



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

“ENFERMEDAD ÓSEA METABÓLICA EN CALLITRICHIDOS EN EL  
ZOOLOGICO SAN JUAN DE ARAGON”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

IVAN ARGUETA AYALA  
ANGÉLICA PÉREZ FRANCO

ASESOR: MVZ. M.C. JUAN ARTURO RIVERA REBOLLEDO

COASESORES: MVZ. MARÍA DE LA LUZ MONTERO VILLEDA

MVZ. PABLO LUNA RODRÍGUEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2013



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
 UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO  
 DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
 PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ  
 Jefa del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos LA TESIS:

“ENFERMEDAD ÓSEA METABÓLICA EN CALLITRICHIDOS EN EL ZOOLOGICO SAN JUAN DE ARAGÓN”

Que presenta el pasante: Ivan Argueta Ayala  
 Con número de cuenta: 30100190-6 para obtener el Título de: Médico Veterinario Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 “POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”  
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Diciembre de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	MC. Javier Froylan Lazcano Reyes	
VOCAL	MC. Ignacio Carlos Rangel Rodríguez	
SECRETARIO	MC. Juan Arturo Rivera Rebolledo	
1er SUPLENTE	MC. Tiziano Santos Morín	
2do SUPLENTE	MVZ. María Reyes Pichardo Molinero	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).  
 HHA/pm



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO  
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ  
Jefa del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos LA TESIS:

“ENFERMEDAD ÓSEA METABÓLICA EN CALLITRICHIDOS EN EL ZOOLOGICO SAN JUAN DE ARAGÓN”

Que presenta la pasante: Angélica Pérez Franco

Con número de cuenta: 40402918-2 para obtener el Título de: Médica Veterinaria Zootecnista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 11 de Diciembre de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	MC. Javier Froylan Lazcano Reyes	
VOCAL	MC. Ignacio Carlos Rangel Rodríguez	
SECRETARIO	MC. Juan Arturo Rivera Rebolledo	
1er SUPLENTE	MC. Tiziano Santos Morín	
2do SUPLENTE	MVZ. María Reyes Pichardo Molinero	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).  
HHA/pm

## AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia campus Cuautitlán por acogernos en sus instalaciones y enseñarnos el valor y responsabilidad que implica ser un universitario.

Al Zoológico San Juan de Aragón por las facilidades brindadas para la realización de esta tesis.

A los profesores que durante nuestro proceso de formación en la carrera nos brindaron sus conocimientos y enseñanzas.

Al Dr. Janitzio Bautista del Laboratorio de Toxicología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM.

A nuestros asesores por su tiempo y dedicación, por ser una pieza clave para poder lograr esta meta.

A nuestros sinodales por su colaboración para que nuestro trabajo creciera en calidad.

## DEDICATORIAS

A Dios por ponerme en este camino y por la vida que me regalo.

A mi Mamá por su invaluable esfuerzo y ser mi motor.

A mí querido abuelo por sus sabias enseñanzas, por ser mi padre y ejemplo.

A mis angelitos que desde el cielo guían y cuidan mi camino.

A mis tías y tíos por su cariño incondicional, por brindarme sus consejos y aliento en los días difíciles, y ser cómplices de mis alegrías.

A Dulce por darme la oportunidad de ser su hermana, por ser amiga y confidente.

A Ivan por llegar a mi vida y convertirse en mi compañero no solo de tesis, sino de vida, por compartir sueños y metas a mi lado, por su infinito apoyo y amor.

A mi pequeña “NiNa” porque no existe un cariño más leal y sincero que el que brinda una mascota, cuando te mira con sus pequeños ojitos y mueve su colita.

Angélica

## DEDICATORIAS

A mi Mamá por ser mi maestra en la formación de la vida y enseñarme el sentido de la responsabilidad, a ser mejores día a día y alentarme a terminar una carrera profesional.

A mi Papá por alentarme a seguir a delante y enseñarme que somos forjadores de nuestro destino y que siempre hay que superarse.

A mis Tíos Paco y Bertha por ser como mis segundos padres y brindarme su apoyo y sus consejos, por inculcarme el valor de lo que implica ser un medico excelente.

A mis Primas y Hermana por todos los momentos especiales que compartimos y aquellos en los que me brindaron sus consejos y ayuda.

Y aunque las palabras no puedan expresar lo que siente mi corazón, saben que los quiero mucho.

Ivan

## INDICE

Resumen.....	1
I. Introducción.....	2
1. Clasificación Taxonómica de los Primates.....	4
1.1. Suborden Strepsirhini.....	5
1.2. Suborden Haplorhini.....	6
2. Alimentación y nutrición de los primates.....	11
2.1. Morfología Gastrointestinal de los primates.....	13
2.2. Necesidades nutricionales.....	17
2.2.1. Requerimientos energéticos.....	18
2.2.2. Requerimientos proteicos.....	19
2.2.3. Requerimientos de Grasa.....	20
2.2.4. Requerimientos de Carbohidratos y fibra.....	20
2.2.5. Requerimientos de Vitaminas.....	21
2.2.6. Requerimientos de Minerales.....	23
3. Vitamina D.....	24
3.1. Metabolismo de la vitamina D.....	24
3.2. Mecanismo de acción.....	27
4. Enfermedades Óseas Metabólicas.....	29
5. Radiación ultravioleta.....	34
5.1. Bandas del Espectro Electromagnético.....	36
5.2. Radiación Solar.....	36
5.2.1. Intensidad de la Radiación.....	39
5.2.2. Absorbancia y Reflectancia de la Radiación.....	39
6. Radiación Ultravioleta y los Primates.....	40
II. Antecedentes de la colonia.....	44
III. Justificación.....	44
IV. Objetivos Particulares.....	44
V. Hipótesis.....	45
VI. Material y Métodos.....	45
VI.1. Sitio de Estudio.....	45

VI.2. Colección animal e identificación.....	47
VI.3. La Dieta.....	48
VI.4. Medición del consumo por vitrina.....	48
VI.5. Toma de muestras sanguíneas.....	49
VI.6. Determinación de vitamina D por HPLC.....	51
VI.7. Medición de la Radiación.....	52
VII. Resultados .....	56
VII.1. Consumo y desperdicio por vitrina.....	56
VII.2. Resultados AQP.....	57
VII.3. Resultados del análisis cromatográfico.....	58
VII.4. Resultados radiación.....	61
VIII. Discusión.....	68
IX. Conclusiones.....	81
X. Anexos.....	83
XI. Bibliografía.....	112

## Índice de Figuras

Figura 1. Distribución actual de los primates no humanos en el mundo.....	3
Figura 2. Lémur de cola anillada ( <i>Lemur catta</i> ), un primate estrepsirrino.....	3
Figura 3. Tarsero filipino ( <i>Tarsius syrichta</i> ), primate haplorrino.....	3
Figura 4. Tití emperador ( <i>Saguinus imperator</i> ), primate platirrino.....	3
Figura 5. Características de las manos y pies de los prosimios.....	5
Figura 6. Uñas tegulae en Callithricidos.....	8
Figura 7. Estructura de la mandíbula inferior.....	10
Figura 8. Molares de los titis.....	11
Figura 9. Aparato digestivo de <i>Cebuella pygmaea</i> .....	17
Figura 10. Metabolismo de la Vitamina D.....	27
Figura 11. Espectro electromagnético.....	35
Figura 12. Longitud de onda.....	35
Figura 13. Bandas del espectro electromagnético.....	36
Figura 14. Componentes de la irradiancia.....	38
Figura 15. Radiación que llega a la Tierra.....	41
Figura 16. Tipos de radiaciones a las que está expuesta la piel.....	41
Figura 17. Ubicación de los albergues de los titíes.....	45
Figura 18. Domos de los albergues.....	46
Figura 19. Dieta ofrecida a los titíes.....	49

Figura 20. Modo de sujeción después de la captura.....	49
Figura 21. Desinfección del sitio para muestras sanguíneas.....	50
Figura 22. Toma de muestra de la vena coccígea.....	50
Figura 23. Cromatógrafo de la Facultad de MVZ.....	52
Figura 24. División de los albergues por zonas.....	54
Figura 25. Esquema del radiómetro modelo YK-35U .....	53
Figura 26. Modo de colocación del radiómetro para la toma de las lecturas.....	55

#### Índice de Tablas

Tabla 1. Consumo de la dieta en la Vitrina A.....	56
Tabla 2. Consumo de la dieta en la Vitrina B.....	56
Tabla 3. Consumo de la dieta en la Vitrina C.....	57
Tabla 4. Concentración de vitamina D (ng/ml) en suero sanguíneo.....	60
Tabla 5. Promedios de las lecturas durante el mes de abril.....	61
Tabla 6. Promedios de las lecturas durante el mes de mayo.....	62
Tabla 7. Promedios de las lecturas durante el mes junio.....	63
Tabla 8. Promedios de las lecturas durante el mes de julio.....	64
Tabla 9. Promedios de las lecturas durante el mes de agosto.....	65
Tabla 10. Promedios generales por vitrina.....	66
Tabla 11. Análisis de Varianza de un factor.....	67
Tabla 12. Historia clínica de los titís de ZSJA.....	93

Tabla 13. Mediciones realizadas durante el mes de Abril.....	95
Tabla 14. Mediciones realizadas durante el mes de Mayo.....	97
Tabla 15. Mediciones realizadas durante el mes de Junio.....	101
Tabla 16. Mediciones realizadas durante el mes de Julio.....	104
Tabla 17. Mediciones realizadas durante el mes de Agosto.....	107

### Índice de Gráficas

Gráfica 1. Análisis cromatográfico del estándar de vitamina D.....	58
Gráfica 2. Análisis cromatográfico de <i>Callithrix jacchus</i> , chip No. 058*630*360.....	59
Gráfica 3. Análisis cromatográfico de <i>Callithrix jacchus</i> , chip No. 061*609*106.....	59
Gráfica 4. Análisis Cromatográfico de <i>Saguinus midas</i> , chip No. 067*850*865.....	59
Gráfica 5. Análisis Cromatográfico de <i>Saguinus midas</i> , chip No. 067*094*120.....	59
Gráfica 6. Análisis Cromatográfico de <i>Saguinus midas</i> , sin microchip.....	60
Gráfica 7. Mediciones abril.....	61
Gráfica 8. Mediciones mayo.....	62
Gráfica 9. Mediciones junio.....	63
Gráfica 10. Mediciones julio.....	64
Gráfica 11. Mediciones agosto.....	65
Gráfica 12. Promedios generales por vitrina.....	66

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Zoológico de San Juan de Aragón, el cual se localiza en el nororiente de la Ciudad de México, en Av. Loreto Fabela s/n, Col. San Juan de Aragón. Del. Gustavo A. Madero. C.P. 17920, México, a un lado del Bosque de San Juan de Aragón.

El material de estudio fueron 2 titis orejas de algodón (*Callitrix jachus jachus*), 3 titis manos rojas (*Saguinus midas*) y un titi orejas de pincel (*Callitrix penicillata*); son alimentados con una dieta a base de fruta fresca, razón por la cual, se encontraron deficiencias en cuanto a los nutrientes y desbalance en los minerales que son factores importantes que pueden influir en la presentación de enfermedades óseas metabólicas.

A estos ejemplares se les tomó muestras de sangre, para evaluar en suero los niveles de vitamina D, por el método de cromatografía de líquidos en alta presión, no obstante que en la mayoría de las muestras se encontraron niveles en suero de esta vitamina dentro del rango normal, estos se encuentran en el límite inferior conforme a lo reportado en la especie, e incluso en uno de ellos por debajo de dicho rango. Sin embargo se encontraron deficiencias en cuanto a los aportes de proteína, grasas y desbalance de Calcio y Fósforo en la dieta.

A través de la medición de los rayos UVB, realizada con un radiómetro portátil, se determinó que la exposición a los rayos UVB no es adecuada, ya que, por la ubicación y los materiales de los albergues, la penetración de los mismos al albergue es deficiente.

Por todo lo anterior se considera necesario incrementar los aportes de Vitamina D<sub>3</sub> y corregir el desbalance de Ca y P, en la dieta, así como favorecer la penetración de los rayos UVB al interior de los albergues para prevenir los factores que puedan producir la presentación de alguna de las enfermedades óseas metabólicas.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1. Clasificación Taxonómica de los Primates

Primate significa Primero, es el nombre que dio Linneo al orden de animales que comprende a los prosimios, monos, antropoides y seres humanos. El grupo de los primates tienen características anatómicas que se encuentran en otros grupos de mamíferos, por lo que se puede decir que no tienen una característica que les sea exclusiva. Sin embargo, poseen ciertos rasgos que en su conjunto permiten identificarlos. Algunas características de los primates es que son mamíferos placentarios, poseen dos glándulas mamarias; son ungulados, claviculados, manos y pies con cinco dedos (pentadáctilos), pies plantígrados, pulgar oponible en manos y pies (algunas especies, como *Ateles*, carecen de pulgar en las manos), uñas planas en lugar de garras (en la gran mayoría de las especies), los dedos de las manos tienen capacidad de flexión, divergencia y convergencia; dentición poco especializada, con 4 incisivos, 2 caninos, 4 premolares y 6 molares en cada mandíbula; visión a color y binocular; articulaciones del hombro y del codo bien desarrolladas, se caracterizan por su importante desarrollo cerebral que les permite tener un comportamiento social elaborado.

Los primates viven en su mayoría en selvas, aunque hay muchas especies que se han adaptado secundariamente a las grandes sabanas. La deriva continental ha jugado un papel importante en la distribución actual de los primates al igual que la precipitación y la vegetación, factores que a su vez dependen del clima. Fig. 1. De los dos grupos principales de primates existentes, el Viejo Mundo contiene a todos los estrepsirinos actuales, siendo la isla de Madagascar especialmente biodiversa en este grupo, los estrepsirinos también se encuentran en Asia y África continental. Fig. 2

Los haplorrinos se encuentran distribuidos por África, Asia y América (hasta México) Fig.3; dentro de los haplorrinos encontramos dos grupos, los primates catarrinos que se encuentran restringidos al Viejo Mundo, mientras que los primates platirrinos están restringidos a América.<sup>14</sup> Fig.4.

