

00361



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

25

ACUMULACIÓN DE RADIATIVIDAD EN
HONGOS Y SU RELACIÓN CON LA BIOLOGÍA
DE ROEDORES MICÓFAGOS EN UN
BOSQUE DE *Abies religiosa*

287731

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
(B i o l o g í a)
P R E S E N T A
BIÓL. VÍCTOR HUGO VALENZUELA GASCA

DIRECTORES DE TESIS: DR. TEÓFILO HERRERA SUÁREZ
DRA. MARIA ISABEL B. GASO PRADA

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Se agradece a las Autoridades del Centro Nuclear de México "Dr. Nabor Carrillo Flores", por la beca proporcionada y al Instituto de Biología, departamento de Botánica, laboratorio de Micología y al museo de Mastozoología por las facilidades que otorgaron para llevar a feliz termino el estudio.

HABLARLE AL KUPURI CON EL CORAZÓN,
CON TU PENSAMIENTO,

Y EL KUPURI VERÁ TU CORAZÓN Y SI TIENES
SUERTE, ESCUCHARAS COSAS Y RECIBIRÁS
COSAS,

PUES SON INVISIBLES PARA LOS DEMÁS,
PERO QUE DIOS TE LAS DA PARA QUE
BUSQUES TU CAMINO.

(HUICHOL APRENDIZ DE CHAMAN)

AGRADECIMIENTOS

A mi padre, a mis hermanos, a quienes a pesar de la distancia, siempre me han ofrecido su ayuda, amor y comprensión, a quien les agradezco todo lo que me han ayudado.

A la M. en C. Esperanza Quintero, al P. Biol. Vidal Rojas y al Sr. Federico Montes, por su ayuda en el análisis por espectrometría gama de las muestras.

Al M. C. José Eduardo González Quintero, quien con sus valiosos comentarios contribuyo a la elaboración de preparaciones fijas de las esporas, que permitieron una mejor observación.

Al Sr. Eduardo Hernández Martínez, por el apoyo en la digitalización y mejoras del trabajo de computadora.

A la Sra. Eulalia Alonso de León por el apoyo técnico y sentimental que me brindo a lo largo del trabajo y sus valiosos comentarios.

Al Sr. Gonzalo Valentín y Roberto Benítez, por su apoyo en el muestreo y preparación de las muestras biológicas para su conteo.

CONTENIDO

<i>INTRODUCCIÓN</i>	1
<i>ANTECEDENTES</i>	5
<i>OBJETIVOS DEL TRABAJO</i>	10
<i>HIPÓTESIS DE TRABAJO</i>	11
<i>MATERIALES Y MÉTODOS</i>	
Área de estudio	12
Recolección de los hongos.	15
Métodos de captura de roedores.	18
Análisis del contenido estomacal de los roedores y determinación de esporas y tejido fúngico.	20
Preparación de muestras para su análisis por espectrometría.	23

RESULTADOS

Lista taxonómica de los géneros de hongos recolectados en el Centro Nuclear. 25

Lista taxonómica de la mastofauna que habita en el Centro Nuclear 29

Los pequeños micófagos como vectores en la dispersión de las esporas de los diferentes tipos de hongos. 32

Análisis de radionúclidos en los pequeños roedores. 37

DISCUSIÓN 42

CONCLUSIONES. 45

LITERATURA CITADA. 47

ANEXO. 52

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la sociedad expresa su preocupación por la acción de la energía nuclear: respecto a la seguridad de los reactores, el transporte de materiales radiactivos, el manejo de los desechos radiactivos, los accidentes y las pruebas nucleares. La preocupación se fundamenta esencialmente en el temor de una explosión radiactiva al ambiente capaz de ocasionar daños a la salud pública, a la fauna silvestre y al ambiente en general de las áreas aledañas, o de otros países cuando ocurre un accidente de consecuencias transfronterizas.

Los modelos matemáticos que establecen y definen el comportamiento y las condiciones de exposición de dichas sustancias en el ser humano y el depósito sistemático en la superficie terrestre de partículas suspendidas en el aire, que contienen material radiactivo, se denomina "fallout", como indicador de contaminación (Gaso, 1998).

En un individuo, en un tiempo determinado que se llama tiempo de reducción biológica a la mitad, si el cuerpo no ingiere nuevamente cesio, la concentración disminuye, pero si por un período largo continúa ingiriendo alimentos con cierta concentración de radionúclidos, al término de unos años tendrá una determinada concentración que podría calcularse mediante los modelos matemáticos de evaluación de dosis.

El impacto radiológico de las liberaciones rutinarias de radionúclidos al ambiente, por las instalaciones nucleares, se evalúa por tanto, con la ayuda de los modelos matemáticos. Los modelos más sencillos, consideran la relación de concentraciones para un radionúclido determinando en dos compartimentos diferentes y en condiciones de equilibrio (IAEA, 1982a).

En los modelos más complejos, o dinámicos, hay que tomar en cuenta el movimiento de los radionúclidos entre los diferentes compartimentos en el ambiente, que como se mencionó, es dependiente del tiempo. La secuencia de eventos que ocurren desde la liberación inicial del material radiactivo, hasta la irradiación de los tejidos humanos, puede ser representada por modelos de compartimentos tal como se representan los diferentes niveles de la cadena trófica, en los que la tasa de transferencia de material radiactivo entre los compartimentos, está especificada por constantes o por funciones temporales (IAEA, 1994a,b).

Existen varios géneros de hongos cuyos carpóforos acumulan una cierta cantidad de radionúclidos ya sea de origen natural o antropogénico, que pueden ser detectados de varias maneras. Por lo tanto los roedores que lleguen a consumir hongos acumularán también una cierta cantidad, ya que ésta es acumulable en el organismo, trayendo como consecuencia que los hongos y vegetales (productores primarios) incorporen los radionúclidos a su metabolismo y, como productores, son susceptibles de ser consumidos por los animales (consumidores) y a lo largo del tiempo podría aumentar la concentración en los organismos finales de la cadena trófica, de la cual el hombre forma parte

Las ectomicorrizas son asociaciones simbióticas de ciertos grupos de hongos terrestres con raíces de plantas leñosas. Muchos hongos ectomicorrícicos producen esporocarpos que desarrollan sus aparatos esporíferos subterráneamente, como ocurre en los hongos llamados trufas, que dependen primariamente de los mamíferos micófagos para su dispersión a grandes distancias. Los hongos hipogeos son también importantes fuentes de alimentos para los mamíferos pequeños, los cuales digieren los tejidos del esporocarpo y pasan las esporas intactas a través de sus tractos digestivos (Amaranthus *et al.*, 1994).

La mastofauna silvestre por lo general está constituida por mamíferos nocturnos y de hábitos incospicuos, por lo que es difícil observarlos directamente durante el día tal como es posible hacer con los hongos u otros animales de costumbres diurnas. Sin embargo, el registro de las actividades de los mamíferos muchas veces queda impreso en los caminos y veredas del campo, sea en forma de huellas, excretas, mechones de pelo, olores y rascaderos. De manera que un recorrido cuidadoso por estos lugares puede proporcionarnos abundante información sobre los mamíferos que ahí habitan. Mück en 1997, sugiere que pueden consumir líquenes, hongos y raíces micorrizadas que junto con sus hábitos excavadores contribuirían a los relativamente altos contenidos de ^{137}Cs en el cuerpo de dichos animales.

Los cuerpos fructíferos tienen una relación elevada entre su superficie y el peso seco, por lo que son más sensibles que otras formas biológicas a la contaminación superficial. La relación entre la concentración de radiactividad de los pequeños mamíferos que se alimentan de carpóforos y la de estos últimos, contribuye al conocimiento de la dinámica del Cesio-137 (^{137}Cs) en los ecosistemas

boscosos, así como a la del radionúclido de origen natural Potasio-40 (^{40}K).

La ingestión de suelo es una de las principales rutas para que los radionúclidos sean incorporados por los animales (Zach y Mayoh, 1984). Por otra parte se encontró que las especies de *Peromyscus maniculatus* son buenos bioindicadores de contaminación de uranio en suelo, ya que el ecosistema boscoso cercano a una mina de uranio en Canadá, se encontraron en dicha especie de ratón concentraciones elevadas de uranio. La relación de concentración (RC), roedor / suelo para uranio estuvo comprendida en un rango de 0.004-0.12 (Thomas, 2000).

Este trabajo forma parte de la vigilancia radiológica ambiental del Centro Nuclear de México (CNM), en la que se analizan diferentes muestras que serán utilizadas como indicadores biológicos de contaminación radiactiva, los cuales son importantes para el cálculo del coeficiente de transferencia de las diferentes rutas por las cuales la radiación puede llegar al ser humano, y que son necesarios para la evaluación de la dosis al público que vive en los alrededores del CNM. Debido a que no siempre es posible detectar niveles tan bajos de radiactividad en algunas muestras ambientales, (aire, agua, y alimentos) es necesario cuantificarlos en otros animales o plantas que los acumulan

Los factores o coeficientes de transferencia son los parámetros que sirven para evaluar el movimiento de material radiactivo a través de dos medios diferentes. Y se utilizan en el cálculo de dosis al hombre cuando se tienen en cuenta las distintas rutas de exposición a la radiación.

Los parámetros de transferencia pueden expresarse de diferentes maneras. Para alimentos o productos de origen animal, suele usarse la cantidad de radiactividad por unidad de peso.

Para el humano, sin embargo, aunque pueden usarse las mismas unidades, es conveniente expresar la contaminación per capita, o por órgano.

Para granos, pueden expresarse en unidades de radiactividad por peso seco (ps), o peso húmedo (ph). Para suelo puede usarse la cantidad de radiactividad por unidad de superficie (Bq m^{-2}), o por unidad de peso (Bq kg^{-1}). Por lo general para expresar el factor de transferencia suelo – planta, se escoge el peso seco debido a que la cantidad de radiactividad por kilogramo en la muestra así preparada es

ANTECEDENTES

Kotter y Forentios en 1984, al estudiar los hábitos de alimentación de ardillas, encontraron que las esporas de los hongos micorrícicos permanecen viables después de pasar a través del tracto digestivo de estos mamíferos, a los que consideraron como vectores en la diseminación de esporas de los hongos; de esta forma están perpetuando la relación simbiótica entre el hospedero arbóreo y el carpóforo huésped.

Dentro de los estudios de los hábitos alimentarios que llevan a cabo los miembros de la fauna silvestre, en especial se ha reconocido que los pequeños mamíferos incluyen en su dieta, de manera importante, a los hongos. Varios autores realizaron un estudio acerca de las interrelaciones hongos-mamíferos en un bosque de coníferas. (Yoshida *et al.*, 1994).

Si bien muchas de las plantas superiores se encuentran en relación simbiótica con los hongos micorrícicos y las esporas se pueden dispersar por medio de las corrientes de aire, esta dispersión se lleva a cabo también por los pequeños mamíferos, lo cual nos permiten confirmar los análisis del contenido estomacal que se llevó a cabo en los ejemplares capturados. (Maser *et al.*, 1987).

Esto hizo pensar que los mamíferos micófagos al defecar dentro del ecosistema del bosque diseminan las esporas viables necesarias para la formación de micorrizas, permitiendo así consecuentemente un adecuado desarrollo del estrato arbóreo.

La interdependencia de los mamíferos y los hongos se ha desarrollado hasta un alto grado en algunos casos, esto es, la pérdida de mecanismos alternos de dispersión de las esporas para las trufas y otros hongos con cuerpo fructífero subterráneo, que son filogenéticamente avanzados y la fuerte dependencia de algunos mamíferos con relación a los hongos como fuente primaria de alimento. Consecuentemente, la adaptación hacia la micofagia y los efectos de la micofagia en el hábitat, la toxicidad fungal y el valor alimenticio de los hongos tienen implicaciones en la interpretación de la estructura y función del ecosistema. (Ingold, 1966; Trappe, 1971; Körf, 1973).

Generalmente las poblaciones o especies distribuidas en ambientes marcadamente estacionales, como sería el caso de un

bosque alpino o boreal muestran épocas reproductoras cortas. La variación geográfica nos obliga a formular preguntas enfocadas a determinar las diferentes poblaciones entre las especies que tienen época de reproducción corta, distribuidas en ambientes estacionales.

En los ecosistemas terrestres, el suelo es el principal sumidero de la mayoría de los radionúclidos por eso tiene mayor concentración, mientras que las plantas y los animales tienen menor concentración. Los animales a diferencia de los humanos no lavan sus alimentos, por ello se estima que el suelo proporciona el 5% del peso seco del alimento (Sherppard, 1997). Además los hábitos escabatorios de los pequeños mamíferos pueden añadir partículas de suelo a su dieta.

La importancia del suelo en la contribución de radionúclidos a la dieta total puede monitorearse usando las medidas de concentración de radionúclidos en el suelo y en el tracto digestivo. Thomas (2000), considera que los pequeños mamíferos con un peso de 17-24 g podían consumir entre 123-156 mg de suelo por día.

Los coeficientes de transferencia individuales describen la transferencia desde un medio o compartimento a otro, como por ejemplo la transferencia desde el alimento al ganado. Los factores agregados describen la transferencia a través de una cadena completa de parámetros como por ejemplo el factor de transferencia que relaciona la concentración de radionúclidos en la superficie del suelo con la concentración en la carne de los animales.

Para una población que vive en un área determinada y se alimenta únicamente con productos de dicha área (como es el caso del individuo crítico), es válido correlacionar la concentración de radionúclidos de una población con la contaminación total del ambiente a través de los parámetros o coeficientes de transferencia agregados. (IAEA, 1994a).

