo de 40 horas semanales. Se ha podido evidenciar que en el embalse de Escaba la concentración de este gas en el vano ocupado por los murciélagos —cuando la colonia estaba presente en el mes de Octubre de 2006— fue de 0.8 ppm cuyo valor supera lo establecido como límite superior de exposición por parte del organismo de seguridad y salud de los EE.UU.; mientras que la concentración encontrada en el vano 14-13 tuvo un valor de 0.2 ppm; y las mediciones llevadas a cabo en el mismo vano donde se ha confinado a la colonia —pero durante el período de ausencia de la misma (mes de Agosto)— fue de 0.0 ppm, y similar valor fue registrado en el vano continuo.

En cuanto a la histoplasmosis, se pudo comprobar en forma positiva la presencia de *H. capsulatum* en los depósitos de heces de los murciélagos *T. brasiliensis* en los vanos de Escaba, tanto en el área que actualmente ocupa la colonia (vano 15-14), como en el resto de los vanos ya desocupados.

DISCUSIÓN

Las altas concentraciones de algunos gases tóxicos presentes en el vano ocupado por la colonia de murciélagos (amoníaco, dióxido de carbono, metano y dióxido de azufre), como la presencia comprobada de esporas de *H. capsulatum* en las heces de murciélagos en casi todos los vanos de la presa de Escaba, tanto en los ya liberados por la colonia, como en el que se encuentra confinada la población, hace extremadamente peligroso el desarrollar cualquier tipo de tareas dentro de las mismas, sin tomar estrictas medidas de seguridad.

Por ello para poder trabajar en la misma, los trabajadores, investigadores y visitantes deberían estar provistos con equipos respiratorios adecuados

para la clase y concentración de los gases contaminantes y para evitar la inhalación de esporas del hongo *H. capsulatum* para el período de trabajo. Existen el mercado de seguridad industrial varios tipos de equipamiento y sistemas de protección respiratoria, tales como máscaras provistas de filtros, protección de la cabeza, cara, ojos, etc., en diferentes modelos y tamaños, los cuales deben ser apropiadamente ajustados para cada trabajador para asegurar una efectiva eficiencia (Figura 11). Estas máscaras para gases poseen filtros que deben ser periódicamente reemplazados, teniendo en cuenta de no superar su vida útil, ya que si estos filtros fallan, se puede estar imperceptiblemente inhalando cantidades cada vez mayor de amoníaco ya que en las tareas cotidianas se tiende a perder la capacidad y la habilidad de percibir los olores luego de una exposición continua.

Para mantener un nivel de seguridad complementario se debe contar con el auxilio de un equipo de oxígeno, provisto de máscaras adecuadas para realizar inhalaciones. Este tubo de oxígeno debe ser del tamaño adecuado para cubrir eventuales necesidades de todos los integrantes del equipo de trabajo. En caso de alguna persona se encuentre accidentalmente incapacitada por los efectos de una fuerte contaminación por estos gases, se la debe rescatar inmediatamente, extrayéndola de la atmósfera contaminada y colocarla bajo una máscara con oxígeno puro.

En caso de una contaminación severa, se debería pedir ayuda a un equipo de rescate especializado como son las de emergencias médicas y solicitar la provisión de un respirador artificial para ayudar a la persona accidentada a purificar y restablecer sus funciones respiratorias.

Figura 11. Modelo del equipamiento y sistemas de protección respiratoria necesarios para poder trabajar con seguridad en el área ocupada por la población de murciélagos en el embalse de Escaba.



En cuanto a las medidas de seguridad complementarias para evitar el contagio del hongo causante de la histoplasmosis se debe humedecer el piso antes de ingresar o caminar por estos sectores para evitar el levantar el polvo del piso, para evitar la inhalación de las esporas.

Para una descontaminación total de estos sitios se debería usar una solución de formol al 3 %. Para cada metro cuadrado se debería usar 50 litros de esta solución, aplicándose un tercio de esta cantidad durante un lapso de 3 días sucesivos. También se debe descontaminar la ropa luego del uso mojándola con esta misma solución y luego colocarla en una bolsa de plástico hasta que la misma pueda ser lavada en agua caliente y detergente; hay que considerar que esta ropa usada, las botas y el equipo y herramientas pueden ser fuentes de contaminación para otras personas.