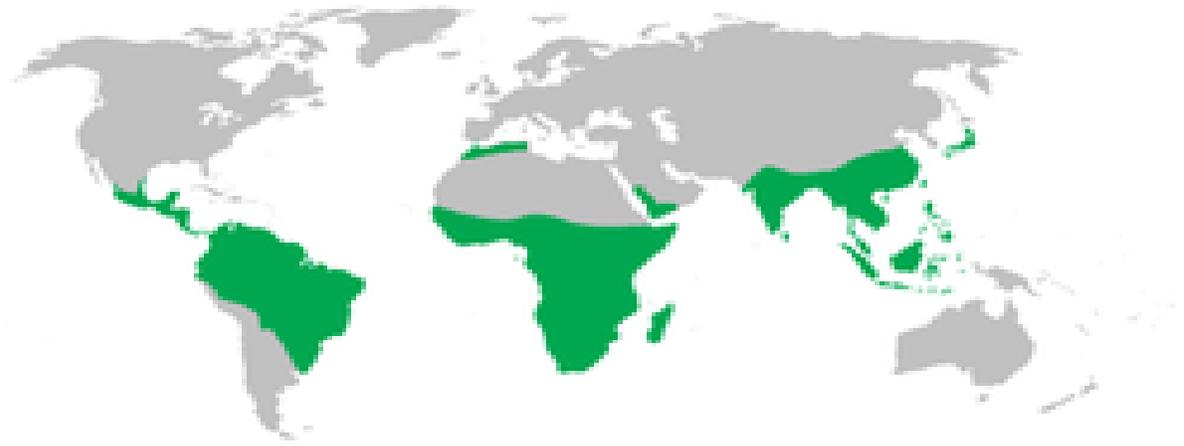


Fig. 1. Distribución actual de los primates no humanos en el mundo. El Viejo Mundo contiene a todos los estrepsirinos actuales, siendo la isla de Madagascar especialmente biodiversa, aunque también se encuentran en Asia y África continental. A los haplorrinos los encontramos distribuidos por África, Asia y América (hasta México).



Fig.2. Lémur de cola anillada (*Lemur catta*), un primate estrepsirino.



Fig. 3. Tarsero filipino (*Tarsius syrichta*), primate haplorrino.



Fig.4. Tití emperador (*Saguinus imperator*), primate platirrino. Esta superfamilia de primates se localiza principalmente en el sur de América.

Los primates se clasifican en dos subórdenes, 6 superfamilias y 13 familias, como a continuación se detalla:

SUBÓRDEN	SUPERFAMILIA	FAMILIA	SUBFAMILIA
Strepsirhini	Lorisoidea	Galagonidae	
		Loridae ó Lorisidae	
		Daubentoniidae	
Cheirogaleidae			
Lemuroidea	Megaladapidae		
	Lemuridae		
Indrioidea	Indriidae		
Haplorhini	Tarsioida	Tarsiidae	
	Platyrrhini (Monos del nuevo mundo)	Callithricidae (tamarines y titíes)	
		Cebidae (Capuchinos y saimiríes)	Cebinae Calliceninae Aotinae Pitheciinae Alouattinae Atelinae
	Catarrhini (Monos del viejo mundo)	Cercopithecidae	Cercopithecinae Colobinae
		Hylobatidae (Simios menores)	
		Hominoidae (Antes dividido en 2, Pongidae y Hominidae)	

Fuente: [www.pixelteca.com/biolog/primates/primates.html](http://www.pixelteca.com/biolog/primates/primates.html)

### 1.1. Suborden Strepsirhini

El suborden *Strepsirhini*, conocido comúnmente como prosimios son el grupo de primates menos evolucionado, presentan características anatómicas relacionadas con una vida nocturna, dentro de las características principales de los prosimios se encuentra tener ojos grandes y orejas desarrolladas; sus manos y pies son prensiles ya que sus hábitos son principalmente arbóreos, tienen una uña comprimida con aspecto de garra en el 2° dedo de cada mano. Fig.5. En el género *Tarsius* también se da este tipo de uña en el 3er dedo de cada pie.

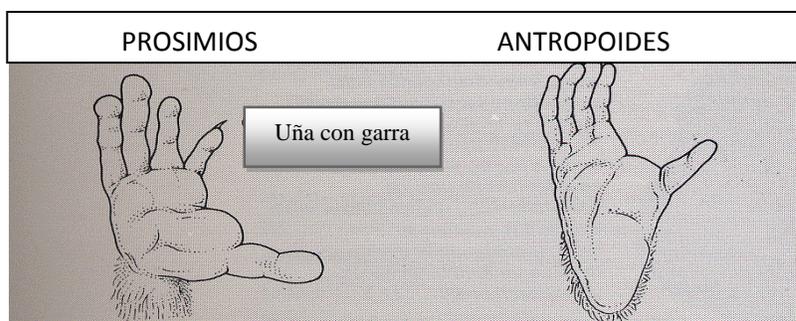


Fig. 5. Las manos y pies de los prosimios son prensiles y poseen una uña comprimida con aspecto de garra en el 2° dedo de cada mano.

Fuente: Apuntes de taxonomía

Otras características que tienen los prosimios es tener cerebros pequeños, olfato y tacto especialmente desarrollados, vibrisas (pelos táctiles) en el rostro, mandíbula inferior en forma de “peine dental” (usan los incisivos inferiores para el espurgamiento, por ello tiene esta forma), nariz con espéculo nasal, húmedo y desnudo (excepto en el género *Tarsius*). Todos viven en bosques, excepto *Galago*.

Dentro del suborden *Strepsirhini*, se encuentra la superfamilia Lemuroidea y Lorisidea. Los primeros solo viven en Madagascar, mantienen caracteres primitivos como hocico estrecho en punta; nariz desnuda y húmeda; vibrisas táctiles y cerebro pequeño. Unas especies son diurnas y otras nocturnas. Mientras que dentro de la superfamilia Lorisidea, todos son nocturnos, de tamaño grande, sus extremidades y su cola son cortas por lo que no son buenos saltadores sus movimientos son lentos, sin embargo tiene alta capacidad prensil. Son solitarios, evitan a los depredadores gracias a los movimientos lentos y al camuflaje. Su dieta es frugívora, aunque también se alimentan de insectos.

## 1.2. Suborden Haplorhini

El suborden Haplorhini o comúnmente llamados simios o antropoides tienen como principales características una alta proporción del cerebro en relación al cuerpo (dentro del cerebro, la parte más desarrollada es la corteza cerebral). Foramen magnum (agujero situado en la base del cráneo donde se inserta la columna cerebral) en posición más central. Ojos en frente del rostro (ojos en posición delantera) con órbitas rodeadas de hueso. (mejor visión, lo que se llama visión estereoscópica). Aperturas nasales separadas o juntas, no tienen espejillo nasal. Mayor control individual de dedos, mayor precisión. Su período de inmadurez es más prolongado (es decir, desarrollo lento del período que va de la infancia a la adultez).

Dentro del suborden de los Haplorhini, encontramos a la superfamilia Tarsioida la cual, se distribuye exclusivamente en las islas del sudeste Asiático, Filipinas, Borneo, Sumatra. Son de tamaño pequeño (como un hámster), son nocturnos, tienen ojos enormes, para mirar algo no mueven los ojos sino que giran toda la cabeza, tienen cerebros pequeños, largas extremidades inferiores. Son de vida arbórea, saltan de manera vertical, son insectívoros aunque también se alimentan de frutos, flores y pequeños reptiles. Tienen características similares a los simios como el que no poseen espejillo nasal húmedo y su aparato olfativo es muy reducido.

Los Primates del Nuevo Mundo (Platirinos) y los Primates del Viejo Mundo (Catarrinos) han evolucionado de forma muy parecida: todos son diurnos, excepto el género *Aotus* que es nocturno. Las únicas diferencias entre platirinos y catarrinos, son a nivel de los premolares, de la cola y de su distribución.

Los Catarrinos viven en África y Asia, son cuadrúpedos, aunque algunos tienen como forma de locomoción la braquiación, tienen visión tricromática, son primates muy adaptables, tienen callosidades isquiáticas o parches anales (engrosamiento de piel en la región anal) que les sirve para sentarse en el suelo, los machos tienen unos caninos (colmillos) muy desarrollados para asustar al enemigo. Dentro de esta familia se consideran 2 subfamilias: Cercopithecinae; aunque son frugívoros, tienen una dieta muy amplia

(comen de todo: frutos, larvas, raíces). Son cuadrúpedos terrestres, tienen abazones (bolsas en las mejillas para almacenar comida). Pasan la mayor parte del tiempo en el suelo, aunque buscan refugio en los árboles. Y la subfamilia Colobinae; todos son folívoros, poseen un aparato digestivo especializado en la digestión de hojas (muchos estómagos; las hojas se descomponen gracias a bacterias), miembros muy alargados y delgados, casi todos son terrestres, aunque algunos son arborícolas.

En la superfamilia de los platirrinos se encuentra la familia Cebidae, dentro de la cual algunos ejemplos de subfamilias son la Atelinae, que alberga 3 géneros; *Ateles* (mono araña), *Brachyteles* y *Lagothrix*. El género *Ateles* (mono araña) posee cola con una alta prensibilidad (lo usan como un miembro más), tiene huellas dactilares (huella dermatoglífica), otros géneros dentro de la familia Cebidae son *Brachyteles* (se le llama muriqui o mono araña lanudo), y *Lagothrix* (mono lanudo común), estos son folívoros a excepción de *Ateles* que es frugívoro.

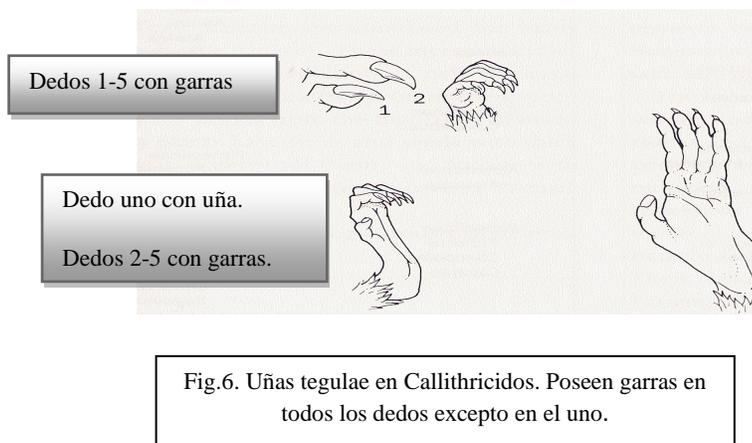
Otra subfamilia es la Aotinae, único género *Aotus*, es el único simio dentro del suborden Haplorhini que es nocturno, tiene ojos grandes, su cola es corta y no es prensil, su distribución es amplia (Centroamérica, Sudamérica), forman grupos familiares pequeños a partir de parejas monógamas con sus crías (1 macho, 1 hembra y crías), duermen en las hendiduras de los árboles durante el día, su dieta es frugívora.

En México estos primates se distribuyen en los estados del sureste mexicano, incluyendo Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas y Oaxaca. Las tres especies de primates mexicanos; mono aullador de manto (*Alouatta palliata*), mono aullador negro (*Alouatta pigra*), y mono araña (*Ateles geoffroyi*), son diurnos y de hábitos arbóreos. Pasan toda su vida en los árboles, principalmente en las partes más altas. Allí realizan todas sus actividades. En general, son herbívoros, ya que se alimentan de frutos, hojas, y otras partes vegetales como flores, ramas y corteza de un gran número de especies de plantas, tanto árboles, como palmas, lianas y epífitas. Cuando se alimentan de frutos, suelen tragar las semillas.<sup>16</sup>

La Subfamilia, Cebinae tiene 2 géneros: *Saimiri* y *Cebus*. El *Saimiri sciureus* (mono ardilla común) son pequeños, cuadrúpedos y muy rápidos, forman grandes grupos de hasta

100 individuos, poseen dimorfismo sexual ligero, las hembras con sus crías forman el núcleo y los machos la periferia. Su dieta es básicamente frugívora, aunque también se alimentan de insectos. El *Cebus apella* (mono capuchino común) es de tamaño medio. De todos los primates americanos, son los más inteligentes, tienen una gran capacidad manipulativa y son los únicos que utilizan herramientas, dado su potencial intelectual se han empleado como ayudantes para humanos discapacitados. Su dieta consiste sobre todo en fruta; subfamilia Pitheciinae, 3 géneros: *Pithecia*, *Chiropotes* y *Cacajao*. *Pithecia* (mono monje) tiene cola larga y no prensil. *Chiropotes saki* y *Cacajao calvus* (uakari, mono calvo) estos monos no presentan pelo en la cara aunque tienen una gran capa de pelaje y su cola es corta y no prensil; Subfamilia Alouattinae, único género: *Alouatta* (aullador), tienen un saco faríngeo que les permite aullar para indicar su presencia y marcar el territorio, son bastante grandes (15 kilos), tienen colas muy largas y son cuadrúpedos rara vez se cuelgan de las ramas. Son folívoros (característica muy importante porque comen hojas en una alta proporción), aunque también comen frutos, por lo cual poseen una alta especialización en la digestión de estos alimentos.

La familia Callithricidae, generalmente llamados titís se dividen en 2 grupos; a los géneros *Callithrix* y *Cebuella* se les llama Marmosetas y a los géneros *Saguinus* y *Leontopithecus* se les llama Tamarinos. Su peso medio abarca entre los 500 a 600 gr, aunque los *Leontopithecus* pueden llegar a pesar 1 kilo como máximo y los *Cebuella* suelen pesar en torno a los 100 gr. Tienen garras en lugar de uñas en todos los dedos, excepto en el dedo uno. Fig. 6.