Como consecuencia de las pruebas nucleares ocurridas en los años de 1945 a 1980, a la atmósfera se observa un aumento en los niveles de radionúclidos de origen antropogénico en los ecosistemas mundiales, lo mismo ocurre a causa de los accidentes nucleares en los que haya emisiones de elementos radiactivos a la atmósfera. En ellos la radiactividad transportada por las corrientes de viento es depositada a través de la lluvia en los suelos hasta zonas muy remotas, como en el caso del accidente nuclear de Chernobil en el que pudieron detectarse leves aumentos en la concentración de algunos radionúclidos en el Continente Americano (Salazar *et al.*, 1994).

Aunque la información de la dependencia con el tiempo, para los parámetros de transferencia agregados, es escasa, en la mayoría de los ecosistemas naturales, la vida media ecológica es más larga que en los ecosistemas agrícolas, pudiendo ser semejante y en algunos casos, a la vida media física del radionúclido (IUR, 1982).

La vigilancia radiológica ambiental es la atención que se presta al ambiente con el fin de determinar la presencia indebida de radiactividad en él. La protección radiológica, por otro lado, es el conjunto de normas legales, métodos y medidas destinadas a prevenir las consecuencias que podrían derivarse de la exposición a radiaciones ionizantes, y la seguridad nuclear, por su parte, es el conjunto de normas y prácticas que se utilizan para ubicar, controlar y explotar instalaciones nucleares o radiactivas sin riesgo.

En México, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS) tiene la función de vigilar y controlar los niveles de radiactividad tanto en el interior como en el exterior de las instalaciones nucleares y radiactivas, mientras que la instalación misma tiene por norma determinar los niveles de intervención e investigación derivados.

Como parte de la vigilancia radiológica ambiental se contempla el análisis de diferentes tipos de muestras ambientales. Entre ellas, las de los hongos y de los pequeños roedores, así como los otros indicadores biológicos de radiactividad, que son de gran utilidad para la determinación de los coeficientes de transferencia de los diferentes radionúclidos en el ambiente.

Los análisis de radiactividad de las diferentes muestras ambientales, se llevan a cabo para poder evaluar cualquier cambio de origen natural o artificial en los niveles de radiactividad en el ambiente, ya sea proveniente de la operación normal de la instalación o de cualquier accidente nuclear que ocurriera en la misma o en otra instalación.

La vigilancia radiológica en el exterior de dichas instalaciones se lleva a cabo mediante el requisito legal de que los titulares de cada instalación diseñen y desarrollen los Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) en el entorno de las mismas, a los que la CNSNS superpone sus programas de control independiente (Gaso *et al.*, 1998).

El programa de Vigilancia Radiológica Ambiental del Centro Nuclear de México Dr. Nabor Carrillo, consta de la red de vigilancia radiológica y de los procesos de medida de las muestras ambientales

necesarias para garantizar que las liberaciones de efluentes líquidos y gaseosos de dicha instalación permanezcan dentro de los límites establecidos en el ámbito nacional e internacional, y para que las dosis en la población sean las más bajas posibles (Segovia *et al.*, 1989; Segovia *et al.*, 1990; Gaso *et al.*, 1992).

La principal justificación para utilizar los bioindicadores en PVRA consiste en que pueden concentrar muy eficientemente los radionúclidos que existen en el ambiente. Además, en ellos, los radionúclidos pueden analizarse de una manera más sencilla, rápida y menos costosa que lo que implicaría el análisis de los niveles de radiactividad en otro tipo de muestras ambientales. Los indicadores biológicos proporcionan, por lo tanto, un panorama integrado en el tiempo de la concentración de radionúclidos biodisponibles en el ambiente.

Los objetivos de este trabajo son determinar la presencia de radionúclidos de origen artificial, en los hongos y en los roedores cuyo origen puede deberse a las explosiones y accidentes nucleares, o a las operaciones de las instalaciones mencionada. Esto nos permitirá saber si la operación rutinaria de la instalación nuclear controla adecuadamente las emisiones radiactivas al ambiente.

Los carpóforos frescos y carnosos tienen del 70 al 94% de agua por peso de manera que deben ser ingeridos volúmenes grandes de ellos para proveer a los animales de la cantidad de proteínas y fósforo necesarios (Miller *et al.*, 1969).

Los hongos carnosos frescos se parecen a los vegetales en que contienen substancialmente menos calorías por g, que las nueces frescas, los huevos o la carne (valor calórico de los alimentos frescos). Comparando el peso seco los hongos con el de los arándanos y bellotas, aquellos contienen alrededor de un tercio menos de calorías que las semillas de coníferas. Comparados con las nueces, los hongos secos son una buena fuente de proteínas, carbohidratos y minerales pero no de grasas, aunque se sabe que contiene ácidos grasos esenciales.

El valor calórico relativo de los hongos para un micófago debe compararse con otras fuentes en términos de fuente de energía. Si se emplea menos energía por caloría ganada, en la búsqueda y obtención de los hongos consumidos en relación con las semillas o los insectos, entonces se incrementa el valor relativo de los hongos como fuente de energía.

Desgraciadamente, no se conoce la digestibilidad relativa de diferentes fuentes de alimento para diferentes mamíferos. El ciego gástrico de muchos roedores es un sitio donde hay sistemas de enzimas capaces de extraer energía de los carbohidratos con enlaces β de las paredes de las células de los hongos (Smith, 1965).

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Determinar las especies de macromicetos y de mamíferos, mediante recolección, trapeo y observaciones del bosque de *Abies* del Centro Nuclear de México.

Evaluar la micofagia y establecer la relación que existe entre los hongos y los pequeños mamíferos de la zona de estudio.

Detección de esporas de hongos o tejido hifal en el contenido estomacal de los pequeños roedores para comprobar que realmente comen hongos.

Determinar la concentración de actividad del ^{137}Cs , mediante el análisis por espectrometría gamma de las muestras de las diferentes especies de hongos y pequeños mamíferos, con el fin de identificar los mejores bioindicadores.

Calcular el coeficiente de transferencia del hongo hacia los pequeños roedores.

HIPÓTESIS DE TRABAJO

Si los ratones consumen hongos en la época de la producción de éstos, entonces es posible que acumulen ^{137}C de manera que después de la captura podría detectarse cuantitativamente dicho radionúclido de origen artificial en los tejidos muscular y hueso de los roedores.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

Se trabajó material procedente del bosque dentro del área que ocupa el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, en el laboratorio de Micología y en el museo de Mastozoología del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México

El Centro Nuclear de México Nabor Carrillo se localiza a 2 km Sureste del poblado de Salazar, Municipio de Ocoyoacac en el kilómetro treinta y seis y medio de la carretera federal México-Toluca, Estado de México siendo sus coordenadas: 19° 17' 19" latitud Norte y 99° 22' 43" longitud Oeste. Su extensión aproximada es de 1.5 Km². y cuenta con un reactor nuclear TRIGA MARK III, de 1MW de potencia, un acelerador tandem, un irradiador gamma y varios laboratorios radioquímicos.

La altitud es aproximadamente de 3040 m.s.n.m. Se localiza en un pequeño valle rodeado de volcanes. El área pertenece a la Sierra de las Cruces, que a su vez forma parte del Eje Neovolcánico Transmexicano, el cual es una cadena montañosa compuesta esencialmente de lavas y material piroclástico, en la que se localizan las mayores elevaciones de México, que corresponden a los grandes volcanes como el Popocatépetl, el Iztaccihuatl y el Nevado de Toluca, (ver figura 1, mapa de localización, pag.14).

El trabajo de campo se realizó en la zona circundante al reactor nuclear, con el fin de estudiar la población de pequeños mamíferos y saber si se alimentan de carpóforos de la misma zona de estudio. Se ubicó el área de estudio y se observaron las condiciones bióticas y abióticas así como las vías de acceso al terreno.

El muestreo se realizó al azar, tendiendo diferentes tipos de muestreos con las trampas para roedores en varios puntos de la zona de estudio y a su vez se procedió a la recolección de hongos.

Las adaptaciones morfológicas de los pequeños mamíferos están probablemente relacionadas directamente con la micofagia. Se espera que los animales adaptados para escarbar tengan una ventaja especial en la búsqueda de trufas y otros hongos hipogeos.

Desdichadamente, los datos actualmente disponibles son muy escasos para probar estas hipótesis.

En este lugar se distinguen dos situaciones sinópticas meteorológicas las cuales corresponden a los periodos de verano e invierno. El periodo de verano abarca los meses de abril a octubre, en este intervalo se observa un periodo de lluvia con un aumento en la temperatura promedio mensual cuyo rango oscila entre 9 y 15°C. En este periodo las precipitaciones varían en el rango de 235.5mm a 53.8mm.

El periodo de invierno comprende los meses de noviembre a marzo, durante el cual las temperaturas son bajas con un promedio mensual de 7-12°C con lluvias escasas. La precipitación en esta época del año es mínima: 11,5 a 21.5 mm, en contraste con el periodo de verano antes mencionado

Una vez ubicados los lugares de trabajo dentro de la zona de estudio se procedió a la distribución de los transectos para después poner las líneas de trampas. Se trabajó en el bosque de la zona de estudio, para hacer muestreos en el mayor número de lugares y tener una idea más amplia de la micoflora y mastofauna que existe en el bosque, por ser una zona restringida y cercada.

Desde el punto de vista biológico, la Cordillera Neovolcánica representa un punto de contacto entre las regiones Neártica y Neotropical. Por lo tanto, en la micobiota y la fauna, en el caso particular de este trabajo, se presentan especies tanto de origen neártico como neotropical además de algunas especies endémicas.

Los roedores y carpóforos se han desarrollado en ambientes estacionales de bosques templados. Algunos géneros están ampliamente representados en México, con un alto número de especies y una extensa distribución geográfica, ocupando una gran variedad de hábitats, tales como selvas, desiertos, bosques semitemplados y pastizales. Este escenario biogeográfico ofrece una excelente oportunidad para determinar posibles transferencias de radionúclidos de carpóforos a pequeños mamíferos, en respuesta a factores bióticos y abióticos del ambiente.

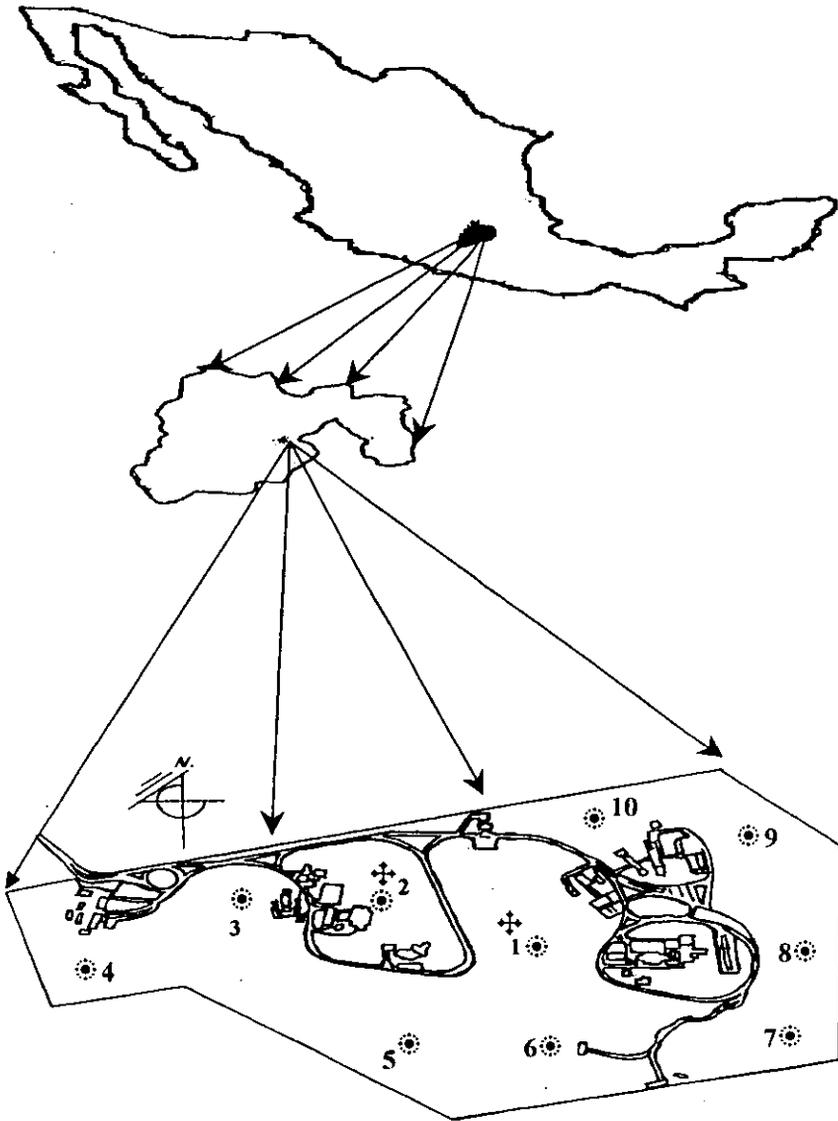


Figura 1. Localización del sitio de estudio, Centro Nuclear de México (Ocoyoacac, estado de México), donde se muestran los puntos numerados de recolección de hongos ☼ y de trampeo de los ratones ⊕.

RECOLECCIÓN DE LOS HONGOS

Al recolectar los ejemplares se debe cuidar que éstos se obtengan completos, ya que algunas estructuras características de ciertos géneros se encuentran enterradas. Se colocan dentro de una bolsa y se acomodan en una caja para facilitar su traslado al laboratorio, los ejemplares más grandes y pesados se ubican al fondo, cuidando con esto que los ejemplares que son más frágiles y pequeños no se maltraten. Se toman fotografías del material fresco de preferencia en su hábitat.

Es necesario realizar diversas pruebas con reactivos químicos como KOH al 5% y NH_4OH al 10% para cada una de las estructuras mencionadas ya que pueden presentarse cambios de color al contacto con dichas sustancias.