Ante la muy probable presencia del virus de la rabia proveniente de los murciélagos —se estima que de 1 cada 200 individuos de la población suele estar infectada— (Delpietro *et. al.* 1972), se

recomienda una apropiada inmunización, mediante la aplicación de una vacuna antirrábica, de todas aquellas personas cuyas actividades se realicen en el área del embalse; también para evitar las mordeduras de estos animales se debería usar guantes de cuero. Y finalmente, una medida efectiva para evitar la contaminación por ectoparásitos, dentro del vano ocupado por la población de murciélagos, es la de aplicarse repelentes de insectos en la ropa antes de entrar al mismo. Desde el punto de vista de manejo de fauna sería interesante saber si el confinamiento de los murciélagos en un sector de la represa afectó el tamaño de la población de *T. brasiliensis*, por ejemplo por menor espacio disponible. Para la empresa fue un compromiso aceptable?

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Hidroeléctrica Tucumán S.A. por la financiación del presente estudio.

LITERATURA CITADA

- Barbour, R. W. y W. H. Davis. 1969. Bats of America. University Press of Kentucky, Lexington.
- Barquez, R. M., N. P. Giannini y M. A. Mares. 1993. Guide to the Bats of Argentina. Oklahoma Mus. Nat. Hist., Oklahoma.
- Bianchi, A. R. 1980. Las precipitaciones del noroeste argentino. INTA EERA Salta, Salta.
- Bianchi, A. R. 1996. Temperaturas medias estimadas para la región noroeste de Argentina. INTA EERA Salta, Salta.
- Britton, S. W. y R. F. Cline. 1945. Age, sex, carbohydrate, adrenal cortex and other factors in anoxia. Amer. J. Physiol. **145**:190-202.
- Constantine, D.G. 1967. Rabies transmission by air in bat caves. U.S. Pub. Health Serv., Publ. 1617. Washington.
- Constantine, D. G. 1970. Bats in relation to the health, welfare and economy of man. Pp: 319-449. In: Biology of bats. Vol. II. Academic Press, Nueva York.
- Constantine, D. G., E. S. Tierkel, M. D. Kleckner, y D. M. Hawkings. 1968. Rabies in New Mexico Cavern Bats. Pub. Health Rep. **83**: 303-316.
- Constantine, D. G. 1988. Health Precaution to Bat Researchs. Pp: 491-528. World bats. Academic Press, Nueva York.
- Davis, R., C. Herreid, y H. Short. 1962. Mexican free-tailed bat in Texas. Ecol. Monogr. **32**: 311-346.
- De Diego, A. I. y J. R. Valotta. 1981. Virus Rábico en Murciélagos no Hematófagos. Situación en la República Argentina. Rev. Mil. de Vet. **29** :213-219.

- Delpietro, H., A. M. Díaz, E. Fuenzalida y I. F. Bell. 1972. Determinación de la tasa de ataque de rabia en murciélagos. Bol. Ofi. San. Panam. 63: 222-230.
- Fraze, R. y K. Wilkins. 1990. Patterns of use of man-made roosts by *Tadarida brasiliensis mexicana* in Texas. Southwest. Nat. **35**: 261-267.
- Freeman, J. y L. Wunder. 1988. Observations at a colony of the Brazilian free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) in Southern Colorado. Southwest. Nat. **33** (1): 102-104.
- InfoNatura: Animals and Ecosystems of Latin America (web application). 2007. Version 5.0. Arlington, Virginia (USA): NatureServe. Available from : <http://www.natureserve.org/infonatura>. (accessed 27 de Septiembre de 2008).
- James, J. M. 1977. Carbon dioxide in the cave atmosphere. Trans. British Cave. Res. Assoc. **4**: 417-429.
- Glass, B. P. 1982. Seasonal movements of Mexican freetail bats *Tadarida brasiliensis mexicana* banded in the Great Plains. Southwest. Nat. **27** (2): 127-133.
- Keeley, A. T. H. y B. W. Keeley. 2004. The mating system of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in a large highway bridge colony. J. Mammal. **85** (1): 113-119.
- Krutzsch, P. H., H. Theodore, T. H. Fleming, y E. G. Crichton. 2002. Reproductive biology of male mexican free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis mexicana*). J. Mammal. **83** (2): 489-500.
- Kunz, T. H., O. T. Oftedal, S. K. Robson, M. B. Kretzmann, y C. Kirk. 1995a. Changes in milk composition during lactation in three species of insectivorous bats. J. Comp. Physiol. (B) **164** (7): 543-551.
- Kunz, T. H., J. O. Whitaker Jr. y M. D. Wadanoli. 1995b. Dietary energetics of the Mexican free-tailed bat (*Tadarida brasiliensis*) during pregnancy and lactation. Oecologia **101**: 107-115.
- López-González, C., J. Rascón y F. D. Hernández-Velásquez. 2010. Population structure of migratory Mexican free-tailed *Tadarida brasiliensis mexicana* (Chiroptera) in a Chihuahuan desert roots. Chiroptera Neotropical **16** (1): 557-566.
- Mackinson, F. W., R. S. Sticoff, y L. J. Partridge Jrs. 1981. NIOHS/OSHA occupational health guidelines for chemical hazards. U.S. Dep. Health and Human Services Publ. Pp: 81-123. U.S. Gov. Printing Office, Wahington, D.C.
- MakKinnnon, J. E. 1971. Histoplasmosis in Latin America. Pp: 129-139. In: Histoplasmosis. Charles C. Thomas, Springfiled, Illinois.
- Marques, R. V. 1994. Ciclo reproductivo de *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824) (Chiroptera, Molossidae) em Porto Alegre, Brasil. Iheringia, Serie Zoología **77**: 45-56.
- McCarthy, T. J., W. B. Davis, J. E. Hill, J. K. Jones Jr. y G. A. Cruz. 1993. Bat (Mammalia: Chiroptera) records, early collectors, and faunal lists for northern Central America. Annals of Carnegie Museum **62** (3): 191-228.
- McCracken, G. F. 1986. Why Are We Losing Our Mexican Free-tailed Bats?. Bats **3** :1-4.
- McCracken, G. F: 1996. Bats Aloft: A Study of High-Altitude Feeding. Bats **3**: 7-10.
- McCracken, G. F., y M. K. Gustin. 1991. Nursing Behavior in Mexican Free-tailed Bat Maternity Colonies. Ethology **89**: 305-321.