A nivel reproductivo tienen características muy interesantes: tienen tendencia a dar a luz mellizos, tras una gestación de 5 meses (148 días), lo que es inusual para los primates, los hijos e hijas que se quedan a vivir en el grupo familiar, no se reproducen, de hecho las hembras en estos casos tienen inhibida la ovulación; retrasan esa madurez hasta que salen del grupo familiar y es entonces cuando empiezan a ser fértiles; parece que los miembros familiares reprimen la fertilidad de estas hembras; es una manera de limitar la reproducción a una sola hembra (la hembra madre) para no escasear los recursos alimenticios del grupo. Presentan crianza cooperativa (todos los miembros del grupo están implicados en la crianza de las crías, principalmente en su transporte y en compartir el alimento con ellas). Los machos son los principales implicados en la crianza (el padre y el hijo mayor), mientras que la hembra (la madre) se limita a dar de mamar a sus crías, y en menor medida a su transporte, a veces un macho y una hembra de fuera del grupo entran en el grupo colaborando en el transporte de las crías. El típico sistema social es la familia (1 macho, 1 hembra y crías de distintas generaciones), son altamente territoriales (defienden su territorio frente a otros individuos) y ocupan grandes extensiones (2 hectáreas), aunque no viajan largas distancias; tienen una interesante distribución, las marmosetas se encuentran exclusivamente al sur y este de la línea formada por el Amazonas mientras los tamarinos se encuentran al norte y oeste de esta línea. Durante el día, son activos de 11 a 12 horas. Debido a su pequeño tamaño, son presas de pájaros y mamíferos, como los mustélidos, felinos, serpientes arbóreas, búhos y rapaces. Por ello están siempre alerta y han desarrollado llamadas de alarma especiales entre los miembros del grupo para evitar el desplazamiento de alguno de ellos alrededor de potenciales depredadores. La vida media en estado salvaje es de 12 años. Se alimentan de insectos, frutos, hojas, resinas y se les clasifica como frugívoros.

Dentro de esta subfamilia se encuentran: la marmoseta plateada *Callitrix argentata*, y la marmoseta Santarem *C. humeralifer*. Las cinco especies contenidas dentro del grupo *jacchus* incluyen a la marmoseta común *C. jacchus*, la cual es marmoleada en color negro con gris, y la cola tiene anillos negros y grises. Las otras cuatro especies reconocidas son, *C. aurita*, *C. flaviceps*, *C. geoffroyi*, y *C. penicillata*. Los callithrichinos incluyen a los monos más pequeños del mundo, la marmoseta pigmea *Cebuella pygmaea*, tiene una

longitud de 130mm. Externamente los tamarinos no son tan disimilares en apariencia a las marmosetas. La principal diferencia entre las dos especies está en la estructura de la mandíbula inferior, la cual en las marmosetas tiene forma de “V”, con los caninos e incisivos de igual altura, mientras en los tamarinos tiene forma de “U” con los caninos más largos que los incisivos.<sup>33</sup> Fig.7.

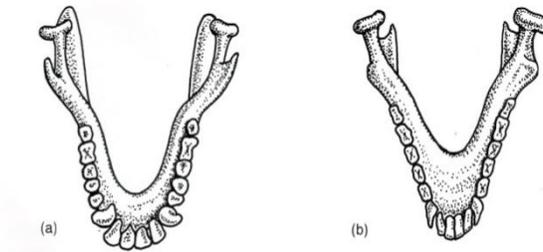


Fig. 7. Tamarino (a), Marmoseta (b). Estructura de la mandíbula inferior, principal diferencia entre estos dos géneros.

Fuente: Apuntes de taxonomía

Entre once a doce especies de tamarinos son reconocidos, entre estas especies las principales son: *Saguinus geoffroyi*, una de las especies más hermosas, *S. oedipus* de Colombia, al norte de Colombia vive un segundo tamarino *S. leucopus*. Dentro del bosque de Perú, dos tamarinos pueden ser encontrados ocupando este hábitat, ellos son el *S. mystax* y el *S. fuscicollis*. Y el tamarino de manos rojas o midas *S. midas* ocupando el noroeste de Brasil.<sup>33</sup>

Como miembros del género *Callithrix*, las marmosetas comunes tienen uñas denominadas tegulae, en vez de las características uñas ungulae que presentan otros primates, incluido el hombre. Este tipo de uñas es necesario debido a sus patrones de locomoción y a su forma de vida arbórea (trepan a los árboles verticalmente y corren por sus ramas de forma cuadrúpeda). En cuanto a sus adaptaciones alimenticias, necesarias para su dieta, los titís se diferencian de otros monos por tener dos molares, en lugar de tres, en cada lado de la mandíbula superior Fig.8. Otra característica son sus alargados incisivos, todas adaptaciones a una dieta muy especializada.

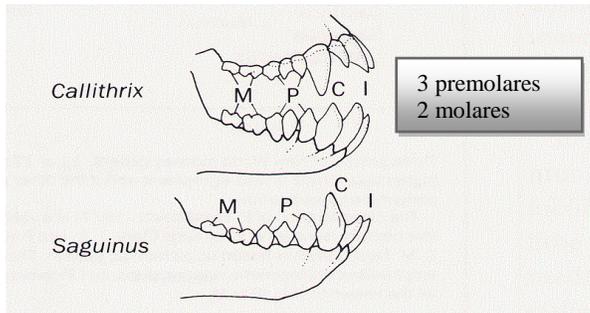


Fig. 8. Los títis poseen 2 molares en lugar de 3 en la mandíbula superior, a diferencia de otros monos, así como alargados incisivos que son adaptaciones para una tipo de dieta especializada.

Fuente: Apuntes de Taxonomía

## 2. Alimentación y Nutrición de los Primates

Los primates aprovechan fuentes alimenticias variadas. La mayoría incluyen fruta en su dieta para obtener carbohidratos fácilmente digeribles y lípidos como fuente de energía. Sin embargo, requieren otros alimentos, como hojas o insectos, para obtener aminoácidos, vitaminas y minerales. Una nutrición adecuada en animales que no se encuentran en libertad es esencial para el estado de salud del animal.

Para títis mantenidos en cautiverio, la cantidad total de alimento ofrecida por individuo por día debe ser igual al 16-24 % del peso corporal en base al alimento, las dietas deben incluir al menos un 50% de alimento nutricionalmente completo (dietas comerciales para primates del Nuevo Mundo) ( anexo 1), la dieta restante puede estar compuesta por frutos, vegetales y productos animales. <sup>1</sup>

Los títis, en general, se alimentan de insectos, frutos, hojas y resinas por tanto se les clasifica como frugívoros, los títis son capaces de utilizar a los insectos, como una fuente para cumplir con sus necesidades de proteínas y grasas, a diferencia de primates más grandes. En el sotobosque y capas medias de la selva, los títis de cuerpo pequeño pueden acechar en silencio y luego saltar sobre grandes insectos móviles (en especial ortópteros). Los títis comunes también incluyen en su dieta semillas, flores, hongos, néctar, caracoles, lagartijas, ranas, huevos de aves, pichones, y mamíferos lactantes.

Los tamarinos emperadores, *Saguinus imperator*, son principalmente frugívoros e insectívoros siendo los saltamontes sus favoritos. La dieta también puede incluir exudados, néctar, flores, y otras partes de las plantas. En la estación seca cuando las frutas son escasas, los tamarinos emperadores pueden volverse intensos consumidores de néctar. Rosenberger (1992) observó que los animales pueden perder tanto como un 15% de su peso corporal al consumir cantidades grandes de néctar. El tamarino bigotudo, *Saguinus mystax* y el tamarino cabeza amarilla, *Saguinus fuscicollis* pasan más del 31% de su tiempo alimentándose con néctar durante la estación seca (Garber 1988). La dieta del tamarino bigotudo *S. mystax* incluye pasar cerca del 14% de su tiempo consumiendo insectos. Ambos *S. mystax* y *S. fuscicollis* consumen agua y presas encontradas en las bromeliáceas (Níquel y Heymann 1996), al igual que el mico león dorado, *Leontopithecus rosalia* (Garber 1992). Algunos pueden consumir más de 38 especies de insectos. *S. mystax* también consume semillas de frutos las cuales no digiere (Heymann 1992). Por lo tanto, debido a la diversidad de su dieta, las especies de *Saguinus* han sido agrupadas de acuerdo a su estrategia alimenticia en: consumidores de exudados producidos en determinadas estaciones, alimentándose ocasionalmente del tronco de los árboles; depredadores de insectos tomados de la corteza de los árboles, y cazando presas terrestres; quitando la corteza para buscar insectos y vertebrados pequeños; y excavando los árboles en busca de exudados (Garber 1992). Interesantemente, algunos tamarinos como el bigotudo, *S. mystax*, pueden consumir tierra, presumiblemente por el contenido mineral (Hartmann y Hartmann 1991).

El tití pigmeo, *Cebuella pygmaea*, es arbóreo, rara vez anda por el suelo. El tití pigmeo es clasificado como un consumidor de exudados e insectívoro. Ellos se alimentan de exudados obtenidos en ranuras y huecos hechos con los incisivos inferiores en las ramas de los árboles y tallos de enredaderas. Los insectos preferidos son saltamontes, arañas, y mariposas. Ramírez et al. observó que el tití pigmeo, *C. pygmaea* pasó un 67% de su tiempo total de alimentación buscando exudados y 33% del tiempo buscando insectos. Aunque también consumen fruta, brotes, flores, y néctar, pero estos constituyen una porción menor de la dieta. Por lo tanto, en cuanto a lo que se refiere a los tipos de alimentos consumidos (es decir, frutas, exudados, e insectos), podemos observar que las dietas pueden

variar considerablemente dentro de una especie, como también entre especies. La variabilidad de dieta puede ser una consecuencia de cambios estacionales en la disponibilidad de alimento y su distribución, así como también, a sus preferencias y los requerimientos que necesiten llenar.

## 2.1. Morfología Gastrointestinal de los primates

El sistema digestivo de los platirrinos es corto y simplificado (Varela 2005). Debido a las variaciones entre especies, el sistema digestivo de los vertebrados se describe de mejor manera mediante su división por regiones, comenzando en los componentes bucales, esófago, estómago, intestino delgado e intestino grueso. De gran importancia son también sus órganos adicionales, incluyendo las glándulas salivales, páncreas y el sistema hepatobiliar (Finegan & Stevens 2000). Muchos primates poseen especializaciones anatómicas que les permiten aprovechar fuentes alimenticias en particular, como frutas, hojas, resinas o insectos. Las especies que se alimentan principalmente de hojas, como los monos aulladores, colobos y los lepilemúridos, tienen el tracto digestivo alargado, lo cual les permite absorber nutrientes de hojas difíciles de digerir. Los titís, los cuales incorporan goma natural en su dieta, poseen incisivos fuertes, capacitándolos para desprender la corteza de los árboles y obtener el alimento, lo mismo uñas más similares a garras para asirse a los árboles mientras se alimentan. Los aye-aye combinan dientes similares a los de los roedores, con un dedo medio alargado en los miembros anteriores que le permite alcanzar larvas de insectos en los agujeros de los árboles. Algunas especies tienen especializaciones adicionales; por ejemplo, el mangabey de mejillas grises tiene esmalte dental grueso que le confiere capacidad para acceder a frutos de corteza dura y semillas.

El tracto digestivo tiende a ser más corto y simple en carnívoros y animales que se alimentan de concentrados de plantas, y más largo y complejo en omnívoros. Sin embargo, las bajas concentraciones de nutrientes solubles y el alto contenido de carbohidratos estructurales, principalmente celulosa y hemicelulosa, en la dieta de los herbívoros, requieren mecanismos más eficientes para procesar sus alimentos, y sistemas más complejos para la retención y fermentación microbiana del material de las plantas, como en el caso de *Alouatta* (Finegan & Stevens 2000).

La cavidad bucal tiene poca capacidad. Sobre el paladar blando se presenta la úvula, de manera rudimentaria en atélidos y cébidos, y muy corta en calitricidos. Es usual la presencia de surcos medios dorsal y ventral. En el piso de la cavidad bucal un par de pliegues mucosos forman la lamella, en la que desembocan los ductos de Wharton (Varela 2005). La lengua es un órgano muscular en el que se diferencian el vértice, el cuerpo y la raíz (Mayor & López 2012). Todo el dorso de la lengua tiene papilas que varían en número y disposición y pueden ser tanto mecánicas (filiformes) como gustativas (fungiformes, circunvaladas y foliadas) (Varela 2005, Mayor & López 2012). Las glándulas salivales son comparativamente grandes y están en cantidad variable, pero siempre presentes, la parótida, submandibular y lingual (Varela 2005). Los dientes de los primates están adaptados para una dieta generalizada, los primates tienen 4 tipos de dientes: incisivos, caninos, premolares y molares. La mayoría de los primates tiene la fórmula dental 2.1.2.3 (2 incisivos, 1 canino, 2 premolares y 3 molares en cada mitad de la mandíbula). Los incisivos y caninos junto con los labios y la lengua, son utilizados para movilizar la comida dentro de la boca. Los premolares y molares son usados para masticar la comida, lo que es el primer paso en la digestión.

El esófago es un órgano tubular muscular simple similar al de los carnívoros, el estómago tiene una conformación periforme o en forma de “J”, es monocavitario. Se dispone entre el cardias, que comunica con el esófago y está ubicado en el lado izquierdo, y el píloro, que comunica con el duodeno y está situado en el lado derecho. La curvatura mayor del estómago se sitúa caudoventralmente y la curvatura menor, craneodorsalmente. Como en los carnívoros, en el estómago se puede reconocer un fundus poco desarrollado, un cuerpo y una parte pilórica compuesta por el antro y canal pilórico. Toda la mucosa del estómago o gran parte de ella tiene carácter glandular (Mayor & López 2012).

El intestino de los primates alcanza de una a tres veces la longitud corporal, siendo considerablemente más corto que en los primates herbívoros, donde llega a tener una longitud 25 veces mayor que la longitud corporal (Mayor & López 2012). El duodeno y el colon están fijados por pliegues peritoneales. Esta disposición, adicional a la presencia de

una válvula ileocecal bien desarrollada, contribuyen fisiológicamente al incremento de volumen en la parte posterior del intestino, y la tendencia a acumular materia fecal (Varela 2005). El intestino delgado es largo, especialmente en las especies consumidoras de hojas, pero el mesoduodeno es corto o ausente (Varela 2005). Sus asas se disponen en el espacio comprendido entre el hígado y el estómago (cranalmente) y la entrada de la pelvis (caudalmente). Está formado por tres porciones (Mayor & López 2012): Duodeno la porción más proximal del intestino delgado, se extiende entre el píloro y la flexura duodenoyeyunal, el yeyuno es la porción de mayor longitud. Y el íleon que es un segmento corto que se une al ciego por medio del pliegue ileocecal. Su gruesa capa muscular evita el reflujo del contenido intestinal desde el intestino grueso.