Una vez realizada la toma de datos se procede al secado y deshidratación de los especímenes recolectados; esto se logra colocando el material en una secadora y sometiéndolo a una temperatura de entre 100-120 °C durante 24-48 hrs, o más, según el tamaño de los hongos.

Cuando el material está completamente seco se guarda en una caja de cartón con la etiqueta de los datos que le fueron tomados en fresco y con los datos correspondientes al herbario. Este material se introduce en la fumigadora por espacio de 24-48 hrs. Posteriormente se determinan taxonómicamente los ejemplares, si es posible hasta especie, y variedad.

Cuando se tienen los especímenes preservados, se procede a conocer sus características anatómicas microscópicas, con el fin de precisar su posición taxonómica. Para realizar esta parte del trabajo se debe contar con un microscopio equipado con ocular micrométrico. Se realizan preparaciones temporales de las estructuras que permiten identificar los ejemplares.

Se deben analizar con especial detalle las características morfológicas de las esporas así como sus medidas. La determinación taxonómica de cada una de las especies estudiadas, esto se lleva a cabo consultando la literatura especializada en el tema y sobre todo, en cada uno de los grupos taxonómicos de los organismos. Una vez realizado esto, se procedió a guardar el material en la colección de hongos del herbario del Instituto del Biología de la UNAM.

Para la determinación taxonómica de los hongos se siguieron los criterios de: Hesler y Smith (1963), Smith y Thiers (1971), Singer (1975), Lincoff (1981), Gilbertson y Ryvardeen (1986), entre otros.

La relación entre la concentración de actividad de los pequeños mamíferos que se alimentan de carpóforos y la de estos últimos, contribuye al conocimiento de la dinámica del ^{137}Cs y ^{40}K en los ecosistemas boscosos.

Los hongos más complejos se caracterizan por presentar el micelio septado; éste puede ser observado comúnmente en la superficie o bajo la corteza de troncos en el interior del mantillo de los bosques como manchas o masas de distintos colores sobre restos vegetales. La nutrición se realiza mediante la liberación de exoenzimas que produce el micelio, éstas degradan el sustrato en compuestos más simples que son incorporados al interior de las hifas por absorción.

Los macromicetos son organismos que producen cuerpos fructíferos que van desde unos cuantos milímetros a varios centímetros o a veces cerca de un metro. Estos corresponden principalmente a dos grupos que son los ascomicetes y los basidiomicetes. Los hongos constituyen un importante y valioso recurso biológico que existe de muy diversas formas y que es abundante en la naturaleza.

Considerando la importancia de este recurso es preciso incrementar el conocimiento existente sobre los hongos, mediante la realización de estudios sistemáticos tendientes a conocer con más exactitud los componentes de la micobiota, con la finalidad de favorecer el posible uso y manejo racional de este recurso.

Los hongos superiores mexicanos tienen una importancia tradicional etnomicologica, pues desde los tiempos prehispánicos son usados por los nativos en la alimentación, en la medicina y en diversas ceremonias religiosas. No obstante, las investigaciones emprendidas sobre estos temas son escasas e incompletas (Herrera y Ulloa, 1998).

Interactúan muchas variables para que se dé un amplio rango de estimaciones de producción; las más obvias son temperatura y humedad. La producción variará de año en año, dentro de una región, dependiendo de las condiciones atmosféricas. Los hábitats dentro de una región variarán con respecto a la producción, dependiendo de las características de los suelos, microclimas y vegetación.

El valor calórico neto de cualquier alimento para un consumidor es el contenido calórico total digerido menos las calorías usadas en su

búsqueda, extracción, ingestión, digestión y excreción del alimento residual no digerido.

Sin embargo, la relación entre el tamaño del mamífero y el tamaño de los hongos que come parece ser algo cierta, en el sentido de que las especies muy pequeñas de hongos son comidas sólo por los mamíferos más pequeños. Los esporocarpos de muchas especies de Endogonaceae, se han reportado sólo en el contenido estomacal de pequeños mamíferos como musaraña, ratón de campo, ratón saltarín y pikas, aunque estos animales también comen hongos más grandes (Trappe, 1971, Korf, 1973).

A través de los años de recolección de hongos hipogeos se ha observado que el olor del esporocarpo no es detectable en fructificaciones inmaduras. Conforme algunas esporas alcanzan la madurez, puede detectarse un ligero olor que aumenta conforme se incrementa la proporción de esporas maduras. Así es como los hongos pueden pasar desapercibidos en los primeros estados de desarrollo pero emiten un olor cada vez más fuerte conforme maduran.

En el caso de los hongos consumidos sólo algunos resultan ser tóxicos, desde el punto de vista humano. No obstante, los ratones consumen el píleo de *Amanita pantherina* y otros hongos tóxicos.

Es sabido que las toxinas en los hongos son metabolitos secundarios que utilizan en la síntesis de proteínas. Los ratones no se intoxican porque su tracto digestivo desactiva las toxinas; está comprobado que cualquier macromiceto tóxico suministrado por vía oral a ratones no les daña, igual a las ratas, los conejos y otros animales de laboratorio, (Lincoff, 1981).

MÉTODOS DE CAPTURA DE LOS ROEDORES

Muchas de las especies en un área pueden existir sin ser afectadas por la presencia o ausencia de algunas otras, pero en algunos casos dos o más especies están interactuando de tal forma que son diferentes cuando interactúan y no persiste una sin la otra.

Las comunidades biológicas no consisten en cadenas alimentarias independientes, sino en redes alimentaria de un tipo tal que un individuo en cualquier nivel (correspondiente a un eslabón de una cadena) use parte, aunque no todo el alimento proveniente de las especies en los niveles inferiores a él (Krebs, 1980).

El principal problema que induce al estudio del papel de los mamíferos en la biocenosis es el análisis de su funciones como consumidores de alimentos vegetales y animales ya sean vertebrados o invertebrados. Algunos mamíferos, a su vez, se convierten en alimento para carnívoros de otros grupos, en especial de las aves de presa, reptiles y otros depredadores.

Se utilizaron trampas de golpe de alambre de cobre para la captura de los pequeños mamíferos, las trampas se colocaron en lugares frecuentados por los animales; éstas se dispusieron en series y con arreglo geométrico, para permitir un buen muestreo del terreno poniendo señalamientos de la ubicación de las trampas, con el objeto de recuperarlas, abarcando un área aproximadamente cuadrada. El cebo a utilizar consistió en hojuelas de avena con esencia de vainilla y maíz quebrado.

Se realizó el muestreo escalonado; esta modalidad de trampeo se aplicó para disponer de una muestra periódica de ratones durante el mayor tiempo posible a lo largo del año. Para este trabajo se colocaron seis trampas de golpe, en línea recta cada cinco metros, en lugares preestablecidos, en la zona marcada en el mapa (pág. 14).

Lo que se ha podido estudiar ha suministrado bases para investigaciones posteriores sobre variabilidad estacional o disponibilidad de alimento, incidencia de enfermedades relacionadas al suministro de alimento, la reproducción, el crecimiento y el establecimiento de la población. Las excretas de los mamíferos pueden usarse como fuentes primarias o suplementarias de información. Se requieren conocimientos especiales para identificaciones positivas de excrementos. Los manuales de Murie

(1954) y de Aranda (1981), contienen muchos indicios para la identificación de los excretas y otros rastros, como son huellas, pelos y rascaderos.

Una consideración cuidadosa del tamaño, conformación y composición de las excretas, conjuntamente con otras evidencias relacionadas tal como la ubicación y los vestigios, generalmente permiten establecer la identidad del animal. El olor de un espécimen húmedo puede ser muy característico para una especie dada y puede también ser una ayuda importante en la identificación de excretas de algunos animales predadores. Se debe de tomar en consideración la hora del día y lo que se conozca, en relación con la actividad del animal en el momento de la recolección de la muestra.

Todas las muestras destinadas para ser examinadas en laboratorio deberán ser acompañadas por la información precisa. Esta información incluye: especie, fecha, lugar de recolección, sexo del animal, nombre del coleccionista y número asignado por él a las muestras capturadas. Otros datos adicionales que resultan útiles durante los análisis del laboratorio son: la edad del animal, la hora en que fue capturado, y el tipo de cebo utilizado.

Un método para la segregación de alimentos en pellas, excretas, estómagos que contienen pelo, hueso o plumas pueden realizarse con la ayuda de pinzas para extraer las porciones de tejidos más grandes. La separación completa de los componentes pocas veces resulta práctica y se hace necesaria una medida parcial por estimación ocular.

En vez de pasar mucho tiempo tratando de identificar componentes desconocidos o fragmentados encontrados en las primeras muestras es aconsejable numerarlos, ponerles etiquetas y dejarlos hasta que se encuentren más o mejores especímenes.

ANÁLISIS DEL CONTENIDO ESTOMACAL DE LOS ROEDORES Y DETERMINACIÓN DE ESPORAS Y TEJIDO FÚNGICO.

El propósito principal de la investigación acerca de los hábitos alimentarios es el conocer qué alimentos utiliza la fauna, observar cómo, cuándo y dónde obtienen los animales estos alimentos. Por lo que se necesita identificar correctamente los distintos organismos de los cuales se alimentan.

Los análisis deben ser realizados meticulosamente para observar tejido o esporas de hongos para esta primera fase, se realizó sin tomar en cuenta las cantidades presentes. Aparentemente, los hongos que se encuentran en mayor cantidad son de más relevancia para el manejo. Sin embargo, en el análisis se deben determinar todos los hongos y mantener una lista completa de los mismos en archivos de datos.

Es necesario tener un conocimiento preciso de la ecología del área, junto con la información del tipo de evaluación sobre los suministros relativos de los hongos, que proporcionan una base para los análisis del laboratorio, porque no se pueden interpretar adecuadamente los resultados de los estudios de laboratorio sin una correlación con las condiciones del terreno.

La calidad de los datos acerca de los hábitos alimentarios depende de la cantidad y la calidad de la muestra, al menos que se recolecte un número suficiente de muestras para demostrar los cambios estacionales que ocurren en la dieta de los pequeños mamíferos.

Los estudios de los alimentos que consumen los mamíferos pequeños dependen principalmente de los contenidos estomacales. A veces el estómago contiene más alimento que el intestino grueso, especialmente en animales capturados por medio de trampas. La utilización de ambos análisis puede proporcionar el contenido de más de una comida.

La unidad en los macromicetos es la hifa que no es más que un filamento, que en los hongos superiores, como son los Ascomicetos y Basidiomicetos, presentan tabiques transversales en forma y número regular con un poro de comunicación en el centro, este poro comunica entre sí a los dos compartimentos o células que lo delimitan y posee distinta complejidad, según se trate de un grupo u otro de hongo.

Las esporas en los hongos cumplen la misma función que las semillas en las plantas superiores. Las hay de tipo vegetativo o asexual, como son conidios, picnidiosporas y oídios; y las de origen sexual en particular, las ascosporas y las basidiosporas, son los órganos encargados de conservar la especie.

Podemos considerar a las esporas como los elementos más importantes para reconocer un hongo, debido a la constancia que presentan en su forma, dimensión, color y estructuras, que hacen que sean consideradas como el carácter de mayor validez sistemática, además de la propiedad de conservarse muy bien en seco y fijadas, durante largo tiempo.

Ya que la mayoría de los hongos pueden identificarse hasta familia por la morfología de las esporas (Castellano *et al.*, 1994), se han diseñado varios estudios cualitativos relacionados con la interrelación entre hongos ectomicorrizicos y pequeños mamíferos (Fogel y Trappe, 1978). Sin embargo, hay una necesidad creciente por obtener información cuantitativa más que cualitativa en esta área, especialmente con relación a la dinámica, distribución, viabilidad y abundancia de las esporas. Los estudios cuantitativos son escasos debido a la falta de un procedimiento eficaz para la extracción específica de esporas de hongos de los contenidos estomacales.

Los métodos comúnmente disponibles se desarrollaron ya sea para evaluación de dieta total de pequeños mamíferos o para extracción de propágulos de hongos del suelo (Miller *et al.*, 1969, Trappe, 1971). Los contenidos estomacales de mamíferos están compuestos de agregados de componentes dietéticos que son difíciles de dispersar.

Los contenidos estomacales de los pequeños roedores capturados se ponen en matraces Erlenmayer de 50 ml. con 30 ml. de solución de bisulfito y sulfito de sodio en una proporción de 60 : 40% disueltos en agua destilada y lavados con agua corriente por espacio de 10 min., con la finalidad de eliminar el fijador formol, alcohol y ácido acético (FAA) donde se conservaron los aparatos digestivos de los ratones.

En el primer ensayo para observar esporas se procedió a, cortar a lo largo el tracto digestivo, después de lavarlo; con un bisturí se raspan las paredes del estómago e intestinos y el contenido de estos órganos se pone en agua destilada, en un vaso de precipitados de 50 ml y se homogeneiza con una "mosca magnética" en un agitador de imán durante 15 min.

La técnica de montaje se realizó en preparaciones fijas con el material que se obtuvo de los contenidos estomacales de los ratones, usando alcohol polivinílico como medio de montaje (Sieveriding, 1991).

Las preparaciones realizadas con este método fueron revisadas para encontrar esporas con un microscopio de luz a un aumento de 10x1000, en inmersión, para la determinación de esporas y tejido fúngico.

En el examen microscópico de material de contenido estomacal, la presencia de esporas puede ser subestimada ya que las esporas pueden perderse de vista por estar unidas en agregados o por obscurecerse con las partículas más grandes de la dieta, que son pastos, raíces, fitonemátodos y diversas estructuras de biomateria.