- McCracken, G. F., E. H. Gillam, J. K. Westbrook, Y. F. Lee, M. L. Jensen, y B. B. Balsley. 2008. Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*: Molossidae, Chiroptera) at high altitude: links to migratory insect populations. *Integrative and Comparative Biology* **48** (1): 107-118.
- Mosa, S.G. y V. Núñez. 2005. Batimetría y estudio de los sedimentos del embalse de Escaba, Provincia de Tucumán. Informe para la empresa Hidroeléctrica Tucumán S.A. Inédito.
- Mosa, S. G. y M. Gorostiague. 2008. Informe final del programa de monitoreo de la colonia de murciélagos del embalse de Escaba. Informe para la empresa Hidroeléctrica Tucumán S.A. Inédito.
- NIOSH. 1992. Recommendations for occupational safety and health: compendium of policy documents and statements. Cincinnati, OH. U.S. Department of Health and Human Service, Public Human Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication :92-100.
- Regidor, H. R., S. G. Mosa, y A. Núñez 2004. Confinamiento de una colonia de *Tadarida brasiliensis*, una alternativa de manejo compatible con la conservación. *Chiroptera Neotropical* **9** (1-2): 157-162.
- Romano, M. C., J. I. Maidagan, y E. F. Pire. 1999. Behavior and demography in an urban colony of *Tadarida brasiliensis* (Chiroptera: Molossidae) in Rosario, Argentina. *Rev. Biol. Trop.* **47** (4): 1121-1127.
- Russell, A. y G. F. McCracken. 2001. Population genetic structure of very large populations: the Mexican free-tailed bat, *Tadarida brasiliensis*. Abstracts for 12th International Bat Research Conference, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia: 11.
- Studier, E. H., L. R. Beck, y R. G. Lindeborg, 1967. Tolerance and initial metabolic response to ammonia intoxication in selected bats and rodents. *J. Mammal.* **48**: 564-572.
- Tuttle, M. D., y S. J. Kem. 1981. Bats and Public Health. *Contributions in Biology and Geology. Milwaukee Public Museum* **48**: 1-11.
- Tuttle, M. D. 1994. The Lives of Mexican free-tailed Bats. *Bats.* **3** :6-14.
- Velazco-Castrejón, O. y A. González-Ochoa. 1977. Primary pulmonary epidemic histoplasmosis in an abandoned mine. *Mykosen* **20**: 393-399.
- Villa, R. B. y M. Villa Cornejo. 1969. Algunos murciélagos del norte de Argentina. *Miscellaneous Publications* 51 Pp: 407-428. University of Kansas Museum of Natural History.
- Villa, R. B. y E. L. Cockrum. 1962. Migration in the Guano Bat *Tadarida brasiliensis mexicana* (Saussure) *J. Mammal.* **43** (1): 43-64.
- Whitaker, J. O., Jr., C. Neefus, y T. H. Kunz. 1996. Dietary variation in the Mexican free-tailed bat *Tadarida brasiliensis*. *J. Mammal.* **77**: 716-724.
- Wilkins, K. 1989. *Tadarida brasiliensis*. *Mamm. Species* **331**: 1-10.