El intestino grueso se extiende desde el orificio ileal hasta el ano. Sus tres partes son (Varela 2005, Mayor & López 2012): Ciego la porción más inconstante del intestino grueso, es un órgano saculado, provisto de bandas tendinosas, que pueden continuar sobre el colon cuando es saculado, pero sin flexura sigmoide; en la parte distal hay una pared especializada provista de tejido linfoide. El volumen cecal suele estar relacionado con la proporción de celulosa del alimento. El colon está formado por el colon ascendente, dispuesto a la derecha de la cavidad abdominal; el colon transversal, dispuesto transversalmente por detrás del estómago y pasando de derecha a izquierda de la cavidad abdominal; y el colon descendente, que es más largo y llega hasta la entrada de la cavidad pélvica. Tiene una gran capacidad, es largo en calitricidos, aotidos y en el género *Lagothrix*, siendo el mesocolon siempre corto. No presentan cisterna de quilo. El recto es la última porción y está situado en la cavidad pélvica y finaliza en el canal anal. Es un órgano tubular relacionado con el colon terminal.

El ciego, que está localizado en la unión entre el intestino delgado y el colon es un órgano que alberga bacterias que son útiles para procesar la celulosa que es el principal componente de las plantas. En humanos este órgano es muy poco desarrollado y es considerado un vestigio, por esta razón los humanos son incapaces de digerir muchas de las plantas que otras especies de primates consumen.

El hígado se encuentra protegido por las costillas en la porción intratorácica de la cavidad abdominal. Presenta una cara diafragmática, en contacto con el diafragma, y una cara visceral, en contacto con el estómago. En los primates, los lóbulos hepáticos se encuentran separados por profundas incisuras o fisuras interlobulares (Varela 2005, Mayor & López 2012).

El patrón lobular del hígado, aunque presenta algunas diferencias interespecíficas, es el siguiente (Varela 2005, Mayor & López 2012): Lóbulo lateral izquierdo, lóbulo medial izquierdo, lóbulo cuadrado o central, lóbulo caudado, en el que se diferencian el proceso papilar y el proceso caudado, lóbulo medial derecho y lóbulo medial izquierdo.

En los primates del nuevo mundo, las fisuras están especialmente marcadas, lo que permite el deslizamiento de los lóbulos entre sí durante los amplios movimientos de extensión y flexión del tronco. Es importante recordar que estas especies, por su condición de arborícolas, muestran una gran flexibilidad corporal. La vesícula biliar se encuentra en el hígado, entre el lóbulo cuadrado y el lóbulo medial derecho. (Mayor & López 2012).

El páncreas tiene un cuerpo relativamente sólido, se encuentra situado de manera transversa en el abdomen. Uno o dos ductos pueden estar presentes, desembocando junto con el ducto biliar en el duodeno (Varela 2005).

Algunas de las variaciones específicas dentro de la familia Callitrichidae son que el paladar está dotado de una papila incisiva y un número variable de pliegues transversos, con una disposición simétrica (Varela 2005). Como en los carnívoros, en el estómago se puede reconocer un fundus poco desarrollado, un cuerpo y una parte pilórica compuesta por el antro y canal pilórico. Toda la mucosa del estómago tiene carácter glandular. La longitud total del intestino alcanza una longitud aproximada de tres veces la longitud corporal. El ciego de los callitricidos presenta un cierto desarrollo, hecho posiblemente relacionado con la dieta omnívora de la familia y con la proporción de celulosa del alimento. El colon es muy sencillo (Mayor & López 2012).<sup>18,19,20,39</sup> Fig. 9.

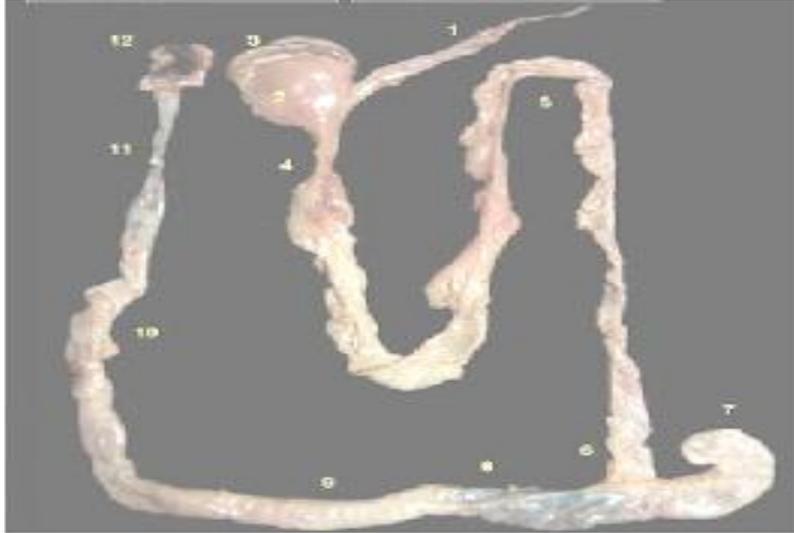


Fig. 9. Aparato digestivo de *Cebuella Pygmaea*. (Mayor & López 2012). (1) esófago, (2) estomago, (3) bazo, (4) duodeno, (5) yeyuno, (6) íleon, (7) ciego, (8) colon ascendente, (9) colon transverso, (10) colon descendente, (11) recto, (12) ano.

## 2.2. Necesidades nutricionales.

Unos pocos estudios han establecido algunos requerimientos nutricionales básicos para varias especies de callitrichidos. El Concilio de Investigación Nacional –NRC (1978) intentó describir los requisitos nutricionales para primates no humanos. Aunque los requerimientos del NRC están anticuados y están bajo revisión, ellos siguen siendo la fuente principal de información científica compilada en los requisitos nutrimentales para primates no humanos. Desafortunadamente, limitado número de especies fueron evaluadas y solamente 24 nutrientes están presentes en la publicación de NRC, mientras los primates pueden requerir por encima de 47 nutrientes.

## Requerimientos nutricionales para primates no humanos del Nuevo Mundo.

<b>Nutriente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
<b>Biotina</b>	0,11	mg/Kg.
<b>Calcio</b>	0,56	%
<b>Proteína cruda</b>	27,8	%
<b>Hierro</b>	200	mg/Kg.
<b>Magnesio</b>	0,17	%
<b>Manganeso</b>	44,4	mg/Kg.
<b>Fósforo</b>	0,44	%
<b>Potasio</b>	0,89	%
<b>Sodio</b>	0,33	%
<b>Vitamina A</b>	13,9	UI/gr.
<b>Vitamina B2</b>	5,56	mg/Kg.
<b>Vitamina B3</b>	55,6	mg/Kg.
<b>Vitamina B6</b>	2,78	mg/Kg.
<b>Vitamina C</b>	111	mg/Kg.
<b>Vitamina D<sub>3</sub></b>	2,22	UI Vit D <sub>3</sub> /g
<b>Acido pantoténico</b>	16,7	mg/Kg
<b>Vitamina E</b>	55,6	mg/Kg.
<b>Zinc</b>	11,1	mg/Kg

Fuente: NRC 1978

### 2.2.1 Requerimientos energéticos

Los requisitos de energía para los títies y tamarinos pueden ser más altos que para otros primates del Nuevo Mundo. Morin (1980), publicó los requerimientos energéticos de 150-160 Kcal/kg masa corporal/día. Sin embargo, la cantidad de energía necesitada se relaciona directamente con la digestibilidad de los alimentos consumidos. La energía digerible de una dieta artificial para callitrichidos está en el rango de 71% a 86%. Power (1991), indicó que el cambio de la energía digerible está correlacionada con el tamaño del cuerpo. Con un cuerpo de menor tamaño menos energía fue digerida, mientras que con un cuerpo más grande, mayor energía fue digerida. La excepción fue el tití pigmeo que tiene un tamaño de cuerpo pequeño pero un nivel alto de energía digerida de 84%.

### 2.2.2. Requerimientos Proteínicos

El NRC (1978) propuso que los primates del Nuevo Mundo necesitan un nivel más alto de proteína que los del Viejo Mundo, recomendó el 16% de proteína en base seca para primates en todos los estados de vida. Hay nuevas evidencias que muestran que esto no puede ser exactamente verdad para los primates del Nuevo Mundo (Ofstedal 1995). Sin embargo, un incremento de proteína dietética no deteriora la salud de los animales. Los requerimientos de proteína están relacionados con el orden y cantidad de aminoácidos esenciales, la digestibilidad de proteína en la dieta, y la presencia de compuestos en las plantas como los taninos. Un aminoácido asociado con “taurina” se necesita para el desarrollo apropiado de primates jóvenes, pero su requisito como componente dietético esencial es desconocido (Sturman 1993).

Los requerimientos diarios de proteínas para primates han sido estimados en:

3.5 g - 4.5 g/kg masa corporal/día de alta calidad proteica (NRC 1978).

6 g proteína/Kg peso (Kirkwood et al.)

9.75 g proteína/kg (Flurer et al.)

Un bajo aporte proteico puede repercutir en la presencia de signos bioquímicos y clínicos (Knapka et al. 1995), estos incluirán: una disminución de la concentración total de proteína y albumina en suero, disminución de la concentración de aminoácidos en plasma, decremento en la concentración de transferrina, alopecia, anemia, edema, alteración en las concentraciones de hormonas y enzimas, citoquímica neural anormal y alteraciones patológicas severas en algunos órganos.<sup>29</sup>

Según Barnard y Knapka (1993), una alta densidad calórica compensa parcialmente las necesidades proteínicas, y esto es explicable por la diferencia extrema entre los valores en Kirkwood et al. y los estudios de Flurer et al.

### 2.2.3. Requerimientos de Grasa

La grasa es un ingrediente energéticamente denso el cual generalmente no tiene requerimientos específicos en la dieta, aunque se pueden requerir algunos ácidos grasos en particular. La información sobre los tipos y cantidades de ácidos grasos (en ingredientes y requerimientos específicos), son frecuentemente limitados. La grasa se puede adicionar a las dietas con el fin de incrementar la densidad energética sin que a la vez se incremente el consumo de la dieta, esto muchas veces resulta costoso.

Dentro de las anteriores tres fuentes que proveen de energía (proteína, carbohidratos y grasas), la menos indispensable para mantener la salud del Mono tití cabeciblanco, son las grasas. Escajadillo et al.(1981) y Clapp y Tardif (1985), reportan un promedio de 8.9% y 9.2% de contenido de grasa, como el necesario para el mantenimiento del mono tití cabeciblanco en cautiverio.

### 2.2.4. Requerimientos de Carbohidratos y fibra

Los carbohidratos constituyen una amplia gama de ingredientes proveedores de energía, los cuales parten de azúcares fácilmente digestibles como glucosa y fructosa, hacia polisacáridos complejos con funciones estructurales (celulosa y quitina). Algunos de estos azúcares son solubles mientras que otros son completamente insolubles. Los carbohidratos como tal no son requeridos en la dieta pero la energía que estos producen son una necesidad para el animal.

Los carbohidratos complejos generalmente no son degradados por las enzimas digestibles, pero pueden romperse en sus componentes por procesos microbiales. Los animales con adaptaciones del tracto digestivo que poseen una interacción simbiótica microbial bien sea pre-gástrico (rumiantes, marsupiales macrópodos, monos titíes y perezosos) o post-gástrico (muchos primates y perisodáctilos) pueden emplear carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) las cuales son indigestibles para otras especies.

Tanto la anatomía digestiva, la población microbial, el tiempo de residencia en el tracto digestivo y la composición química de los forrajes, influenciarán la capacidad degradativa de la fibra y su digestibilidad. Algunas especies animales poseen enzimas endógenas en adición a los microorganismos para la degradación de la quitina (componente principal del exoesqueleto de insectos e invertebrados acuáticos).

Existe una discusión en la literatura acerca del contenido de carbohidratos en la dieta, este es el componente que proporciona la mayor cantidad de energía fácilmente asequible al animal. Estudios que se han realizado acerca del contenido de carbohidratos sugieren valores cuyo rango oscila entre 47.2 - 81.4% en primates neotropicales como los tities.

#### 2.2.5. Requerimientos de Vitaminas

Las vitaminas, de acuerdo con Cheeke (1991), son nutrientes orgánicos, no sintetizados por el organismo (con algunas excepciones), que se requieren en pequeñas cantidades en las dietas para mantener el metabolismo normal. Las vitaminas pueden subdividirse en dos categorías: hidrosolubles y liposolubles. Las liposolubles como la vitamina A, E, D y K, requieren de la presencia de grasa en el tracto digestivo para ser absorbidas apropiadamente. La vitamina A se encuentra sólo en animales y no está presente en las plantas.

La vitamina D se sintetiza en el organismo cuando la piel se encuentra expuesta a la luz del sol y es la fuente primaria de vitamina D en la naturaleza. En la ausencia de luz, debe existir una suplementación con luz en todos los espectros o se deben examinar fuentes concentradas de vitamina D. Los primates del Nuevo Mundo pueden usar la vitamina D<sub>3</sub>, mientras que los primates del Viejo Mundo pueden usar ambas vitaminas, D<sub>2</sub> y D<sub>3</sub>. Los estudios han mostrado que los tities y tamarinos pueden requerir altos niveles de vitamina D<sub>3</sub>, más que otros primates del Nuevo Mundo (Takahashi et al.). La necesidad de vitamina D<sub>3</sub> está establecido como 110 UI/100 gr de masa corporal/día (Takahashi et al.).

En humanos la vitamina D tiene una vida media de 24 hrs y el valor “normal” en suero sanguíneo tiene un rango de 0 a 120 ng/ml. En muestras de sangre colectadas de 18 tamarinos cabeza de algodón en Colombia, la concentración media de 25(OH)D, fue de 76ng/ml con un rango de 25 a 120 ng/ml, los valores son más altos en animales jóvenes (95 ng/ml), que en adultos (69 ng/ml), en hembras no preñadas fue más alto (88ng/ml) que en hembras preñadas (53ng/ml). Power y colegas sugirieron que estos datos inéditos y otros de Shinky y Yamaguchi y colaboradores, concluyeron que existe una alta probabilidad de problemas graves de huesos en marmosetas comunes en cautiverio cuando las concentraciones de 25(OH)D son menores a 20 ng/ml.

En otras investigaciones realizadas en callitrichidos en cautiverio, se reportaron amplios rangos de concentraciones de 25(OH)D con valores máximos de hasta 600 ng/ml en marmosetas comunes.<sup>8</sup>

La vitamina E es un antioxidante el cual tiene muy variados requerimientos en la dieta, las interacciones antagónicas entre vitaminas liposolubles A, D, E se han identificado y las proporciones sugeridas para minimizar efectos negativos son 100:10:1 A:D:E. Las vitaminas A y D son almacenadas en el hígado mientras que la vitamina E no es bien almacenada en el cuerpo.