En la preparación por gradiente de densidad las esporas raramente se agregan, o las agrupaciones no exceden un máximo de cinco esporas, y la materia extraña fue de tamaño similar al de las esporas de los hongos, haciéndose posible la cuenta de esporas individual.

Después el material estomacal es filtrado con un filtro "Swinner-250", se coloca en tubos de centrifuga de 15 ml. y se centrifuga a 1500 r.p.m., durante 15 min. Después se decantó el sobrenadante. El material del botón del sedimento fue resuspendido en agua destilada, filtrado y centrifugado nuevamente a 1500 r.p.m. durante 15 min. El volumen del botón del sedimento fue resuspendido en agua destilada.

PREPARACIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS PARA SU ANÁLISIS POR ESPECTROMETRÍA GAMA.

El origen del ^{137}Cs en los hongos mexicanos proviene fundamentalmente de la lluvia radiactiva o "fallout" como resultado de las pruebas nucleares a la atmósfera y del accidente de Chernobil (Gaso, *et al.*, 1998).

El objetivo de este trabajo es identificar las especies de macromicetos con mayor capacidad de acumulación de radionúclidos de origen artificial, que serían útiles en el PVRA del Centro Nuclear de México (CNM). Debido a que los hongos son buenos bioindicadores de contaminación radiactiva, son una gran ayuda en estos programas ambientales.

Las muestras se secan a temperatura constante de 125°C durante 48 horas; no se deben secar a temperaturas mayores de 350° C, ya que el ^{137}Cs se volatiliza a temperaturas cercanas a los 400° C; después se muelen en un molino Wiley con malla de 1mm. En cada tipo de muestra se registra la pérdida de peso, debido al proceso de secado, para cálculos posteriores. El peso seco (ps) final para cada tipo de muestra o especie puede ser diferente para cada especie.

Para la preparación de muestras de suelo, se toman porciones de 2.5 kg de los primeros cinco centímetros del suelo, con un nucleador de 7 cm de diámetro, las muestras se toman de los mismos sitios donde crecen los hongos y se secan al aire libre, para cernirse posteriormente en cribas con una abertura de malla de 2 mm. Se calcula para cada muestra el factor de humedad siguiendo el mismo procedimiento descrito anteriormente (Gaso, *et al.*, 1998).

Las muestras de hongos o de ratones, se analizaron con un detector de germanio hiperpuro acoplado a un analizador multicanal, que permite el análisis espectral de los radionúclidos emisores gamma. Las concentraciones de actividad de ^{137}Cs por unidad de peso seco en las muestras de suelo, hongos y roedores, se determinaron mediante el análisis por espectrometría gamma, con un detector de germanio hiperpuro Princeton Gamma Tech. Modelo N-IGC 29. EL tiempo de cuenteo o análisis fue de 200,000 s, para alcanzar un límite inferior de detención de Bq Kg^{-1} para ^{137}Cs .

Es importante, para poder detectar niveles ambientales de radiación, aislar, tanto la muestra como el detector de la radiación de

fondo, para lo cual se utilizan blindajes de plomo (10 cm), cobre (0.25 cm), aluminio (0.5 cm) y plástico (1 cm).

El espectrómetro debe calibrarse en energía y eficiencia; los picos de radiación gamma utilizados son: 662 keV para ^{137}Cs ; 1461 keV y ^{40}K . Las calibraciones de eficiencia del detector se hicieron para las dos geometrías de marinelli y cartucho. Si la cantidad de muestra seca y molida es poca, se toma una alícuota de 45 g aproximadamente, y se coloca en un una cajita circular de polietileno de 5.5 cm de diámetro (geometría de cartucho).

La calibración se llevó a cabo con patrones certificados, usando fuentes de ^{240}Am (59.5 keV), ^{57}Co (122.06 y 136.5 keV), ^{137}Cs (661.66 keV), ^{22}Na (511 y 1274.5 keV) y ^{60}Co (1176.24 y 1332.5 keV).

La eficiencia relativa y la resolución son del 1.1 % y de 2.5 keV respectivamente, para los fotones de 1.332 MeV del ^{60}Co . El cálculo de la actividad de cada radionúclido presente en las muestras en Bq kg⁻¹ (peso seco), es función del área de los fotopicos que presenta el espectro (Quintero *et al.*, 1996).

El espectrómetro debe calibrarse en energía y eficiencia. Los picos de radiación gamma utilizados son: 662 keV para ^{137}Cs ; 1461 keV para ^{40}K . El tiempo de medida fue de 200000 segundos. Las calibraciones de eficiencia del detector para la geometría utilizada (cartucho), se llevaron a cabo con patrones certificados, usando fuentes de ^{240}Am (59.5 keV), ^{57}Co (122.06 y 136.5 keV), ^{137}Cs (661.66 keV), ^{22}Na (511 y 1274.5 keV) y ^{60}Co (1176.24 y 1332.5 keV).

RESULTADOS

LISTA TAXÓNOMICA DE LOS GÉNEROS DE HONGOS RECOLECTADOS EN EL CENTRO NUCLEAR.

El trabajo de campo comenzó con las recolecciones de carpóforos en diferentes puntos del bosque de *Abies*, a finales de la época de lluvias del año de 1997 y hasta principios del mes de diciembre de 1998, muestreándose un total de 80 géneros diferentes de los cuales sólo 67 se pudieron determinar hasta especie, lo que nos permite conocer mejor la micoflora y poder tener más datos para el fenómeno de la micofagia.

Se recolectaron y clasificaron las diferentes especies de hongos que crecen en el bosque del CNM y sus alrededores, así como el punto de referencia situado a 10 Km, con el fin de determinar aquellas que son consumidas por los roedores.

En esta lista están incluidos los carpóforos que se encontraron con alguna parte de su estructura roídas por los mamíferos.

Clasificación de los géneros y las especies incluidos en este trabajo de acuerdo con Herrera y Ulloa, (1998).

CLASE :Eufungi.

SUBCLASE: Discomycetidae

ORDEN: Pezizales

FAMILIA: Pezizaceae

Peziza badiocnusa Korf

Sarcosphaera coronaria (Jac.) Aud.

FAMILIA: Helvellaceae

Helvella elastica Fr.

H. crispa Fr.

H. lacunosa Af: Fr.

FAMILIA: Morchellaceae

Morchella esculenta Pers.: St. Amans

CLASE: Holobasidiomycetes
SUBCLASE: Hymenomycetidae
ORDEN: Agaricales.
FAMILIA: Boletaceae

Boletus aereus Bull.: Fr.
B.mirabilis (Murr.) Sing.
Suillus brevipes (Peck) Kuntze
S.granulatus (L.: Fr.) O.Kuntze
Tylopilus badiceps(Pk.) Smith et Thiers
Xerocomus coniferarun Sing.
X.chysenteron (Bull.: St.Amans) Quél.

FAMILIA: Russulaceae

Lactarius spp.
L. salmonicolor Heim et Leclair
L.subdulcis (Buil.:Fr.) Gray
Russula alutacea (Pers.:Fr) Fr.
R.brevipes. Peck
R.delica Fr.
R.lepida Fr.
R.nigricans Bull.:Fr.
R.queletii Fr.
R.olivacea (Schaeff. :Schw.) Fr.

FAMILIA: Coprinaceae

Coprinus radiatus (Desm.) Fr.
Panaeolus sp.

FAMILIA: Agaricaceae

Agaricus augustus Fr.
A.campestris L.: Fr.
A.placomyces Peck

FAMILIA: Lepiotaceae

Lepiota sp.
L.acutescuamosa (Weinm.) Kumm.

FAMILIA: Rhodophyllaceae

Rhodophyllus incanus Fr.

FAMILIA: Cortinariaceae

Cortinarius calochrus (Pers.:Fr.) Fr.
Inocybe sp.
I.caesariata Fr.
I.calamistrata Fr.

I.fastigiata (Schaeff.: Fr.)
I.lilacina (Bond.) Kauffman.
I.geophylla (Sow.:Fr.) Kumm.

FAMILIA: Strophariaceae

Naematoloma fasciculare (Huds.:Fr.) P.Karst
Pholiota aurivella (Fr.) Kumm.

FAMILIA:Hygrophoraceae

Hygrophorus eburneus (Bull.:Fr.) Fr.
H.chrysodon Batsch.:Fr.
H.penarius Fr.
H.olivaceualbus (Fr) Fr.

FAMILIA: Amanitaceae

Amanita pantherina (DC.:Fr.) P.Kumm.
A.muscaria (L.:Fr.) Pers.:Hooker

FAMILIA: Tricholomataceae

Armillaria sp.
Armillariella mellea (Vahi:Fr.) P. Karst.
Clitocybe sp.
C.dilatata Pers.:Karst.
C.phyllophila (Fr.) Kumm.
Collybia sp.
C.acervata (Fr.) Kumm.
C.peronata (Bolt.: Fr.) Sing.
Melanoleuca sp.
M. melaleuca (Pers.: Fr.) Murr.
Marasmius sp.
Mycena sp.
M.pura (Pers.:Fr.) Kumm.
M maculata Karst.
Pleurotus sp.
P. smithii Guzmán
Leucopaxillus amarus (Alb. et Schw.:Fr.) Kühner
Tricholoma sp.
T.ustaluides Romagn.

ORDEN: Aphyllophorales

FAMILIA: Clavariaceae

Clavaria cristata (Fr.) J.Schurot.

Clavariadelphus pistillaris (Fr.) Donk

C. truncatus (Quél.) Donk

Ramaria sp.

R. flava (Fr.) Quél.

R. rugosa Quél

R. invalii (Karst.) Carner

FAMILIA: Cantharellaceae.

Gomphus floccosus (Shwein.) Singer

FAMILIA: Hydnaceae

Hydnellum caeruleum (Hornem: Pers.) Karst.

Hydnum imbricatum L.: Fr.

SUBCLASE: Gasteromycetidae

ORDEN- Lycoperdales

FAMILIA- Lycoperdaceae

Lycoperdon perlatum Pers.

L. umbrinum Pers.

FAMILIA: Geastraceae

Geastrum sp.

G. saccatum Fr.

LISTA TAXONÓMICA DE LA MASTOFAUNA QUE HABITA EN EL CENTRO NUCLEAR.

Todos los organismos, tanto plantas, como hongos y animales, constituyen el escenario ecológico en el que se encuentran y con el que interactúan los mamíferos del bosque. Estas interacciones se llevan a cabo en varios niveles: cadenas tróficas, competencia y depredación. La mastofauna que ha sido identificada y que coexiste en el CNM es la siguiente. En la tabla (&) se muestran los aspectos que se tomaron en consideración para constatar la presencia de la mastofauna en la zona de estudio.

<i>MAMÍFEROS</i>	<i>OBSEVACIÓN DIRECTA</i>	<i>CAPTURA</i>	<i>EXCRETA o HUELLA</i>
<i>Sorex saussurei</i>		✓	
<i>Dasyopus novemcinctus</i>	✓		✓
<i>Sylvilagus floridanus</i>	✓		✓ ✓
<i>Peromyscus leucopus</i>		✓	✓ ✓
<i>Peromyscus mexicanus</i>		✓	✓ ✓
<i>Microtus mexicanus</i>		✓	✓ ✓
<i>Reithrodontomys fulvescens</i>		✓	✓ ✓
<i>Odocoileus virginianus</i>	✓		✓ ✓

Tabla. &.- Mamíferos presentes en el área de estudio y evaluación de su presencia en el Centro Nuclear de México.

Orden Insectivora

Fam. Soricidae

Subfam.: Soricinae

Sorex saussurei Merriam

Dieta- Se alimenta de invertebrados, lagartijas, ranas, carroña, huevos y pequeñas aves.

Orden Edentata

Fam.: Dasypodidae

Subfam.: Dasypodinae.

Dasypus novemcinctus Linneaus

Dieta- su alimentación es omnívora, come escarabajos, termitas, coleópteros, vertebrados pequeños y frutos, en general, alimentos blandos debido a su dentición vestigial.

Orden Lagomorpha

Fam. Leporidae

Sylvilagus floridanus J. A. Alien

Dieta: frutas, hojas y tallos tiernos, pequeñas semillas y en la época de lluvias consumen hongos de las familias Russulaceae y Polyporaceae.

Orden Rodentia

Fam. Cricetidae

Subfam. Cricetinae

Peromyscus leucopus Rafinesque

Dieta: se alimenta de semillas y frutos, en la época de lluvias de carpóforos del género *Endogone* y de otros hongos.

Orden Rodentia

Fam. Cricetidae

Subfam. Cricetinae

Peromyscus mexicanus Saussure

Dieta: se alimenta de semillas, frutos y en la época de lluvias de carpóforos de especies del género *Endogone* y de otros hongos.

Orden Rodentia

Fam. Cricetidae

Subfam. Cricetinae

Reithrodontomys fulvescens J.A. Alien

Dieta: se alimenta de semillas y frutos, en la época de lluvias de carpóforos de especies de la familia Endogonaceae y de otros hongos.

Orden Rodentia

Fam. Cricetidae

Subfam. Cricetinae

Microtus mexicanus Saussure

Dieta: se alimenta de pastos, semillas y frutos.