La vitamina K es manufacturada por bacterias, así que la síntesis de los microorganismos intestinales es una fuente muy importante.

Dentro de las vitaminas hidrosolubles se incluyen la C y el complejo de vitaminas B. Estas no son almacenadas en el cuerpo y por lo tanto deben ser aportadas por la dieta diariamente.

Las deficiencias nutritivas pueden causar varias anemias en los primates no humanos (Wixson y Griffith). Una deficiencia de riboflavina causa anemia “normocrómica normocítica”. Las deficiencias de vitamina B12 y/o ácido fólico pueden causar la anemia macrocítica. Deficiencia de hierro puede resultar en pérdida de sangre por hemorragias o por parásitos intestinales. Los callitrichidos, son probablemente susceptibles a varias

anemias y otras enfermedades por deficiencias sino se proporciona una dieta que satisfaga las necesidades nutritivas.

La vitamina C no tiene un requerimiento específico para muchos de los animales debido a que puede ser sintetizada en el cuerpo. Dentro de los animales que requieren vitamina C exógena se incluyen los primates y los humanos, conejillo de indias, reptiles, aves paseriformes, insectos, murciélagos frugívoros y probablemente los peces.

Los requerimientos de vitamina C en los tities es de 15 a 20 mg de ácido ascórbico/kg de masa corporal/día (Flurer y Zucker). Flurer et al. (1987) reportaron que los requerimientos de Vit. C en titís son más altos que en los humanos. Sin embargo, cuando se comparó a los titís comunes con tamarinos de manto rojo, con una dieta similar, se encontró que estos tenían significativamente más bajo los niveles circulantes que los titís comunes, lo que sugiere que hay una diferencia de requerimientos entre las especies y posiblemente un requisito más alto en algunas especies de callitrichidos. Por tal motivo, es necesario familiarizarse con reportes científicos y evidencias anecdóticas en lo relacionado a requerimientos específicos cuando se están desarrollando las dietas.

#### 2.2.6. Requerimientos de Minerales

Los minerales son elementos inorgánicos que son imprescindibles para el correcto funcionamiento del metabolismo. Muchos de estos minerales son requeridos en mínimas cantidades y son denominadas minerales trazas o microminerales (mg/kg o partes por millón - ppm).

Otros minerales son requeridos en cantidades relativamente grandes (mg ó %) y se denominan macrominerales. Dentro de los microminerales esenciales se incluyen cromo, cobalto, cobre, yodo, hierro, manganeso, molibdeno, selenio y zinc. Dentro de los macrominerales se incluyen: calcio, cloro, magnesio, fósforo, potasio, sodio y azufre.

Cuando se están evaluando las concentraciones minerales de una dieta, es importante comparar no sólo los requerimientos nutricionales (cuando se conocen), sino también es importante examinar las proporciones de los minerales que interactúan. Por ejemplo, Calcio y Fósforo se necesitan en proporciones entre 1:1 y 2:1 para obtener la mejor respuesta nutricional. Otras importantes interacciones minerales se han identificado en nutrición animal (Cu:Mo:S, Na:K) y sin lugar a dudas serán reconocidas a medida de que la ciencia se vuelva más sofisticada.

La deficiencia de zinc fue observada en titi bigotudo, cuando se alimentó a menos de 150 ppm de zinc. Cuando los niveles se aumentaron a 40 ppm los síntomas de deficiencia fueron aliviados (Chadwick et al.).

Ninguna dieta debe basarse únicamente en un sólo nutriente. Todos los nutrientes interactúan y la eliminación o reducción en el porcentaje de inclusión de un nutriente puede tener un impacto en la función de otros. Las deficiencias que presentan problemas de salud son raramente causadas por sólo un nutriente. Se debe estar siempre consciente de estas interacciones y funciones potenciales de los nutrientes cuando se están evaluando dietas para animales silvestres.

### 3. Vitamina D.

#### 3.1. Metabolismo de la vitamina D

La vitamina D, bien como hormona producida en la piel o como una vitamina suministrada en la dieta, tiene que ser modificada químicamente por dos hidroxilaciones, que se producen secuencialmente en el hígado y en el riñón antes de que ella pueda jugar una parte activa en el control de la distribución del calcio. Fig. 10

El colecalciferol (vitamina D<sub>3</sub>) es un pseudo-esteroide, es decir un esteroide en el que uno de los anillos se ha roto por escisión de un enlace carbono-carbono. En este caso, la escisión

del enlace entre los átomos 9 y 10 en el anillo B del 7-dehidrocolesterol, produce colecalciferol.

El colesterol se convierte a 7-dehidrocolesterol por desaturación del enlace entre los carbonos 9 y 10, y la luz ultravioleta, en la epidermis de la piel, rompe este enlace para producir colecalciferol. El colecalciferol es transportado por medio del torrente sanguíneo al hígado, donde se produce el primer paso en la activación de la hormona, es decir la hidroxilación por la colecalciferol 25-monooxigenasa (hidroxilasa) para producir el 25-hidroxicolecalciferol. La reacción de hidroxilación tiene efecto en el retículo endoplásmico, el 25-hidroxicolecalciferol, puede almacenarse en el hígado y posiblemente en el músculo.

En el riñón tiene lugar una hidroxilación adicional en la posición 1 para producir 1, 25 dihidroxicolecalciferol, que es la forma activa de la hormona. La hidroxilasa (25-hidroxicolecalciferol 1-monooxigenasa es una oxidasa de función mixta presente en la mitocondria renal. El 1,25 dihidroxicolecalciferol no se almacena en el riñón, sino que pasa al torrente sanguíneo donde, junto a otros derivados del colecalciferol, se transporta en una proteína plasmática específica. En el riñón puede también producirse otra hidroxilación del 25-hidroxicolecalciferol; una 24-hidroxilación que produce el 24,25dihidroxicolecalciferol. Aunque se acepta generalmente que el 1,25-dihidroxicolecalciferol es la forma activa de la hormona, no está claro el papel de la 24,25- dihidroxicolecalciferol.

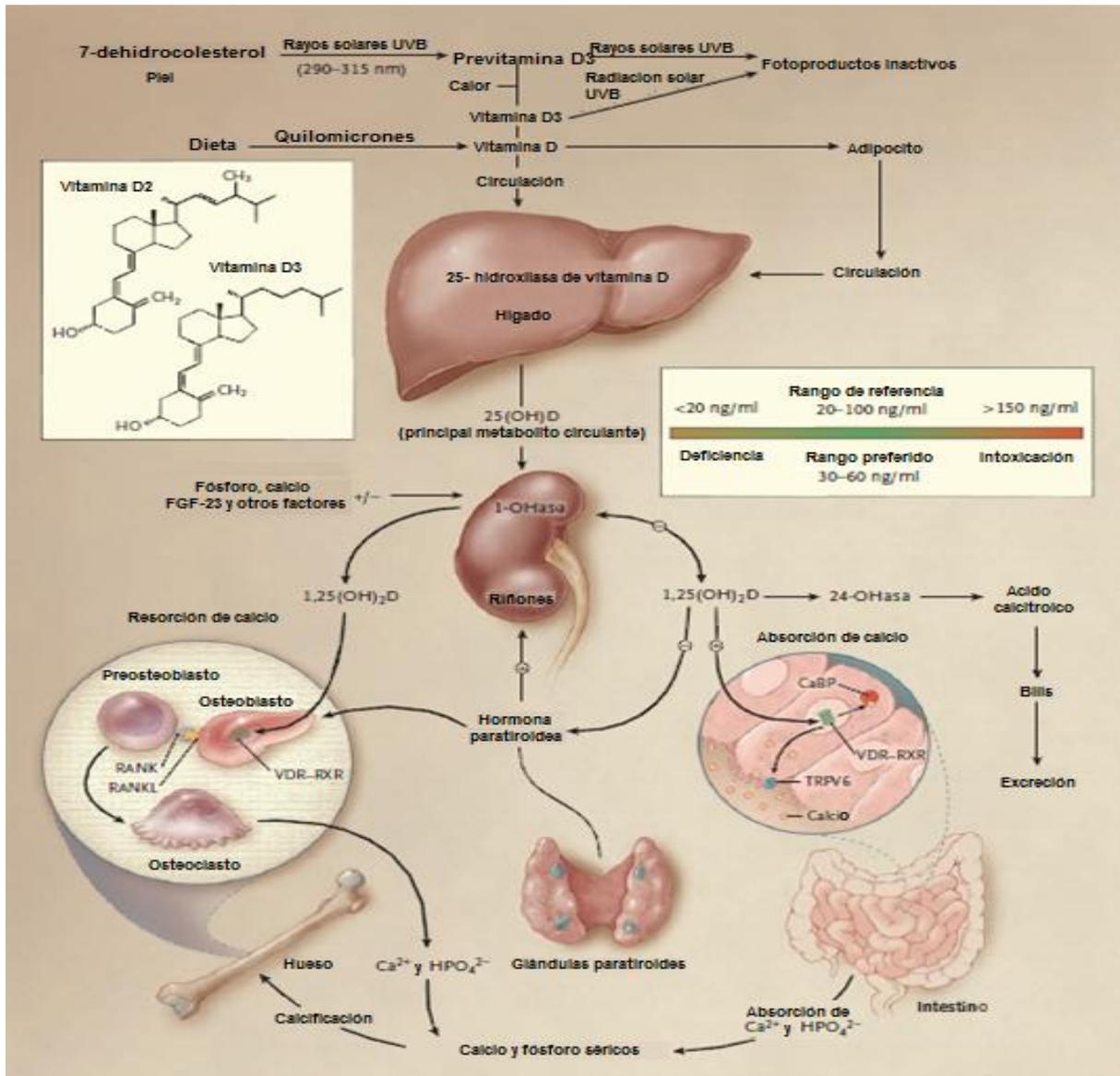
La vitamina D<sub>3</sub> y sus derivados hidroxilados son transportados en el plasma fijados a la proteína fijadora de vitamina D (DPB), que también se conoce como proteína Gc y fija G-actina. Además aumenta la estimulación de la actividad quimotáctica de los neutrofilos, inducida por el complemento. La afinidad de la DPB para la previtamina D<sub>3</sub> es baja, pero es alta para la vitamina D<sub>3</sub> por lo cual la DPB moviliza vitamina D<sub>3</sub> de la piel al interior de la circulación.

El 1,25 (OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> se produce mediante una serie compleja de reacciones enzimáticas en las que hay transporte plasmático de moléculas precursoras a varios tejidos. Uno de estos precursores es la vitamina D, que en realidad no es una vitamina.

La molécula activa,  $1,25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$ , es transportada a los órganos donde activa procesos biológicos de una manera similar a la que emplean las hormonas esteroides.

Pequeñas cantidades del precursor para la síntesis de  $1,25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$  están presentes en los alimentos, pero la mayor parte del precursor para la síntesis se produce en la capa epidérmica de Malpigi a partir de 7-dehidrocolesterol en una reacción de fotólisis no enzimática con luz ultravioleta. El grado de esta conversión es directamente proporcional a la intensidad de la exposición e inversamente proporcional al grado de pigmentación en la piel. Una proteína de transporte específica llamada proteína de unión de la vitamina D se une a la vitamina  $\text{D}_3$  y sus metabolitos, y traslada a la vitamina de la piel o el intestino al hígado, donde experimenta 25-hidroxilación, la primera reacción obligatoria en la producción de  $1,25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$ . La hidroxilación en el carbono 25 tiene lugar en el retículo endoplásmico en una reacción que requiere Mg, NADPH, oxígeno molecular y un factor citoplasmático no caracterizado. Participan 2 enzimas: un citocromo P450 reductasa dependiente de NADPH y un citocromo P450. Esta acción no está regulada y también ocurre con poca eficacia en el riñón e intestino. El  $25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$  entra en la circulación, donde es la forma principal de vitamina D encontrada en el plasma, y es transportado al riñón por la proteína transportadora de la vitamina D.

El  $25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$  es un agonista débil y debe ser modificado mediante hidroxilación en la posición C1 para que se presente actividad biológica completa. Esto se lleva a cabo en la mitocondria del túbulo contorneado proximal del riñón mediante una reacción de monooxigenasa de tres componentes que requiere NADPH, Mg, oxígeno molecular y por lo menos tres enzimas: 1) una flavoproteína, ferredoxina reductasa renal, 2) una proteína ferro sulfurada, ferredoxina renal y 3) citocromo P 450. El sistema produce  $1,25\text{ (OH)}_2\text{-D}_3$ , que es el metabolito más potente de origen natural de la vitamina D.<sup>22,24,28</sup>



Fuente: <http://www.huesosaludable.com>

Fig.10. Metabolismo de la vitamina D

### 3.2. Mecanismo de acción.

Como el 1,25 dihidroxicolecalciferol es un esteroide, no es sorprendente que actúe a través de un receptor que es uno de las superfamilias de receptores mediante los cuales los esteroides, las hormonas tiroideas, y otras sustancias, desencadenan cambios en la expresión génica. La fijación del esteroide al receptor expone una región de fijación de DNA, y el resultado, en este caso, es la transcripción de algunos mRNA y la inhibición de la transcripción de otros.

Los receptores de 1,25 dihidroxicolecalciferol se encuentran en muchos tejidos aparte del intestino, riñones y hueso. Entre ellos están la piel, linfocitos, monolitos, músculo esquelético y cardiaco, mamas e hipófisis anterior.

Los mRNA que son producidos como respuesta al 1,25 dihidroxicolecalciferol dirigen a la formación de una familia de proteínas calbindinas-D. Estas son miembros de la superfamilia troponina C de las proteínas fijadoras de Ca, que también incluye a la calmodulina. Las calbindinas-D se encuentran en el intestino, encéfalo y riñones humanos. En el epitelio intestinal y en muchos otros tejidos, se inducen dos calbindinas: la calbindina-D9k, que tiene peso molecular de 9000 y fija 2 Ca, y la calbindina-D28k, con peso molecular de 28 000 y que fija normalmente 4 Ca, aunque tiene sitios de fijación para seis Ca. Las calbindinas-D no dependen de la vitamina D, a pesar de su nombre. En el intestino, los incrementos de calbindina-D9k y calbindina-D28k se correlacionan con aumento en el transporte de Ca, pero no hay certidumbre sobre la manera precisa en la que facilitan los movimientos de Ca a través del epitelio intestinal. También existe evidencia de que el 1,25 dihidroxicolecalciferol, aumenta la cantidad de moléculas de la Ca-H ATPasa en las células intestinales, las cuales son necesarias para bombear Ca hacia el intersticio.

Además de la absorción intestinal creciente de Ca, el 1,25 dihidroxicolecalciferol facilita la resorción de Ca en los riñones; también actúa sobre el hueso, donde moviliza Ca y  $\text{PO}_4$  aumentando el número de osteoclastos maduros; asimismo estimula a los osteoblastos, pero el efecto neto es aún movilización de Ca. La absorción intestinal deficiente de Ca en la deficiencia de vitamina D produce con frecuencia hipocalcemia y debido a la deficiencia de calcio no se mineraliza la proteína del hueso nuevo; el resultado en niños jóvenes es la enfermedad llamada raquitismo.

La formación de 25 hidroxicolecalciferol no parece estar regulada de modo estricto, aunque la formación de 1,25 dihidroxicolecalciferol en los riñones, catalizada por la 1 alfa hidroxilasa, es regulada a modo de retroalimentación por Ca y  $\text{PO}_4$  del plasma. Su formación es facilitada por la PTH, y cuando es baja la concentración de Ca, aumenta la

secreción de PTH. Cuando el valor plasmático de Ca es alto, la producción de 1,25 dihidroxicolecalciferol es reducida, y los riñones producen, en su lugar, el metabolito más o menos inactivo 24,25 dihidroxicolecalciferol. Este efecto del Ca en la producción de 1,25 dihidroxicolecalciferol es el mecanismo que determina la adaptación de la absorción intestinal de Ca. La producción de 1,25 dihidroxicolecalciferol también aumenta por concentraciones plasmáticas bajas de  $\text{PO}_4$ , e inhibida por concentraciones altas, a través de un efecto inhibitor directo de  $\text{PO}_4$  sobre la 1 alfa hidroxilasa. Se ejerce un control adicional sobre la formación de 1,25 dihidroxicolecalciferol por medio de un efecto directo de retroalimentación negativa del metabolito sobre la 1 hidroxilasa alfa, una reacción de retroalimentación positiva en la formación de 24,25 dihidroxicolecalciferol, y una acción directa sobre la glándula paratiroides para inhibir la producción de mRNA para PTH.<sup>10,11,17</sup>

#### 4. Enfermedades Óseas Metabólicas

El sistema esquelético es tan esencial para vivir como cualquier sistema del organismo por su papel fundamental en el mecanismo de soporte y la homeostasis mineral. Los huesos están interconectados por diversas articulaciones que permiten realizar un amplio margen de movimientos al tiempo que mantienen la estabilidad estructural.

El hueso es un tipo de tejido conjuntivo, y es excepcional porque es uno de los pocos tejidos que se mineraliza en condiciones normales. Bioquímicamente, se define por una mezcla característica de elementos inorgánicos (65%) y matriz orgánica (35%).

El componente inorgánico, la hidroxiapatita cálcica  $[\text{Ca}_{10}:6(\text{PO}_4):(\text{OH})_2]$ , es el mineral que da resistencia y dureza al hueso, y el almacén del 99% del calcio, el 85% del fósforo y el 65% del sodio y magnesio del cuerpo. El componente orgánico incluye las células del hueso y las proteínas de la matriz. Las células formadoras de hueso son las células osteoprogenitoras, los osteoblastos y los osteocitos.

Las células osteoprogenitoras son células madre mesenquimatosas pluripotenciales localizadas cerca de todas las superficies óseas. Cuando se estimulan de la forma adecuada

por factores de crecimiento como las proteínas morfogénicas óseas, se dividen y producen una descendencia que se diferencia en osteoblastos. La formación de osteoblastos a partir de las células osteoprogenitoras es vital para el crecimiento, la remodelación y la reparación del hueso durante toda la vida.

Los osteoblastos y las células de revestimiento superficiales se encuentran en la superficie ósea y sintetizan, transportan y organizan muchas proteínas de la matriz. También inician el proceso de mineralización. Los osteoblastos expresan receptores en la superficie celular que unen hormonas (hormona paratiroidea [PTH], vitamina D y estrogénos), citocinas, factores de crecimiento y proteínas de la matriz extracelular.

Los osteocitos son más numerosos que otras células formadoras de hueso. Aunque recubiertos por hueso, se comunican entre sí y con las células superficiales a través de una intrincada red de túneles labrados en la matriz, conocidos como canalículos. Las prolongaciones de los osteocitos atraviesan los canalículos, y sus contactos por las uniones intercelulares comunicantes les permite transferir los sustratos y los potenciales de membrana superficiales. El gran número de prolongaciones y su distribución por el tejido óseo les permiten ser células esenciales en diversos procesos biológicos. Los estudios realizados han demostrado que esta red puede ser importante en el control de las fluctuaciones segundo a segundo de los niveles séricos de calcio y fósforo, modificando la concentración de estos minerales en el compartimiento líquido extracelular local. El osteoclasto es la célula responsable de la resorción ósea.

Osteoblastos y osteoclastos actúan de forma coordinada y se consideran la unidad funcional del hueso conocida como unidad multicelular básica (UMB). Los procesos de formación y resorción ósea están estrechamente relacionados, y de su equilibrio depende la masa esquelética en cualquier momento. A medida que el esqueleto se desarrolla y crece (modelación) predomina la formación de hueso. Una vez alcanzada la madurez del esqueleto, la degradación y renovación del hueso encargado de mantener el esqueleto se denomina remodelación, y probablemente se inicia en puntos de fatiga y microlesión.

La masa ósea máxima se alcanza al inicio de la edad adulta una vez finalizada la modelación, y viene determinada por diversos factores, como el tipo de receptores de vitamina D heredados, el estado nutricional, el nivel de ejercicio físico, la edad y el estado hormonal.

Desde un punto de vista estructural, el hueso es un tejido conectivo mineralizado que adopta dos variedades morfológicas: cortical o compacto, y trabecular, o esponjoso.

El hueso compacto (presente en la diáfisis de los huesos largos, láminas externa e interna de los planos y periferia de los cortos), visto al microscopio, posee una estructura con conductos o canales que discurren en paralelo a lo largo del mismo (Havers). En el interior de los más finos discurren un capilar y una vénula, y en los de mayor diámetro se hallan varios vasos sanguíneos, linfáticos y fibras nerviosas. Concéntricamente a cada conducto se disponen las laminillas óseas en una disposición característica denominada osteona. Los conductos de Havers se comunican entre sí y con la superficie de la cavidad medular merced a un sistema de conductos transversales (de Volkmann).

En cuanto al hueso trabecular (localizado en la parte central de los huesos cortos, epífisis y metafisis de los largos, y diploide de los planos), carece de conductos, posee cavidades irregulares ocupadas por médula ósea, y sus laminillas se disponen alrededor de esas cavidades.

El hueso está recubierto en sus caras externa e interna por periostio y endostio. El periostio contiene en su capa superficial fibras de colágeno y fibroblastos, mientras que en su capa profunda se hallan, células precursoras de osteoblastos. El endostio, a su vez, está formado por células precursoras de osteoblastos y osteoclastos, dispuestas en forma de capa que recubren el conducto medular, los conductos de Havers y de Volkmann, así como las cavidades del hueso trabecular. El periostio y el endostio son esenciales en la nutrición, el crecimiento y la reparación del hueso.

Los mecanismos hormonales y vitamínicos reguladores del crecimiento óseo se encuentran estrechamente relacionados con el metabolismo del calcio y fósforo, especialmente con la absorción y la eliminación de éstos. La paratohormona segregada por la paratiroides y la calcitonina, juegan un papel fundamental en la fijación y resorción mineral del hueso.

Además de esto, son de importancia esencial para la absorción intestinal del calcio y la mineralización del hueso, las vitaminas del grupo D.<sup>37</sup>

El término de enfermedad ósea metabólica es usado para referirse a una afección singular de los huesos, pero son varias las enfermedades metabólicas que afectan a los huesos. Básicamente el problema que se presenta es una alteración en el equilibrio entre calcio y fósforo que siempre debe haber en el organismo. Esta relación es de 2:1, y si falta calcio en la dieta, el cuerpo lo obtiene extrayéndolo de los huesos. Así los huesos se "ablandan" y pueden sufrir fracturas o bien el tejido óseo faltante se reemplaza por un tejido fibroso que intenta "fortalecer" los huesos sin calcio. Este mineral también interviene en la contracción de los músculos y en la coagulación de la sangre. Normalmente el calcio se obtiene de la dieta, pero además se necesita Vitamina D<sub>3</sub> para que el cuerpo lo absorba correctamente.

La enfermedad ósea metabólica en animales salvajes mantenidos en cautiverio, es comúnmente la consecuencia de una falla en la dieta, o una exposición insuficiente al sol o a fuentes de luz ultravioleta B (UVB) artificial, o bien están relacionadas con fases finales de enfermedad renal.

Las enfermedades óseas metabólicas incluyen: raquitismo, osteomalacia, osteopenia, osteoporosis, osteodistrofia fibrosa, condrodistrofia y discondroplasia tibial.

El raquitismo es consecuencia de una mineralización inadecuada de la matriz orgánica durante el crecimiento del hueso, particularmente involucra las placas de crecimiento de los huesos largos. El raquitismo es típico de una deficiencia de calcio o de vitamina D en pacientes jóvenes.

La osteomalacia es un término usado para describir el ablandamiento del hueso, refiriéndose a la pérdida de minerales, de una previa mineralización del tejido, dado por un exceso de matriz orgánica. Esta condición puede ser vista en pacientes jóvenes, pero el término usualmente es aplicado a los desordenes de la mineralización osteoide después que cesa el crecimiento en adultos.

La Osteopenia se refiere a la pérdida moderada de la densidad mineral ósea, mientras osteoporosis se refiere a una pérdida severa en esta medida. La pérdida mineral ósea generalmente está acompañada por una pérdida proporcional de matriz, por tanto este grado de mineralización de la matriz permanece aproximadamente normal.

La Osteodistrofia fibrosa está caracterizada por un reemplazo de tejido mineralizado normal por tejido conectivo y es una característica común de hiperparatiroidismo secundario nutricional.

La condrodistrofia está caracterizada por un estrecho crecimiento de la placa y histológicamente, por una falta circundante de condrocitos. Esta típica condición es vista en aves con deficiencia de manganeso.

La discondroplasia tibial está caracterizada por un amplio crecimiento de la placa tibiotarsal proximal de las aves. Histológicamente, el contenido de condrocitos aparece condensado. Esta condición ha sido observada en deficiencia de cobre o en aves con predisposición genética que es exacerbada por un inapropiado balance de electrolitos o de calcio y fosforo.<sup>9</sup>

Una deficiencia de vitamina D típicamente resulta en hipocalcemia, hipofosfatemia, elevación de la actividad de la fosfatasa alcalina, disminución en la concentración de osteocalcina, hipotonía, debilidad muscular, hipotiroidismo secundario, defectos en la mineralización ósea, disminución del crecimiento en neonatos, disminución de la fertilidad y deterioro de la respuesta inmune.<sup>9</sup>

Los signos clínicos relacionados con las enfermedades óseas metabólicas involucran no solo a los huesos sino también al sistema muscular, dentro de los que se incluyen deformidades faciales, hinchazón facial que incide en las fosas nasales provocando respiración estertorosa, hinchazón de la mandíbula que puede evitar el cierre correcto de la boca interfiriendo con la masticación, lo que causa anorexia, impactación del contenido fecal, incapacidad para saltar (parálisis de la jaula), fracturas patológicas, lesiones vertebrales y compresión de la médula espinal.

El diagnóstico se realiza teniendo en cuenta los signos clínicos característicos, el examen físico y la anamnesis. Pueden tomarse radiografías para confirmar el diagnóstico y evaluar el tratamiento.

El tratamiento varía según la gravedad de la enfermedad. En los casos más leves puede ser suficiente con mejorar las condiciones de mantenimiento y corregir la dieta, pero los más avanzados requieren una intensa suplementación con calcio y/o balancear la relación entre este mineral y el fósforo. Se debe proveer de una fuente de luz ultravioleta; preferentemente que esta sea directa, ya que los rayos UV pueden no traspasar el vidrio o el plástico. En climas templados se puede permitir acceso a la luz solar natural. Los animales se deben manejar con cuidado por el riesgo de fracturas iatrogénicas. En los casos más graves se deben inmovilizar las fracturas y suplementar en la dieta. La mejor forma de prevenir esta enfermedad es darles una dieta equilibrada en calcio, fósforo, proteínas, energía, vitamina D y otros nutrientes.<sup>6,13,36</sup>

## 5. Radiación Ultravioleta

La radiación es el proceso a través del cual la energía es transferida de un punto a otro en ausencia de un medio. La radiación emitida por el Sol varía en su longitud de onda. El intervalo completo que comprende todas las longitudes de onda se conoce como el espectro electromagnético. La radiación de onda larga se origina principalmente de la superficie de la Tierra o en la atmósfera y se conoce como radiación terrestre. La radiación de onda corta es originada principalmente por el Sol.

El espectro electromagnético corresponde al conjunto de todas las posibles frecuencias con que puede presentarse una onda electromagnética. Se extiende desde la radiación de menor longitud de onda, como los rayos gamma y los rayos X, pasando por la luz ultravioleta, la luz visible y los rayos infrarrojos, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda, como son las ondas de radio. Desde unos pocos cientos de Hz hasta miles de millones de Hz (Hz: hertz = 1 oscilación por segundo).Fig. 11

Espectro electromagnético		
<b>f(Hz)</b>	<b><math>\lambda</math> (m)</b>	<b>Denominación</b>
$10^2 - 10^{10}$	$10^6 - 10^{-1}$	Ondas de radio
$10^{10} - 10^{12}$	$10^{-1} - 10^{-3}$	Microondas
$10^{12} - 10^{14}$	$10^{-3} - 10^{-6}$	Infrarrojo
$10^{14} - 10^{15}$	$10^{-6} - 10^{-7}$	Visible
$10^{15} - 10^{16}$	$10^{-7} - 10^{-8}$	Ultravioleta
$10^{17} - 10^{20}$	$10^{-9} - 10^{-11}$	Rayos X
$> 10^{20}$	$< 10^{-11}$	Rayos gamma

Fig. 11. Espectro electromagnético

La longitud de onda ( $\lambda$ ) es la distancia entre dos crestas consecutivas, en otras palabras, describe lo larga que es la onda. Fig. 12

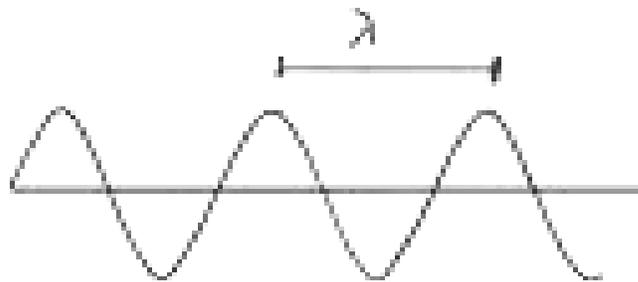


Fig. 12. Longitud de onda.