Orden Artiodactylia

Fam. Cervidae

Subfam. Odocoileinae

Odocoileus virginianus Zimmerman

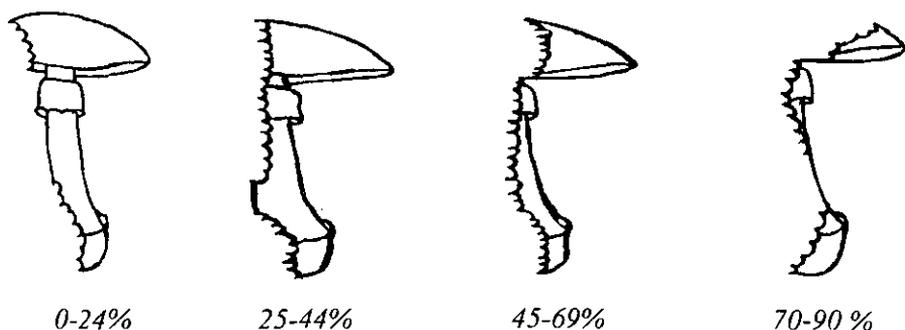
Dieta: Consume frutos y semillas blandas y una gran variedad de plantas y, además, diferentes especies de hongos como *Russula delica* y *Glomus sp.*

LOS PEQUEÑOS MICÓFAGOS COMO VECTORES EN LA DISPERSIÓN DE LAS ESPORAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE HONGOS.

El consumo de cuerpos fructíferos por pequeños mamíferos fue evaluado con fines prácticos por medio de porcentajes cualitativos, para poder presentar resultados discutibles.

El volumen irregular que presentan los cuerpos fructíferos, de la gran diversidad de hongos encontrados, no permite evaluar cuantitativamente el consumo del hongo (como en el caso del fenómeno de herbivoría) ya que los hongos no presentan un volumen homogéneo que sea fácil de evaluar, como en el caso de las hojas que son relativamente planas.

Debido a esto, la micofagia se evalúa de acuerdo a los esquemas que se presentan a continuación.



Porcentaje de consumo provocado por los pequeños roedores en el momento de su alimentación.

Presumiblemente el pileo contiene un alto grado de energía concentrada, como lo indican los valores calóricos relativamente altos de láminas o tubos de hongos comparados con las partes somáticas y por el alto contenido de lípidos en esporas de algunos hongos (Gerdemann y Trappe, 1974). Sin embargo, los reportes de ardillas que se comen los pileos y láminas de hongos mientras que dejan los

estípites (Smith, 1965) refleja probablemente la palatabilidad ante la selección de un valor alimenticio.

Al lado de su valor calórico, algunos de estos diversos componentes orgánicos de hongos pueden ser importantes en la fisiología de pequeños mamíferos. Por ejemplo, el ergosterol y posiblemente una fuente importante para los precursores de hormonas de los mamíferos, se da más ampliamente en los hongos superiores.

La micofagia favorece la diseminación de los hongos por transporte físico de esporas e hipotéticamente, al menos en algunos casos, por el rompimiento de la latencia de las esporas. Parece ser incidental a los mecanismos primarios de dispersión (Ingold, 1966).

Las especies micorrízicas pueden ganar alguna ventaja estratégica sobre la diseminación aérea si las esporas son comidas y después excretadas cerca de raíces hospederas susceptibles. La micofagia no se reporta con el 100% de consumo porque en este caso no hay forma de determinar de qué hongo se trata. En la tabla se muestra la lista de los carpóforos que fueron consumidos por los pequeños roedores.

CONSUMO DE HONGOS POR LOS PEQUEÑOS ROEDORES

E s p e c i e	Consumo por parte roída			
	0-24%	25-44%	45-69%	70-90%
<i>Agaricus augustus</i>	Estípite			
<i>Amanita pantherina</i>				Estípite
<i>Boletus aereus</i>				Estípite
<i>Clavariadelphus pistillaris</i>				Estípite-pileo
<i>Clavariadelphus truncatus</i>	Estípite			
<i>Gomphus floccosus</i>				Estípite-pileo
<i>Hygrophorus sp.</i>	Estípite			
<i>Lactarius salmonicolor</i>				Pileo
<i>Pholiota aurivella</i>				Pileo
<i>Russula olivacea</i>				Estípite-pileo
<i>Russula brevipes</i>	Estípite-pileo			
<i>Russula lepidela</i>	Pileo			
<i>Sarcosphaera coronaria</i>	Pileo			

Los valores de la tabla anterior indican el grado de consumo de los carpóforos. Donde el pileo es igual a contexto, láminas, tubos o dientes.

Los hongos hipogeos, por otro lado, son claramente dependientes de la micofagia para su transporte físico. Estos fructifican subterráneamente, sus tejidos productores de esporas están

típicamente encerrados en un peridio persistente, y la mayor parte no descarga forzosamente sus esporas. Aún en aquellos que pueden descargar esporas forzosamente, como *Geopora cooperi*, la fructificación necesita ser abierta por un animal para liberar las esporas a la corriente de aire (Korf, 1973).

Los hongos ficomicetos de la familia Endogonaceae han sido encontrados muy seguido en estómagos de pequeños roedores. Las diversas especies pueden ser epigeas o hipogeas y pueden formar esporocarpos o desarrollarse como esporas individuales en el suelo.

Los esporocarpos son agrupaciones compactas de esporas muy grandes independientemente de los mecanismos de dispersión. Presumiblemente, los esporocarpos hipogeos son fuertemente dependientes de la micofagia para el transporte de las esporas. Los hongos epigeos que nacen solitarios en el suelo, por otro lado, pueden ser comidos por insectos y otros artrópodos pero también pueden ser transportados por cualquiera de las fuerzas que mueven el suelo (Gerdemann y Trappe, 1974).

Una solución a este problema es considerar a los hongos micorrícicos como extensiones del sistema de raíces del hospedero, ya que los hongos son esenciales para la absorción de nutrimentos por el hospedero: en correspondencia el hongo obtiene su energía de éste tanto como si fuera en verdad tejido radicular.

Así los hongos micorrícicos pueden verse como órganos de las plantas productoras. Los micófagos que se alimentan de hongos micorrícicos son entonces consumidores, (véase el esquema que propone el autor de la tesis pagina 46).

Nuestra impresión del examen de los contenidos estomacales y excretas de varios de los pequeños mamíferos micófagos es que el citoplasma de las células del micelio del hongo son digeridas rápidamente, las paredes celulares también son digeridas, pero las esporas no son digeridas. Se observó la preferencia de los roedores micófagos por cada parte del hongo así como el porcentaje del daño.

Para el cálculo de la transferencia de radionúclidos se obtuvo el peso seco de los ratones, se presentan los pesos de los ratones que se utilizaron en el análisis del ^{137}Cs y del ^{40}K en piel y hueso

FACTOR DE HUMEDAD DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE RATONES

GENERO	Nº de Ejem.	Peso Húmedo	Peso Seco	Factor de Humedad
<i>Peromyscus</i>	12	489.3 g	36.6g	13.36
<i>Reithrodontomys</i>	36	456.6g	35.8g	12.75
<i>Muestra Compuesta.</i>	16	461.6g	41.0g	11.24

A cada muestra se le determina el factor de humedad, que se expresa de la siguiente manera: $Fh = (ph)/(ps)$

1. *-Peromyscus*. Para el primer análisis se utilizaron doce ejemplares

2. *-Reithrodontomys*. Se analizaron treinta y tres ejemplares

3. *-Muestra Compuesta (MC)*. Ésta estuvo constituida por seis ejemplares de *Peromyscus*, siete de *Reithrodontomys*, dos de *Microtus* y uno de *Sorex*, los cuales se mezclaron para poder alcanzar la cantidad mínima en peso seco de la muestra, para la cuantificación de radionúclidos.

<i>1.-Peromyscus</i>			
sexo	peso h(g)	sexo	peso h(g)
M	39.2	M	46.8
M	33.0	M	35.7
M	46.8	M	42.0
M	40.6	F	29.1
M	40.3	M	36.0
F	45.8	M	54.0

ph=489.3 g			

<i>2.-Reithrodontomys</i>					
sexo	peso h(g)	sexo	peso h(g)	sexo	peso h(g)
M	12.5	M	19.0	F	10.0
M	17.1	M	19.1	M	18.1
F	17.1	M	18.5	M	12.5
M	13.2	M	12.5	M	17.0
M	10.1	M	17.1	M	10.4
M	18.0	M	17.0	M	18.1
M	14.0	M	13.0	F	10.0
M	10.4	F	14.1	M	14.3
M	17.0	M	18.1	M	18.1
M	12.5	M	19.1	M	14.1
		M	14.2	M	19.1

ph=459 g					

3.-*M.C.Sorex*

sexo	peso h(g)
M	2.4
<hr/>	
ph=2.4 g	

3.-
M.C.Peromyscus

sexo	peso h(g)
M	33.0
M	54.0
M	49.6
F	39.5
M	33.5
M	46.5
<hr/>	
ph=256.1 g	

3.-
M.C.Microtus

sexo	peso h(g)
M	54
M	46.8
<hr/>	
ph=100.8 g	

3.-*M.C.Reithrodontomys*

sexo	peso h(g)
M	12.5
M	17.1
M	17.5
M	13.2
M	10.1
M	18.1
M	14.2
<hr/>	
ph=102.7 g	

ANÁLISIS DE RADIONÚCLIDOS Y CÁLCULO DE LA CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD EN LOS PEQUEÑOS ROEDORES

El origen del ^{137}Cs en los suelos mexicanos proviene fundamentalmente de la lluvia radiactiva resultado de las pruebas nucleares llevadas a cabo en las décadas de los sesenta y setenta del siglo XX y de la influencia del accidente de Chernobil, ocurrido en abril de 1986. El ^{137}Cs depositado a escala mundial como consecuencia de las pruebas nucleares se considera cien veces superior al depositado a causa del accidente de Chernobil (Muck, 1997)

La relación entre la concentración de actividad de los pequeños mamíferos que se alimentan de carpóforos y la de estos últimos, contribuye al conocimiento de la dinámica del ^{137}Cs y ^{40}K en los ecosistemas boscosos.

El objetivo de esta parte del trabajo es identificar las especies de pequeños roedores con mayor capacidad de acumulación de radionúclidos de origen artificial. Debido a que los hongos son buenos bioindicadores de contaminación radiactiva, y los roedores los consumen con frecuencia, ambos son de gran ayuda como indicadores de este tipo de contaminación.

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las muestras de músculo y hueso de ratones analizados en el Laboratorio de Vigilancia Radiología Ambiental del ININ. Para los radionúclidos ^{235}U , ^{226}Ra y ^{60}Co , todos los valores fueron inferiores a la concentración mínima detectable para cada radionúclidos y muestra mediante este tipo de análisis.

Análisis por espectrometría de radiactividad Gama (Bq/kg.) peso seco.

Tipo de Muestra	Clave de la muestra	Fecha de análisis	Punto de muestreo	R A D I O N U C L I D O S				
				^{235}U	^{226}Ra	^{137}Cs	^{60}Co	^{40}K
<i>Peromyscus</i>	001CNRT /97/12/06	17/02/98	1Y2	<8.4	<15.9	2.0±48.6%	<1.0	300.2±10.6%
<i>Reithrodontomys</i>	002CNRT /98/05/06	28/09/98	1Y2	<8.3	<14.3	2.8±35.9%	<0.9	312.7±9.5%
Muestra Compuesta	003CNRT /98/06/29	30/11/98	1y2	<1.1	<1.7	5.1±28.5	<0.5	178.1±13.1%

En general, en los productos alimenticios el ^{137}Cs , proveniente de la lluvia radiactiva ("fallout"), ha ido disminuyendo a través del tiempo; sin embargo, la concentración de estos radionúclidos en los hongos silvestres continúa siendo alta, debido a su bioacumulación y a que los niveles de ^{137}Cs , en los ecosistemas boscosos disminuye muy lentamente (Muck, 1997, Gaso, *et al.* 1998a).

En la tabla siguiente se indican los valores de la actividad específica del ^{137}Cs y del ^{40}K , en las especies de hongos en las que se observó algún consumo por parte de los roedores y la contribución de los radionúclidos consumidos mediante la ingestión de cada especie de hongo a la actividad específica de los tejidos de los ratones. Se indica también el porcentaje de consumo.

Porcentajes de consumo y actividad específica de los hongos y porcentaje que aportan a los roedores tanto de ^{137}Cs como de ^{40}K .

ESPECIE	PORCENTAJE DE HONGO CONSUMIDO POR LOS ROEDORES	Actividad específica de los hongos ^{137}Cs Bq kg ⁻¹ (ps)	Actividad específica de los hongos ^{40}K Bq kg ⁻¹ (ps)	Contribución de ^{137}Cs a los roedores Bq kg ⁻¹ (ps)	Contribución de ^{40}K a los roedores Bq kg ⁻¹ (ps)
<i>Agaricus campestris</i>	10%	3.6	1343	0.36	134.3
<i>Amanita pantherina</i> *	80%	36.9	1043	29.5	834.4
<i>Boletus aereus</i>	50%	26.6	439	13.3	116.8
<i>Clavariadelphus pistillaris</i>	50%	75	1323	37.5	661.5
<i>Clavariadelphus truncatus</i>	15%	646.5	1315	96.98	197.3
<i>Gomphus floccosus</i>	50%	304.9	628	152.2	314
<i>Hygrophorus sp</i>	10%	35.8	1780	3.6	178
<i>Lactarius salmonicolor</i>	45%	34.8	805	15.66	362.3
<i>Pholiotasp.</i>	95%	21	1119	19.95	1063
<i>Russula olivacea</i>	40%	12.9	778	5.2	311
<i>Lycoperdon sp</i>	30%	23.85	310	2.38	185.7
PROMEDIOS		111.08	944.818	34.33	396.75

*Valor promedio tomado de Yoshida y Muramatsu (1994)

El cociente de la relación de concentración (RC) o factor de transferencia (FT), es decir la concentración de un elemento en el hongo (ps), dividido entre su concentración en el ratón (ps), puede ser utilizado tanto para elementos estables como para isótopos radiactivos. Esta relación de concentración tiene una distribución log normal para el ^{137}Cs en los hongos estudiados, (Gaso *et al.*, 1998).

En general, el factor de transferencia hongo—ratón se expresa como el cociente entre la actividad Bq Kg⁻¹ (ps) de la parte consumida del carpóforo y la actividad Bq Kg⁻¹ (ps), de los pequeños roedores.