Fuente: <http://movimiento-ondulatorio.blogspot.mx/p/ondas-longitudinales-el-movimiento-de.html>

## 5.1. Bandas del Espectro Electromagnético

Para su estudio, el espectro electromagnético se divide en segmentos o bandas, aunque esta división es inexacta. Existen ondas que tienen una frecuencia, pero varios usos, por lo que algunas frecuencias pueden quedar en ocasiones incluidas en dos rangos. Fig.13

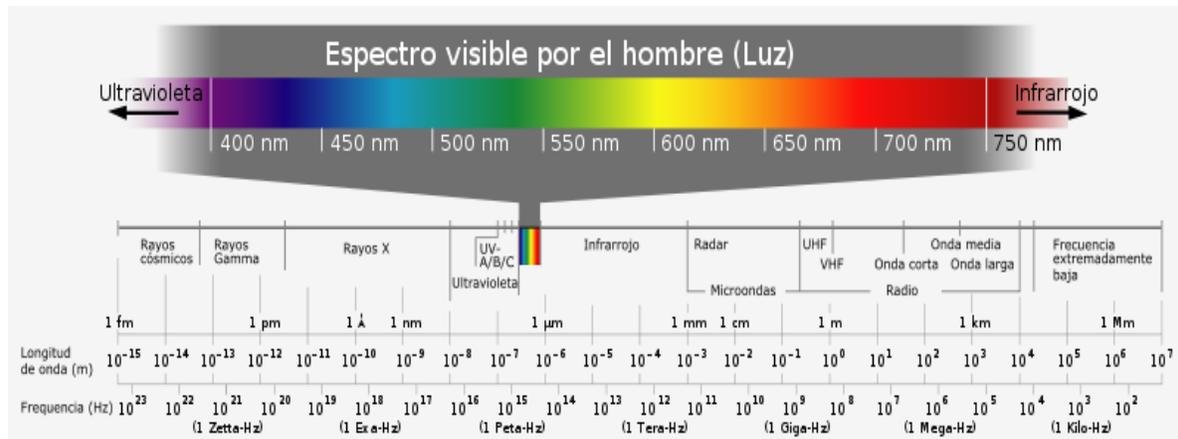


Fig. 13. Bandas del espectro electromagnético.

Fuente: <http://www.noticiasdelcosmos.com/2010/04/midiendo-el-arco-iris.html>

## 5.2. Radiación Solar

Cuando la radiación del sol pasa a través de la atmósfera de la tierra, se modifica tanto en intensidad como en su distribución espectral debido a la dispersión y absorción por los gases y partículas presentes. En la atmósfera el oxígeno y el nitrógeno moleculares son capaces de absorber la luz con una  $\lambda$  de hasta 300 nm. De esta manera solo la luz con una  $\lambda > 300$  nm alcanza la troposfera. La región del espectro alrededor de los 300 nm, que corresponde a la luz ultravioleta (UV), es fundamental para la química troposférica, en esta región las especies como el ozono y los aldehídos fotolizan para producir átomos y radicales libres, ambos críticos para la química de la atmósfera. La región de la luz ultravioleta (UV) se divide frecuentemente en la región de UV-A que va desde 315 a 400 nm, la UV-B que va desde 280 a 315 nm y la UV-C que va de 200 a 280 nm.

Existen cuatro tipos de instrumentos para medir la radiación solar: radiómetros, piranómetros, pirheliómetros y pirgeómetros. Los radiómetros se emplean para medir la radiación de onda corta y onda larga. Los piranómetros miden la radiación solar global, también se conocen como solarímetros. Los pirheliómetros se emplean para la medición de la radiación solar directa. Los pirgeómetros miden la radiación atmosférica de onda larga.

La radiación UV-A y UV-B se mide con un radiómetro. Teóricamente, un cuerpo negro capta toda la radiación a la que está expuesta. Sin embargo, en la práctica sólo se cuentan con cuerpos opacos los cuales solamente son capaces de captar una parte de la radiación total. No obstante, a partir de consideraciones termodinámicas es posible emplear estos cuerpos opacos para estimar la radiación solar instantánea sobre una región determinada.

De otra parte, la energía aprovechable de la radiación solar proviene de la región del espectro visible e infrarrojo cercano, que son las ondas electromagnéticas que producen el incremento de la energía interna del cuerpo.

En este tipo de instrumentos la luz solar pasa a través de un domo de cuarzo y atraviesa un filtro negro que absorbe la radiación visible e infrarroja. La radiación resultante, que contiene el espectro completo de UV, incide sobre un sensor de fósforo que es excitado y produce luz. La luz emitida por el fósforo se detecta con un fotodiodo. Ambos componentes están montados dentro de una cápsula con temperatura regulada por un elemento Peltier, que tiene el propósito de eliminar el efecto de la temperatura en la respuesta del sensor. La corriente producida por el detector es convertida a voltaje y amplificada. El instrumento genera también una señal para la temperatura que se emplea en la corrección de la lectura del instrumento.

Los componentes de la irradiación son:

Irradiancia: Se refiere a la potencia instantánea recibida.

Unidad:  $W/m^2$  (W: watt)

Generalmente se usa el símbolo  $G$  para la irradiancia.

Será la máxima sobre un plano que esté en posición normal a la dirección de propagación de la radiación (es decir que le dé de frente en la casa) y será mínima si el plano es paralelo a la radiación (de canto)

Es energía que se recibe instantáneamente sobre una superficie.

Irradiación: Se refiere a la cantidad de energía solar recibida durante un determinado periodo de tiempo.

Unidad:  $W \cdot h/m^2$  y a lo largo de 1 día  $W \cdot h/m^2/día$  (W: watt, h: hora)

Por su diferente comportamiento, se separa a la irradiancia en 3 componentes: la directa, la difusa y la de albedo. Fig. 14. La suma de las tres es la GLOBAL (total):

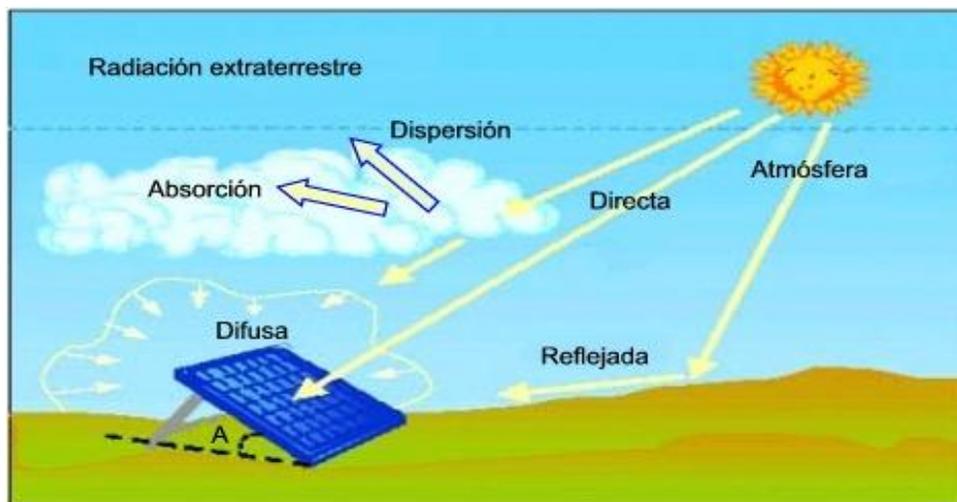


Fig. 14. Componentes de la irradiancia: directa, difusa y la albedo.

Fuente: [http://www.opex-energy.com/fotovoltaica/funcionamiento\\_fotovoltaica.html](http://www.opex-energy.com/fotovoltaica/funcionamiento_fotovoltaica.html)

Directa: es la que se recibe directamente desde el sol en línea recta, sin que se desvíe en su paso por la atmósfera. Es la mayor y las más importante en las aplicaciones fotovoltaicas.

Difusa: es la que se recibe del sol después de ser desviada por dispersión atmosférica. Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro, aún de día, como sucede por ejemplo en la luna.

Albedo: es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

### 5.2.1. Intensidad de la Radiación

La onda electromagnética transmite energía a lo largo de la dirección de propagación. La energía por unidad de tiempo que atraviesa la unidad de área perpendicular a la dirección de propagación viene dada por el vector de Poynting, el cual se expresa usualmente en watt/m<sup>2</sup>.

La energía que es capaz de transmitir la radiación al interactuar con la sustancia depende notablemente de su frecuencia. La radiación electromagnética está compuesta por “paquetes” o “cuantos” independientes de energía llamados fotones, cada uno de ellos con una energía.

### 5.2.2. Absorbancia y Reflectancia de la Radiación

Cuando la radiación incide sobre cualquier superficie de separación entre dos medios, una parte se refleja y la otra se transmite al otro medio, absorbiéndose en mayor o menor grado durante el proceso. Como consecuencia de la absorción de energía se produce una atenuación de la onda a medida que ésta avanza por el medio material.<sup>31,34,50</sup>

Un parámetro práctico utilizado comúnmente para caracterizar la absorción de la radiación es la profundidad de penetración. Esta se define como la distancia en que la amplitud se reduce en 36.7% a partir de la superficie. La fracción absorbida, reflejada y transmitida

queda determinada por la frecuencia de la radiación junto con algunas características del medio material considerado (conductividad, constante dieléctrica, espesor).

El proceso de absorción puede dar lugar a cambios físicos importantes en el medio considerado, en dependencia de la frecuencia de la radiación.

## 6. Radiación Ultravioleta y los Primates

La luz ultravioleta cubre el intervalo de 4 a 400 nm. El sol es una importante fuente emisora de rayos en esta frecuencia, los cuales causan cáncer de piel a exposiciones prolongadas. Este tipo de onda no se usa en las telecomunicaciones, sus aplicaciones son más en el campo de la medicina. Según su longitud de onda, se distinguen varios subtipos de rayos ultravioleta:

<b>Nombre</b>	<b>Abreviación</b>	<b><u>Longitud de onda</u> (nm)</b>	<b>Energía por <u>fotón</u> (eV)</b>
Ultravioleta cercano	NUV	400 – 200	3.10 – 6.30
Onda larga	UVA	400 – 320	3.10 – 3.87
Onda media	UVB	320 – 280	3.87 – 4.43
Onda corta	UVC	280 – 200	4.43 – 6.20
Ultravioleta lejano	FUV, VUV	200 – 10	6.20 – 124
Ultravioleta extremo	EUUV, XUV	91.2 – 1	13.6 – 1240

El espectro de longitud de onda de radiación que alcanza la atmósfera de la Tierra del sol, es de aproximadamente 100 a 3200 nm. Moléculas en la atmósfera absorben ciertas longitudes de onda, así que el espectro solar es atenuado cuando las radiaciones alcanzan la superficie de la Tierra. Por ejemplo, el ozono atmosférico y el oxígeno molecular absorben virtualmente toda la longitud de onda ultravioleta menor a los 290 nm, eliminando esencialmente el rango de UVC (100 a 280 nm) y 10 nm (280 a 290 nm) de los UVB (280 a 315 nm). Fig. 15

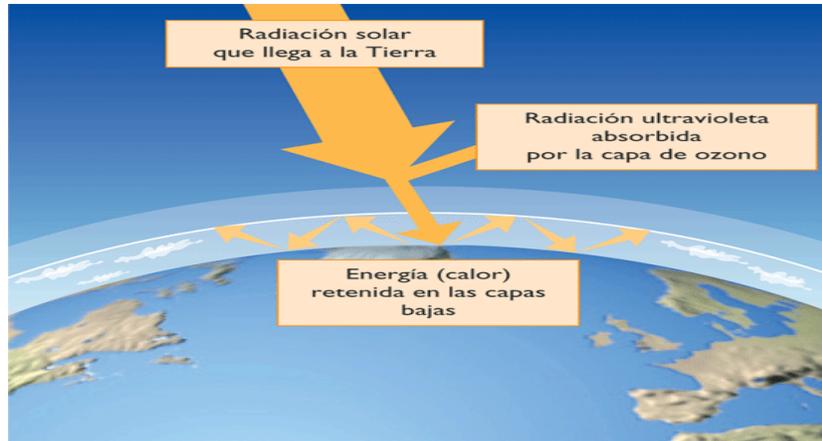


Fig. 15. Se muestra como la mayor parte de la radiación que llega a la Tierra es absorbida en las primeras capas.

Fuente: [http://mx.kalipedia.com/ecologia/tema/dinamica-ecosistemas/radiacion-solar-llega-superficie.html?x=20070418klpcnaecl\\_80.Kes&ap=3](http://mx.kalipedia.com/ecologia/tema/dinamica-ecosistemas/radiacion-solar-llega-superficie.html?x=20070418klpcnaecl_80.Kes&ap=3)

La principal radiación solar a la cual las criaturas que viven en la Tierra están expuestos son los UVB (290 a 315 nm), UVA (315 a 400 nm), luz visible (400 a 700 nm) e infrarrojos cercanos (700 a 1000 nm). Fig. 16. Alrededor del 20% de la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra tiene longitudes de onda mayores a 1000 nm.