Las especies de hongos con altos niveles de acumulación radiactiva que coinciden con las consumidas por los roedores que tienen un mayor porcentaje de ¹³⁷Cs son: *Gomphus floccosus*, con 152.2 Bq kg⁻¹ (p.s.) y *Clavariadelphus truncatus* con 96.98 Bq kg⁻¹, (ps) Con respecto al ⁴⁰K, radionúclido de origen natural, la contribución se debería a que algunas especies concentran mayor cantidad de ⁴⁰K y el porcentaje consumido es mayor, como sería el caso de *Pholiota sp.*, *Amanita pantherina*, *Clavariadelphus pistillaris* y *Lactarius salmonicolor*.

El coeficiente de transferencia del ¹³⁷Cs de los hongos hacia los pequeños roedores fue calculado para cada especie de ratón, utilizando el valor promedio del ¹³⁷Cs y el ⁴⁰K (ps) en los hongos y de los ratones, tomando en cuenta el porcentaje de consumo de cada especie de hongos por los roedores, así como las actividades específicas del ¹³⁷Cs y el ⁴⁰K en cada especie de ratón.

Coeficiente de transferencia de hongo--roedor para el ¹³⁷Cs.

Género de ratón	Actividad específica		Actividad específica		Factor de Transferencia (ps)
	BqKg ⁻¹ (ps) ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	BqKg ⁻¹ (ph) ¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	
<i>Peromyscus</i>	2.0	300.2	0.24	27.20	0.06
<i>Reithrodontomys</i>	2.8	312.7	0.48	53.16	0.08
<i>Muestra compuesta</i>	5.1	178.1	0.45	15.85	0.15

Por otro lado se revisaron ciento ochenta preparaciones, de contenido estomacales de las cuales se seleccionaron quince, que presentaban esporas solitarias o pequeños grupos de tres o cuatro esporas, pudiéndose determinar los géneros *Russula* y *Lycoperdon*, como prueba del consumo de estas especies por los ratones muetreados

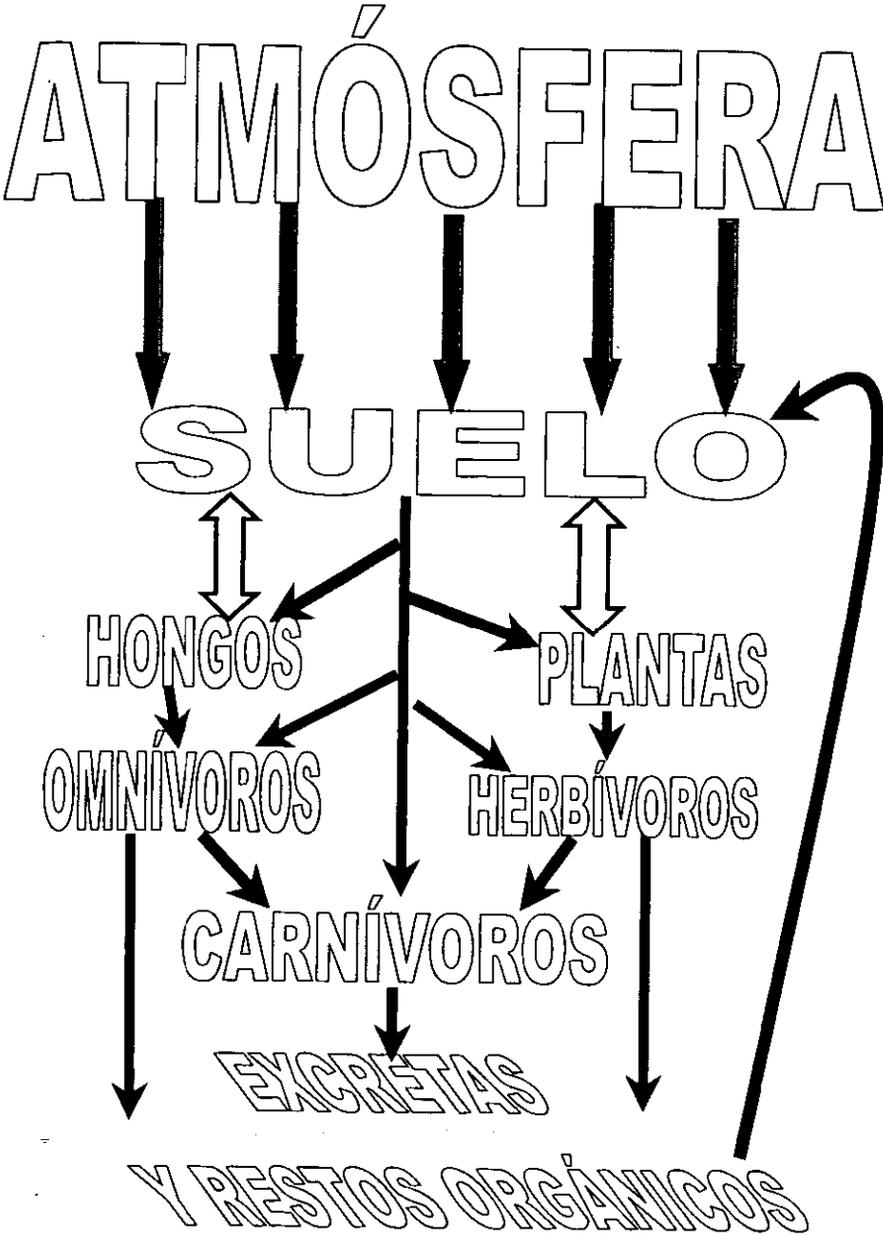
En el diagrama que se adjunta se muestra cómo a partir de la liberación de radiación al ambiente, se van intercalando en algunos componentes del suelo los radionúclidos que son emitidos a la

atmósfera y que son arrastrados con los vientos por gran parte del globo terráqueo.

En el suelo existen ahora otros isótopos de cesio que antes no existían. Las plantas lo toman directamente de la lluvia que precipita el ^{137}Cs a la tierra y lo que incorpora a su metabolismo; en el caso de los hongos estos radionúclidos pueden ser incorporados directamente de los minerales del suelo mediante las partículas atmosféricas depositadas en los suelos de los bosques de árboles micorrizicos lo pueden incorporar a través de los hongos con los que establece las asociaciones simbióticas, mismas vías de incorporación de los diversos radionúclidos.

Los animales silvestres debido a que no lavan sus alimentos, al consumirlos llegan a ingerir una porción importante de tierra (en la tierra existen radionúclidos), lo que trae como consecuencia que el 5% de su dieta anual sea tierra. El coeficiente de transferencia de radionúclidos hongo –ratón estuvo comprendido en el rango reportado para otros radionúclidos en roedores (Tomas, 2000).

Diagrama de flujo del ¹³⁷Cesio en el ecosistema del bosque de *Abies religiosa*.



DISCUSIÓN

En la naturaleza, los pequeños roedores consumen hongos silvestres durante la época de lluvias; debido a ello se estableció una selección de las diferentes partes que forman un carpóforo de acuerdo al consumo que presentan y preferencia de los roedores por alguna de las partes del mismo. Se observó un mayor consumo de las especies correasas y duras; esto puede deberse a su condición de roedores.

En la actualidad no se debe ignorar el consumo que hacen los pequeños roedores por este tipo de hongos, ya que es muy importante, debido a que juega un papel vital dentro del ecosistema, estableciéndose una asociación muy estrecha entre árboles, hongos, y pequeños mamíferos.

Los hongos maestreados son consumidos por pequeños mamíferos, así como por otros mamíferos, que llegan a consumirlos como una alternativa a su dieta, durante la época de lluvia.

La evaluación del fenómeno de la micofagia aunado a la evaluación de los radionúclidos presentes en el ratón de campo nos permite conocer las relaciones que existen dentro de un ecosistema.

En el caso del bosque de *Abies*, existe una estrecha relación entre las diversas especies que lo conforman. Hay una asociación que permite un óptimo desarrollo del ecosistema del que forman parte, obteniendo un beneficio para su subsistencia. En particular los roedores obtienen un beneficio del recurso alimentario de los hongos.

Los hongos por su parte están siendo comidos por los ratones, pero estos mismos están funcionando como vectores de dispersión de esporas que al germinar forman una asociación micorrícica con algún árbol, lo que favorece el desarrollo del todo arbóreo y herbáceo que forma un bosque.

Es evidente, de acuerdo con los resultados, que los pequeños roedores consumen hongos al menos en la época de lluvia. Se pudo observar una mayor preferencia por las especies de *Russula*, haciendo una selección de los hongos así como de sus partes consumidas, dependiendo de su consistencia.

El consumo de los hongos micorrícicos comprende alrededor del 75 por ciento de la micofagia de los pequeños mamíferos, con base en las publicaciones de listados sobre evaluación del consumo

de hongos micorrícicos conocidos o presuntivos (Trappe y Maser, 1976).

La micofagia es importante tanto para los mamíferos como para los hongos. Se necesita más información extensiva y definitiva, para entender la dinámica de las poblaciones de pequeños mamíferos. El flujo de nutrimentos no es una materia simple de difusión de energía a través de grupos funcionales arbitrariamente generalizados tales como los productores primarios, los consumidores o los descomponedores.

Cuantitativamente, se obtuvo un número mayor de algunos hongos saprobios que forman esporocarpos separados y que son comidos por pequeños mamíferos.

El estudio sobre el fenómeno de la micofagia de los pequeños roedores en México y la detección de radionúclidos en los ratones, es aún muy escaso debido a que no existen trabajos o personas dedicadas a tales estudios, en nuestro país.

En la actualidad sólo se pueden encontrar trabajos esporádicos con respecto a la importancia que tiene la micofagia en el bosque de montaña. La mayoría de los estudios realizados fuera de México hacen referencia a hábitos alimentarios de los pequeños mamíferos, pero sólo ocasionalmente se profundiza en el fenómeno de la micofagia.

La colección de macromicetos del Centro Nuclear de México, comprende las familias, Pezizaceae, Helvellaceae, Morchellaceae, Boletaceae, Russulaceae, Coprinaceae, Agaricaceae, Lepiotaceae, Rhodophyllaceae, Cortinariaceae, Strophariaceae, Hygrophoraceae, Amanitaceae, Tricholomataceae, Clavariaceae, Cantharellaceae, Hydaceae, Lycoperdaceae y Geastraceae.

Una gran parte de los carpóforos recolectados presentó un tipo de consumo por parte de algunos roedores. Esto se pudo constatar por observación indirecta, pero el saber ¿qué roedor se comía, qué tipo de hongo o qué cantidad, y con qué frecuencia?, sólo se podría responder con el trabajo de laboratorio en el cual se montaría un bionsayo en el que pueda controlarse la cantidad y calidad alimenticia del hongo que consumirían los ratones en el laboratorio.

Actualmente la mayor parte del ^{137}Cs depositado en los bosques, tuvo su origen de las pruebas nucleares, con emisiones a la atmósfera llevadas a cabo en el periodo de 1960-1980; Dicho depósito se encuentra en los primeros centímetros del suelo, en los ecosistemas naturales. Sin embargo inmediatamente después de que ocurre un accidente o explosión nuclear las mayores concentraciones de

radionúclidos se localizan en la capa orgánica del suelo del bosque, especialmente el de montaña, que es buen receptor del ^{137}Cs .

El análisis de concentración de actividad en las muestras ambientales requiere de tratamiento especial. Los valores son en general muy bajos y la estadística de análisis puede presentar errores de conteo elevados, especialmente para concentraciones de actividades muy bajas. Para que los datos sean confiables se requiere que el error estadístico del análisis de actividad por espectrometría gama sea el menor posible. Dicho error dependerá entre otros factores de la actividad a medir, y del tiempo de análisis, y del volumen o peso de la muestra.

Para lograr errores de análisis entre el seis y el quince por ciento se tiene estipulado en el laboratorio un tiempo de análisis mínimo de 200,000, segundos por muestra, ya que la actividad del ^{137}Cs en las mismas se encuentra en el rango de 1 a 5 Bq Kg^{-1} (ps).

CONCLUSIONES

La biología solía ser tratada en forma independiente en cada una de sus partes (biología descriptiva). Actualmente el estudio de la contaminación ambiental debe ser tratado en forma multidisciplinaria. Por ello, se propone un trabajo integrado por las diferentes ramas de la biología que antes eran tratadas en forma independiente (micología, zoología y medida de radiactividad en muestras ambientales).

Es necesario por tanto aplicar una serie de conocimientos y experiencias tan distintos como es el caso de la recolección de hongos y la captura de los ratones, en combinación con técnicas para la detección de la radiactividad proveniente de fuentes naturales y artificiales.

Se trata de empezar a trabajar una biología moderna, de la cual se obtengan resultados más comprometidos con una realidad actual y que su objetivo sirva a la resolución o prevención de problemas que atañen a la naturaleza en su conjunto.

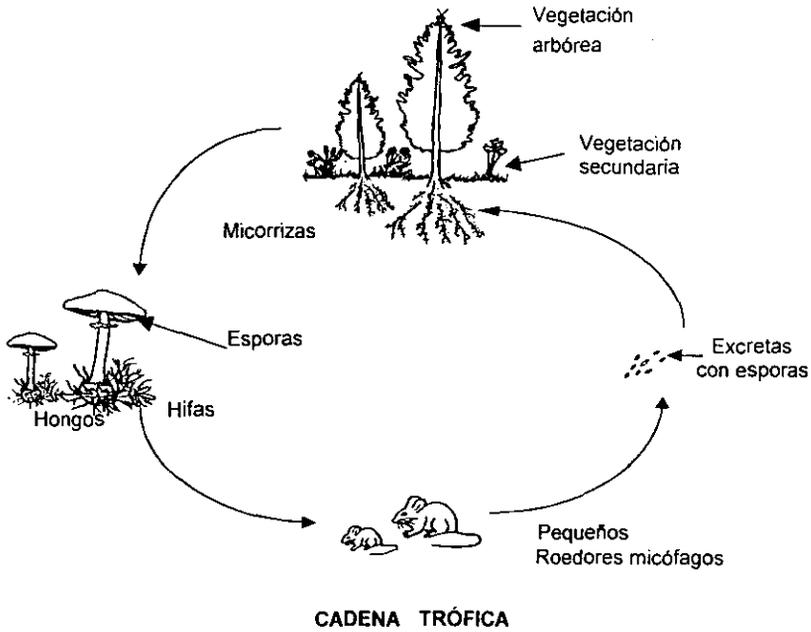
El efecto del paso a través del tracto digestivo sobre la germinación de las esporas es desconocido en la mayoría de los hongos. En general, las esporas de hongos coprófilos y xilófagos germinan pobremente o incompletamente bajo cualquier circunstancia (Benedict *et al.*, 1967).

En la evaluación de la micofagia realizada por los pequeños roedores, se consideró el grado de preferencia y el gusto por el cuerpo fructífero, ya sea en su totalidad o alguna de sus partes. En este caso se anotaron los resultados en porcentaje de daño contra las especies encontradas consumidas por parte de los roedores, así como el total de hongos parcialmente comidos.

El impacto potencial del aumento en la concentración, de cualquier radionúclido en el ambiente, se estima a partir de la dosis que reciben los organismos. Los individuos críticos o grupos de poblaciones críticos se consideran en protección radiológica, como aquellos que viven cerca de una instalación nuclear, que comen y beben sólo productos locales

Si la hipótesis planteada en el trabajo (pag.11) es cierta, las relaciones cuantitativas y cualitativas de las poblaciones de pequeños mamíferos entre los diversos tipos de hábitats estudiados de muestra la importancia de considerar esta nueva cadena trófica el

mantenimiento del equilibrio y restablecimiento del toldo arbóreo, para analizar los posibles efectos que pudiera alterar la conservación de los bosques.



Se muestra el camino que recorren las esporas para poder inocular las raíces de un árbol.

Esquema de la cadena trófica que propone el autor de la tesis.

LITERATURA CITADA

Amaranthus, M., Trappe, J.M., Bernal, L., Artur, D. 1994. Hypogeous fungal production in nature. Douglas-fir forest fragments and surrounding plantations and its relation to coarse woody debris and animal mycophagy. Canad. J. For. Res. 24: 2157-22161

Aranda, S. J., 1981. **Rastros de Mamíferos Silvestres de México.** INIREB, Xalapa.

Benedict, R. G, Tyler, V. E., Brandy, L.R. 1967. Studies on spore germination and growth of some mycorrhizal-associated basidiomycetes. Mycopath. Mycol. Appl. 31:319-326.

CAC, 1989. (Alimentarius Commission) Consideration of proposals for action in relation to accidental radionuclide contamination of foods. 18th Session Alinarm 89/11. W/z4 473, WHO.

Castellano, M.A., Bougher, N. L., 1994. Taxonomy and biodiversity of Australian E. M. fungi. In: **Management of mycorrhizae in agriculture, horticulture and forestry.** Eds., A. D. Robson, L.k. Abbott and N. Malajczuk. Academic Publishing, Netherlands, pp. 31-49.

Fogel, R. D., Trappe, J. M. 1978. Fungus consumption (mycophagy) by small mammals. Northwest Science. 52: 1-31.

Gaso, M.I. 1998. **Los hongos comestibles silvestres como indicadores de la transferencia de radionúclidos en el ambiente.** Tesis de Doctorado. Fac. Ciencias. UNAM. México, D.F. 81p.

Gaso, M.I., Cervantes, M.L., 1992. Estimación de la tasa de dosis gamma en aire en el Centro Nuclear y el CADER, de México. Rev. Inv. Mas. Desarrollo, Ciencia y Tecnología Nuclear 2: 37-41.p

Gaso, M.I., Cervantes, M.L., Segovia, N., Abascal, F., Salazar, S., Velázquez, R., Mendoza, M. 1995. Cs-137 and Ra-226 determination in soil and land snail from a radioactive waste site. Sci. Tot. Eviron 137: 41-45.

Gaso, M.I., Cervantes, M.L. Segovia, N., Salazar, S. 1996. Soil-fungi radiocesium transfer in forest ecosystems in Mexico. Environ. Inst. 22: 365-368.

Gaso, M.I., Cervantes, M.L., Quintero, E. 1998. Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental del Centro Nuclear de México.

Informe de resultados correspondiente al periodo de enero a diciembre de 1997.

Gasó, M.I., Segovia, N., Herrera, T., Pérez-Silva, E., Cervantes, M.L., Quintero, E., Palacios, J., Acosta, E. 1998. Radicesium accumulation in edible wild mushrooms from coniferous forests around the Nuclear Center of Mexico. Sci. Tot. Environ 223: 119-129.

Gerdemann, J.W., Trappe, J.M. 1974. The Endogonaceae in the Pacific Northwest. Mycol. Mem. No 5. pp. 76.

Gilbertson, R. L. y Ryvarden, L. 1986. North American Polypores. vol. I. Gronlands Grafiske A/S. Oslo.

Guzmán, G. 1977. **Identificación de Hongos**. Edit. Limusa. México, D.F. 452 p

Herrera, T. y Guzmán, G. 1961. Taxonomía y ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. Méx. 22:33-135.

Herrera, T Ulloa, M. 1998. **El Reino de los Hongos. Micología Básica y Aplicada**. Universidad Nacional Autónoma de México, Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 283-339 pp.

Hesler, L. R. y Smith, A.H. 1963. **North American Species of Hygrophorus**. The University of Tennessee Press. Knoxville, U.S.A.

IAEA. (International Atomic Energy Agency). 1982a. Generic models and parameters for assessing the environmental transfer of radionuclides from routine release. Safety Series 57, Viena.

IAEA. (International Atomic Energy Agency). 1994a. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclides transfer in temperate environments. Technical Report Series 364, Viena.

IAEA. (International Atomic Energy Agency). 1994b. El accidente de Chernobil: Actualización de la INSAG-1. Informe del grupo internacional asesor en seguridad Nuclear. Colección de Seguridad 75, INSAG-7, Viena.

Ingold, C. T. 1966. Spore Release. In: Ainsworth, G.C. and Sussman, A.S. (eds.). **The Fungi**. v. 2: 679-707. John Wiley & Sons, N. Y. 805p.

IUR. 1982. (International Union of Radioecology). Measurement of soil to plant transfer factors for radionuclides. Report EURATOM- Ital Report, Balen.

Kiefer, P. Prohl, G., Muller, H., Lindner, G., Drissner, J., Zibold, G. 1996. Factors affecting the transfer of radiocaesium from soil to rodents in forest ecosystems of southern Germany. Sci. Tot. Environ. 192:49-61.

Korf, R. P. 1973. Sparassoide ascocaps in Pezizales and Tuberales. Rep. Tottori Mycol. Inst. Japan 10: 389-403.

Krebs, C. 1980. **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Second Edition. Harper and Row Publishers.

Kotter, M. y Forentinos, R. 1984. Formation of Ponderosa pine ectomycorrhizae after inoculation with feces of tassel-eared squirrels. Micology. 76(2): 758-770.

Lincoff, G. H. 1981. **The Audubon Society Field Guide to North American Mushrooms**. Alfred A. Knopf, New York. 926p.

Maser, C. J., Trappe, J. M. Nussbaum, R. A. 1978. Fungal-small mammals in interrelationships with emphasis on Oregon coniferous forest. Ecology. 54(4): 799-809.

Miller, S.L., Torres, P., MacClean, T. M. 1969. Persistence of basidiospores and sclerotia of ectomycorrhizal fungi and *Morchella* in soil. Mycologia 86: 89-95.

Mück, K. 1997. Long term effective decrease of cesium concentration in foodstuffs after nuclear fallout. Health Phys. 72(5):659-673.

Murie, O. J. 1954. **A field guide to animal tracks**. Houghton Mifflin Co., Boston. 374p.

Polaco, O., Guzmán, G. Guzmán, L. Álvarez, L. 1982. Micofagia en la rata montera *Neotoma mexicana* (Mammalia Rodentia). Bol. Soc. Mex. Mic. 17: 17-24.

Quintero, E. López, H. Cervantes, L. 1996. Gama and beta background counting 131 I in milk in the vicinity of the Nuclear Center of Mexico. J. Radial. of Nucl. Chem. L 214 (4): 309-317.

Ryvarden, L. 1978. The polyporaceae of North Europe. Vol. 2. Fungiflora. Norway.

Salazar, S. Alvarez, C., Silva, H., Dorantes, C., Gaso, M.I., Segovia, N., Pérez, I. 1994. Radioactivity in air around nuclear facilities in México. Eviron. Int. 20: 747-756.

Scott, T.G. 1941. Methods and computations in fecal analysis with reference to the red fox. Iowa State Coll. J. Sci. 15 (3): 279-285.

Segovia, N., Gaso, M.I., Chávez, A., Tejera, A., Gutiérrez, A., Azorín, J., Balcázar, M., López, A., Tamez, E., Cervantes, L., Monnin, M. 1990. Environmental Alpha and Gamma survey. Rad. Prot. Dosim. 34: 219-222.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Segovia, N, Gaso, I., Tejera, A. Tamez E. 1989. Environmental radiactivity survey in site studies. J. Radial. Nucl. Chem. Art. 132 (2): 339-348.

Sheppard, S. y Evenden, W. 1997. Variation in el transfer factor for stochastic modes: soil-to-plant transfer. *Health Phys.* 72. (5): 727-733.

Sieveriding, E. 1991. Vesicular-arbuscular management in tropical agrosystems. Technische Zusammenarbeit (GTZ). Gmb. H.

Singer, R. 1975, **The Agaricales in Modern Taxonomy.** J. Cramer. Fourth Ed. Koeltz, Sientific Books, Koenigstein.

Smith, C.C. 1965. Interspecific competition in the genus of tree squirrels *Tamiasciurus*. Univ. Wash., Seattle. Ph. D. thesis. 269p.

Smith, A. H. y Thiers, H. D. 1971. The Boletes of Michigan. Ann Arbor. University of Michigan Press. U.S.A

Thomas, P. A. 2000. Radionuclides in the terrestrial ecosystem near a Canadian uranium mill: Small mammals food chains and bioavailability. Health Physics. 78 (6): 625-632.

Trappe, J. M. 1962. Fungus associates of ectotrophic mycorrhizae. Bot. Rev. 28: 538-606.

Trappe, J. M. 1971 Mycohriza-forming Ascomycetes. In: HacsKaylo, E. (ed.), **Mycorrhizae.** U.S. Dep. Agric., Misc. Publ. 1189: 19-37.

Trappe, J.M., Maser, C. 1976. Germination of spores of *Glomus macrocarpus* (Endogonaceae) after passage trough a rodent digestive tract. Mycologia 68: 433-436.

Trappe, J.M., Maser, C. 1977. Ectomycorrhizal fungi: interactions of mushrooms and truffles with trees and beasts, In: Waters, T. **Mushrooms and man an interdisciplinary approach to mycology.** T. Linn-Benton Community College, Oregon. pp. 163-179.

Trappe, J.M., Maser, Z., Maser, C. 1989. Key to spores of the genera of hypogeous fungi of north temperate forests with special reference to animal mycophagy. Mad River Press Inc. Eureka. California. p.186.

Valenzuela, V. 1986. **Estudio preliminar sobre micofagia por animales silvestres de la Estación Experimental de Fauna Silvestre de San Cayetano Edo. de Méx.** Tesis. Facultad de Ciencias, U N A M. México, D.F. 51 p.

Williams, O. 1962. A technique for studying microtine food habits. J. of Mamm 93(3): 365-368.

Williams, O., Finnes, A.B. 1964. Endogone food for mice. J. of Mamm. 46(2): 265-271.

Whitaker, J.O. 1962. Endogone, Hymenogaster and *Melanogaster* as small mammals foods. Amer. Midl. Nat. 67: 152-156.

Whitaker, J.O., Maser, C. 1976. Food habits of five Western Oregon shrews. Northw. Sci. 50: 102-107.

Wolff, O.J., Dueser, D.R. 1985. Foods and habitats of sympatric *Peromyscus leucopus* and *P. maniculatus*. J. Mamm 66(4): 46-52.

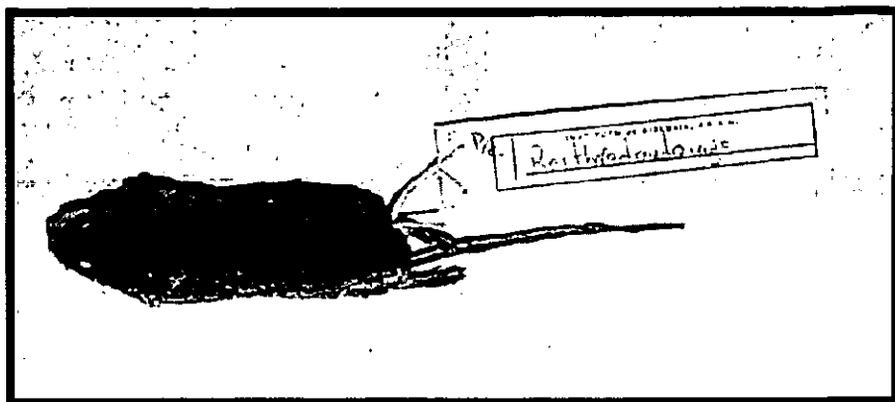
Yamamoto, M., Shiraishi, K., Los, I. P., Kamarikov, I., Buzinny, M. G. 1995. Alpha-emitting radionuclids contents in food samples as related to the Chernobyl accident. J Radial Nucl. Chem. L. 201 (6): 459-468.

Yoshida, S., Muramatzu, Y. 1994. Radiocesium concentration in mushrooms collected in Japan. J. Environ. Radioactivity 22: 141-154.

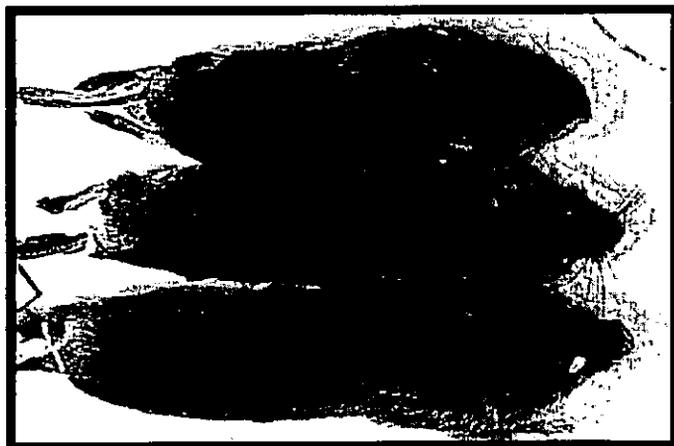
Zach R., Mayoh, K: 1984. Soil ingestion by cattle: a neglected pathway? Health Physics. 46:426-431.

Zimmerman, E. G., 1973. A comparison of habitat and food of two species of *Microtus*. J. Mamm. 46: 605-612.

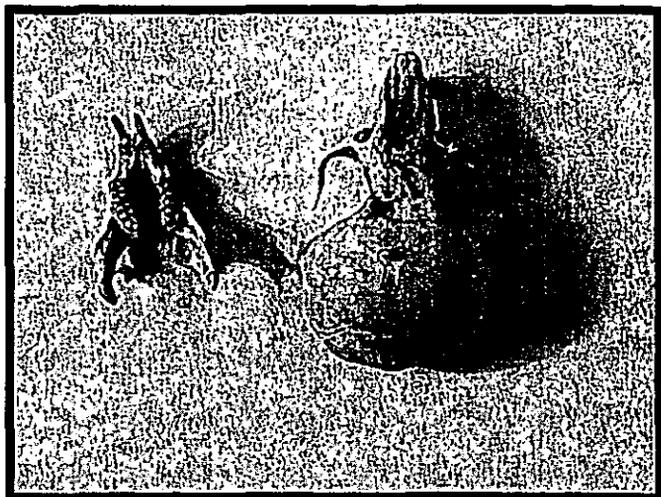
ANEXO



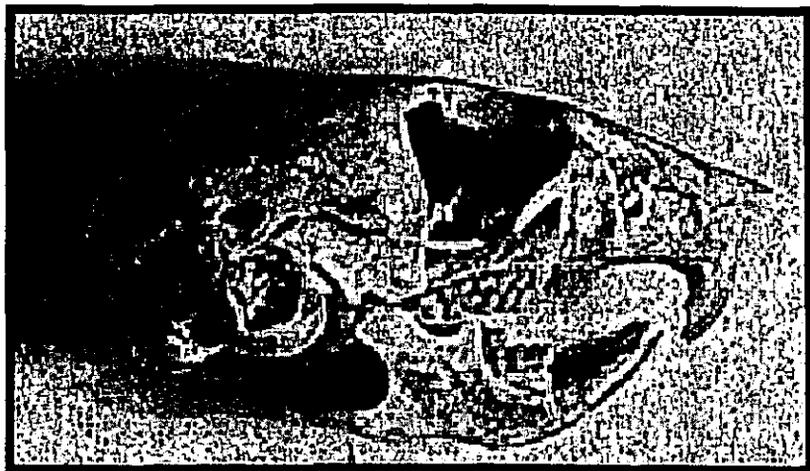
DE ESTA FORMA SE PREPARAN LAS PIELES DE LOS MAMÍFEROS PARA QUE INGRESEN AL MUSEO, SE COLOCA UNA ETIQUETA DISTINTIVA CON TODOS LOS DATOS DE LUGAR Y DEL EJEMPLAR.



PARA QUE DENTRO DE LA COLECCIÓN DEL MUSEO LOS EJEMPLARES NO OCUPEN MUCHO ESPACIO SE ACOMODAN EN BATERÍA EN CAJAS.



LOS CRÁNEOS SON MUY IMPORTANTES PARA LA DETERMINACIÓN DE ROEDORES, PARA SU IDENTIFICACIÓN DE LA ESPECIES (*Reithrodontomys*).



CRÁNEO DE UN EJEMPLAR DE *Peromyscus*, EL CUAL SE ALMACENA EN TUBOS DE VIDRIO, PARA EL INGRESO AL MUSEO DE MASTOZOLOGÍA



LOS CRÁNEOS DE LOS EJEMPLARES CAPTURADOS SON LIMPIADOS PRIMERAMENTE A MANO HASTA QUITAR LO MÁS POSIBLE LA CARNE DEL HUESO Y DESPUÉS SON PUESTOS EN EL DERMESTARIO PARA SU COMPLETA LIMPIEZA Y DEPOSITARLOS EN EL MUSEO EN LA FORMA EN QUE SE MUESTRA EN LOS TUBOS.





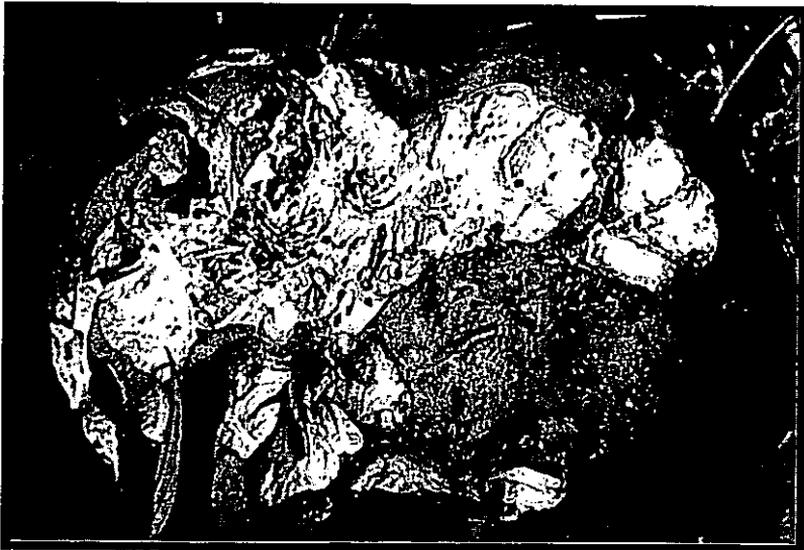
Russula delica, POR SU CONSISTENCIA ES LA ESPECIE MÁS PREFERIDA POR LOS ROEDORES POR PRESENTAR LA CONSISTENCIA DE CORREOSA



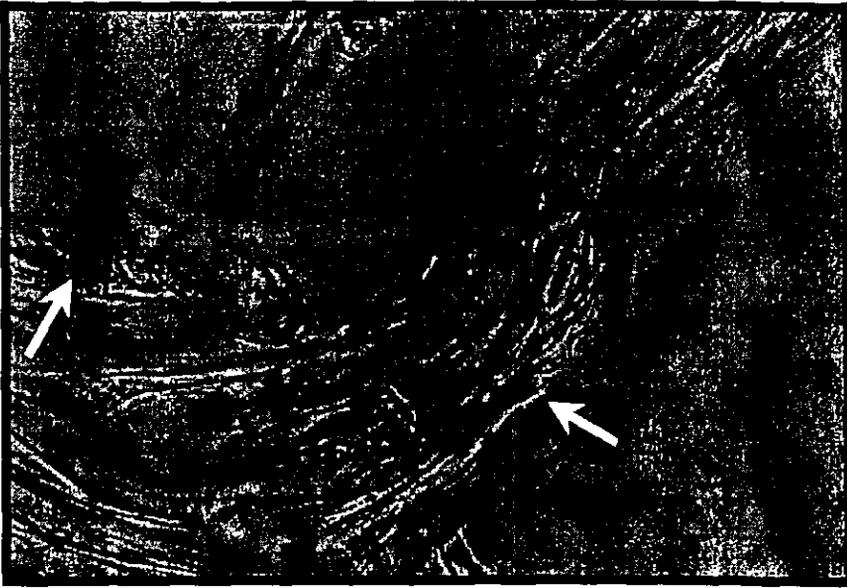
LOS BOLETACEOS ESTÁN CONSIDERADOS COMO ALIMENTO MÁS COMPLETO EN AMINOÁCIDOS Y PROTEÍNAS POR LO CUAL SE COMPRENDE QUE SEA TAMBIÉN DE LOS MÁS COMIDOS.



Russula delica LOS
ROEDORES LA CONSUMEN
CASI COMPLETAMENTE EN
LA ÉPOCA DE LLUVIAS LES
SIRVE DE COMPLEMENTO

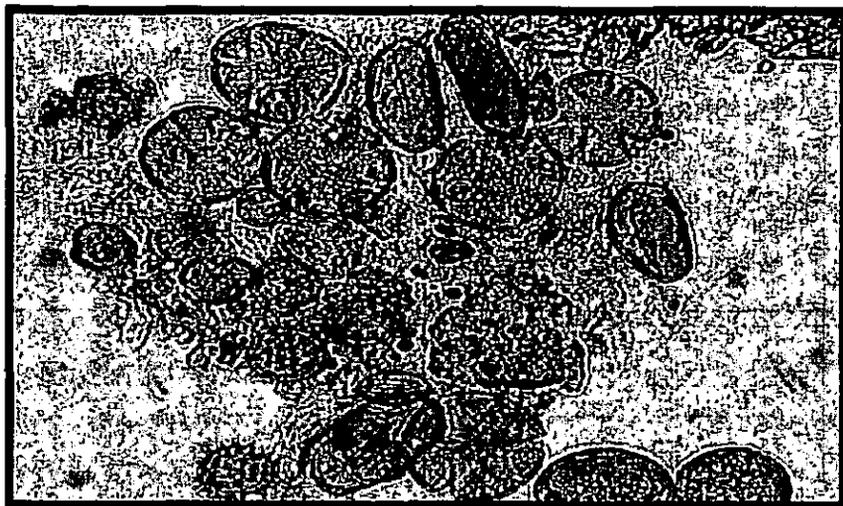


Boletus edulis, ESTE ES UN CLARO EJEMPLO DE LA PREFERENCIA
QUE TIENEN LOS ROEDORES POR LOS HONGOS CARNOSOS, LO
CUAL SE OBSERVA EN LAS MORDIDAS QUE PRESENTA EN EL
PILEO

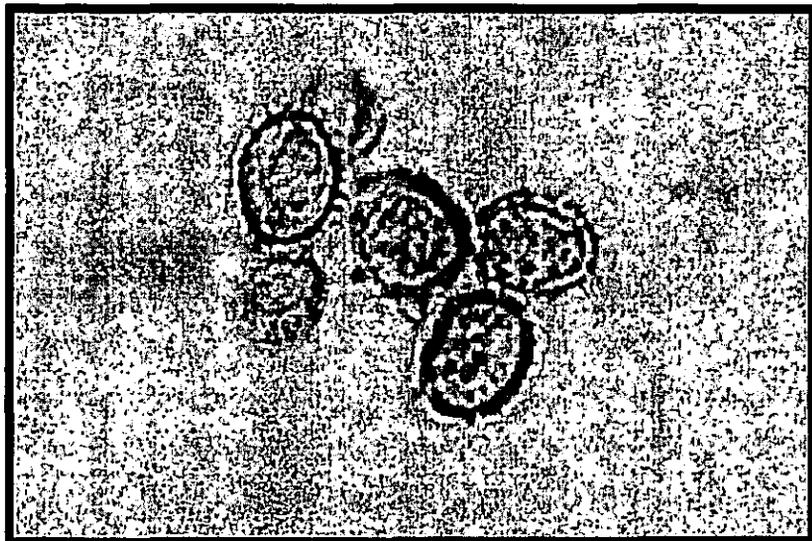


EL TEJIDO FÚNGICO EL CUAL ES ENCONTRADO EN LAS PARTES PRIMARIAS DEL ESTOMAGO TODAVÍA NO ES TOTALMENTE DIGERID, POR LO CUAL PODEMOS ENCONTRAR ESTOS TEJIDOS Y ESPORAS QUE NOS AYUDAN PARA LA DETERMINACIÓN DEL GÉNERO.





EN ESTE CASO SE OBSERVAN UN GRUPO COMPACTO DE ESPORAS, GRANOS DE POLEN, FITONEMÁTODOS, FRAGMENTOS DE RAÍCES QUE SE PUEDEN OBSERVAR Y ENMASCARAN LAS CÉLULAS DE HONGOS EPIGEOS.



ESPORAS DE *Russula* sp. ENCONTRADAS EN EL CONTENIDO ESTOMACAL UNA VEZ CENTRIFUGADO, FILTRADO Y CONDENSADO.



DENTRO DEL ESTRATO
ARBÓREO DEL CENTRO
NUCLEAR DE MÉXICO
PODEMOS ENCONTRAR EN SU
MAYORÍA Abies religiosa CASI EN
UN 90%, LO DEMÁS SERIAN
PASTIZALES Y UNO QUE OTRO
PINO.

EL TIPO DE VEGETACIÓN EN LA
ZONA DE ESTUDIO ESTA
CONSTITUIDA POR VEGETACIÓN
SECUNDARIA COMO SON
PASTIZALES Y OTROS TIPOS DE
MALEZA.