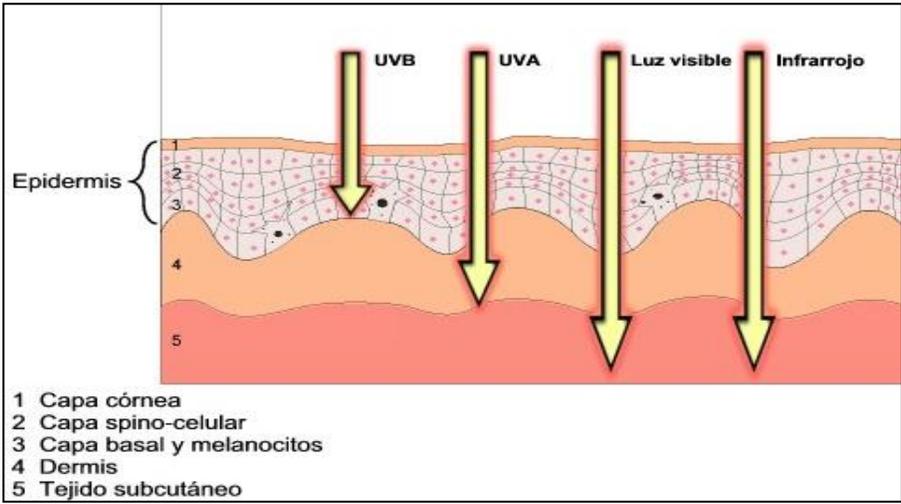


Fig. 16. Se muestra que tipos de radiaciones son a las que estamos expuestos y que hasta que capa de nuestra piel pueden penetrar.

Fuente: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-radiacion/medidor-luz-uva-365ha.htm>

La provitamina D<sub>3</sub>, el 7-dehidrocolesterol, dentro de la capa de Malpigi de la epidermis de la piel, es convertida a previtamina D<sub>3</sub> por la radiación UV dentro de un rango de 290 a 315 nm, con una máxima conversión en  $297 \pm 3$  nm.

La piel de muchos mamíferos es una rica fuente de provitamina 7-dehidrocolesterol. La vía más directa para asegurar las necesidades de vitamina D de muchos animales, es proveer de una exposición regular de la piel al sol. Está estimado que la exposición de 1 cm<sup>2</sup> de piel blanca humana, a la luz solar directa por 1 hr. resulta en la producción de cerca de 10 UI de colecalciferol. La exposición de brazos y cara diariamente por 10 minutos con luz óptima debe de cubrir las necesidades humanas. Sin embargo muchos factores influyen en estas estimaciones, por ejemplo el grosor y pigmentación de la piel reducen la penetración de UV dentro del estrato espinoso y basal de la epidermis, donde las más altas concentraciones de 7- dehidrocolesterol ocurren, y personas de piel oscura pueden requerir seis veces más de radiación UV que personas de piel blanca.<sup>8</sup>

A los callitrichidos en cautividad se les debe proporcionar de 12- 14 horas de luz. Rettberg-Beck (1990) recomiendan para el *Leontopithecus rosalia*, de 30 a 60 minutos de exposición a la luz ultravioleta para proveer de vitamina D<sub>3</sub>. Diversos estudios han propuesto diferentes tiempos en cuanto a la exposición de horas luz para los primates; por lo tanto se puede decir que el tiempo de exposición horas luz y a los rayos UVB que se deben proporcionar debe ser estudiado para cada especie en particular.

Aunque exposiciones a la luz monocromática de 295 nm pueden mostrar una conversión de 65 a 71% de 7- dehidrocolesterol en la piel a previtamina D<sub>3</sub>, solamente cerca del 20 % es convertida cuando la misma piel es expuesta a todo el espectro de la luz solar. Radiación solar adicional (arriba de 8 horas) no produce más previtamina D<sub>3</sub>, pero lleva a un incremento epidermal de lumisterol, tachisterol y 5-6 transvitamina D<sub>3</sub>, formas biológicamente inactivas.

Esta demostración de esta longitud de onda solar y otras de 295 nm, influyen en la biogénesis de la vitamina D y ayudan a explicar la ausencia de una hipervitaminosis D después de una intensa exposición a la luz solar.

Animales cuya piel está cubierta por pieles, plumas o escamas pueden experimentar menor penetración de UV en la epidermis que animales sin estas cubiertas. Sin embargo hay grandes impedimentos, como barreras artificiales, entre el cielo y los alojamientos de los animales, como ocurre en las construcciones en cuyas paredes, techo, ventanas y tragaluz no permiten la penetración de UVB.

Un número de materiales transmisores de luz tienen que ser examinados por su habilidad para permitir la penetración de un espectro de 280 a 600 nm. Ventanas de vidrio no muestran transmisión de longitud de onda menores a 334 nm. Otros estudios establecieron que el policarbonato y la fibra de vidrio no transmiten luz de longitudes de onda menores a 370 nm. El vinil nuevo transmite poca luz de longitudes de onda menores a 305 nm. Los acrílicos polimerizados difieren en su transmisión de UV dependiendo de su formulación, pero transmiten de los 290 a los 300 nm.<sup>8</sup>

## **II. ANTECEDENTES DE LA COLONIA**

Al revisar el historial clínico de la colonia que ha existido en el zoológico se han encontrado casos desde febrero del 2003 en que los ejemplares presentaron signos relacionados con problemas de movimiento que alteraban su locomoción, afectando también progresivamente su condición corporal, manifestados como inmovilidad de los miembros pélvicos, debilidad muscular y emaciación e incluso un caso de fractura de fémur, los cuales recibieron tratamientos a base de suplementos con calcio, llegándose a corregir en gran medida el problema (anexo 2).

## **III. JUSTIFICACION**

La colonia de marmosetas del Zoológico San Juan de Aragón ha presentado diversos trastornos relacionados con el sistema óseo, lo que ha repercutido en la salud y bienestar de los ejemplares. Por lo que, es de suma importancia determinar las posibles causas que están originando dichos padecimientos, lo cual ayudará a establecer las medidas terapéuticas y preventivas necesarias.

## **IV. OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar el consumo real de la dieta ofrecida a los títes.
- Determinar el aporte de Proteína, Cenizas, Materia Seca, Humedad, Fibra Cruda, Ca y P de la dieta ofrecida.
- Determinar el aporte de Vitamina D en la ración.
- Determinar los niveles de Vitamina D en el suero sanguíneo.
- Medir la irradiación de rayos UVB en los albergues.

## V. HIPÓTESIS

La administración de una dieta deficiente en vitamina D y una insuficiente exposición a los rayos UVB son factores que están causando la presentación de Enfermedad Ósea Metabólica en las marmosetas (*Callithrix jacchus*), (*C. Penicillata*), (*Saguinus midas*) albergadas en dicho zoológico.

## VI. MATERIAL Y MÉTODOS

### VI. 1. Sitio de Estudio

El presente trabajo se realizó en las instalaciones del Zoológico de San Juan de Aragón, el cual se localiza en el nororiente de la Ciudad de México, en Av. Loreto Fabela s/n Col. San Juan de Aragón. Del. Gustavo A. Madero. C.P. 17920, México D.F., a un lado del Bosque de San Juan de Aragón, coordenadas: 19°27'42"N 99°04'28"O y una elevación de 2243m snm.

Los albergues de los títes se encuentran situados en la zona del zoológico antiguo, dichos albergues son tres vitrinas rectangulares rodeadas de árboles, están formadas por tres muros de cemento y un frente de cristal, el cual, tiene 6mm de espesor aproximadamente. Cada vitrina mide 4 m. de largo y 3 m. de ancho por 2.50 m. de alto, lo que resulta en 30 m<sup>3</sup>, Fig. 17. A estas vitrinas se les identificó como vitrina A, B y C. En el muro posterior se localiza un sistema de extractores para favorecer la ventilación de la vitrina.



Fig. 17. Frente de los albergues de los títes

El material del techo también es de cemento, y cada vitrina cuenta con dos domos, los cuales en la vitrina B y C están situados en esquinas contrarias, en la vitrina A ambos domos se sitúan en la parte trasera de dicha vitrina; estos están cubiertos por una malla de alambre y por una doble tapa de acrílico la cual solamente es abierta en los días cálidos para permitir que los animales se asoleen Fig. 18. En la parte cercana al vidrio exhibidor se localiza en el techo una línea formada de tres focos infrarrojos para mantener la temperatura en los días fríos.



Fig. 18. Domos de los albergues

El sustrato es de tierra compacta con árboles naturales pequeños y troncos secos, simulando una zona arbórea, de tal forma que se percibe mayor humedad en las vitrinas A y C, en comparación con la vitrina B. Aunque hay que mencionar que esta medición no se llevó a cabo. Este sustrato es irregular, y es utilizado por algunos animales para formar sus guaridas. Los titíes usan los nidos vacíos de las aves con las que comparten el albergue.

El agua y el alimento son ofrecidos en platos de aluminio, los cuáles son lavados diariamente, no obstante se ofrece algunas frutas colgadas en las ramas de los árboles como parte del programa de enriquecimiento conductual. De la misma manera, diariamente se barren y retiran los desperdicios encontrados en el piso de la vitrina.

## VI. 2. Colección Animal e identificación de los animales

La colonia de titis consta de 5.1 ejemplares, los cuales están identificados con microchip. Estos ejemplares se encuentran albergados con otras especies de reptiles y aves, de la siguiente manera.

En la vitrina A, se encuentran 2 titíes orejas de algodón (*Callitrix jachus jachus*); estos comparten la vitrina con 2 tucanes, una iguana negra y 2 pericos.

Identificación	Peso	Sexo
058*630*360	0.244 Kg	M
061*609*106	0.236 Kg	M

En la vitrina B se encuentra 1 tití orejas de pincel (*Callitrix penicillata*), en dicha vitrina también se encuentra 1 tucán 2 pericos, 3 iguanas verdes, 1 puerco espín y 5 tortugas de desierto.

Identificación	Peso	Sexo
097*871*570	-----	M

En la vitrina C se localizan 3 titíes manos rojas (*Saguinus midas*), junto con una pareja de lechuzas.

Identificación	Peso	Sexo
067*850*865	0.505 Kg	M
067*094*120	0.407 Kg	H
-----	0.482 Kg	M

### VI. 3. La Dieta

La dieta se conforma de fruta fresca, la cual se ofrece en forma de cocktail finamente picada y adicionada con yogurth y cereal de avena infantil Fig. 19.

INGREDIENTE	OREJAS ALGODÓN	MANOS ROJAS
	Cantidad	Cantidad
Guayaba	40 g	40g
Manzana	150 g	100g
Naranja	50g	50g
Papaya	300g	100g
Plátano	400g	300g
Yogurth	10g	10g
Cereal Gerber	5g	5g
Sandía	120g	120g
Melón	70g	70g
Pera	150g	150g

### VI.4. Consumo real por vitrina

El consumo real se obtuvo realizando el pesado diario de cada ingrediente de la dieta que era ofrecida una vez por la mañana, y del sobrante que se recogía al siguiente día, este procedimiento se realizó durante una semana.

Posteriormente se tomó una muestra de la dieta para su envío al Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia donde se realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) y la determinación de Calcio y Fósforo.



Fig. 19. Dieta ofrecida a los tíes

#### VI.5. Toma de muestras sanguíneas para determinación de Vitamina D.

Para la toma de muestras de sangre, los animales se mantuvieron en ayuno mínimo de 12 horas.

Se procedió a capturarlos con una red, dando una media vuelta y poniendo el aro metálico en contacto con el piso firmemente, de manera tal que el animal quedara atrapado, luego con una mano se sujeta la cabeza por detrás y con la ayuda de otra persona se sujetan los brazos unidos hacia atrás en la espalda, siempre por encima del codo para evitar daño a los ejemplares. Una vez que estén bien sujetos, la cabeza puede ser liberada, conforme a lo que se reporta para esta especie. (Ramírez 2006) Fig. 20.



Fig. 20. Modo de sujeción de los animales una vez capturados

Una vez capturados a través de la fuerza física, fueron pesados para la su correcta dosificación de 8 a 10 mg/ kg de ketamina por vía intramuscular para facilitar la toma de muestras.

La toma de las muestras sanguíneas se realizó de la siguiente forma:

- Desinfección con alcohol del área de toma de muestra (vena coccígea) Fig 21.



Fig. 21. Desinfección de la cola con alcohol

- Visualización y fijación de la vena femoral y coccígea vaso de elección para la toma de la muestra.
- Punción y extracción de la muestra de sangre Fig. 22, máximo el 1% del total del peso corporal de cada individuo, obteniendo un volumen total entre 1 a 1.5 ml.



Fig. 22. Toma de muestra de la vena coccígea

- Se utilizaron jeringas de 3 y 5 ml y agujas calibre 21 y 23 G de 1 ½". Los tubos de recolección utilizados fueron tubos al vacío de auto llenado sin anticoagulante.

Una vez tomada la muestra se retira la aguja y se aplica una presión continua en el sitio de punción, durante al menos 30 segundos para asegurar la correcta hemostásis.

El animal es devuelto a su jaula donde se recuperó totalmente de la anestesia, constatando la no existencia de hemorragia del vaso sanguíneo, y evitando cualquier trauma físico o manipulación innecesaria.

Las muestras colectadas fueron identificadas con el número de microchip y con letras de la “A” a la “E”, depositadas y transportadas en hieleras en cadena fría al laboratorio del zoológico donde fueron centrifugadas a 2000rpm por 5 min antes de que coagularan. Posteriormente se procedió a extraer el suero y colocarlo en alícuotas para ser trasladados al laboratorio de Toxicología la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM para su análisis mediante el método de cromatografía de líquidos en alta presión (HPLC).

#### VI.6. Método para la determinación de vitamina D<sub>3</sub> en plasma por la técnica de cromatografía de líquidos en alta presión. (HPLC)

Las muestras de plasma (150µcl) se colocaron en tubos para centrifuga (Falcon) de 10ml. A cada tubo se le agrego 75µcl de tetrahidrofurano (THF); se mezcló y se adiciono 450µcl de etilacetato y se mezcló nuevamente.

Para la muestra identificada con la letra “A” la cantidad de plasma fue de 50µcl por lo que las cantidades de reactivos se ajustaron en base a una regla de tres.

Para realizar la extracción, el tubo Falcon se colocó en el vortex por 2 minutos, se dejó reposar 10 minutos y se volvió a mezclar por 2 minutos más.

Se colocaron en la centrifuga a 2500 rpm por 2 minutos, obteniéndose una suspensión con dos fases; etilacetato y tetrahidrofurano, el etilacetato es desechado y al tetrahidrofurano se le agregaron 300 µcl de etilacetato, sometiéndose a una segunda extracción en la que se obtuvieron nuevamente las dos fases anteriores, desechándose nuevamente el etilacetato.

El tetrahidrofurano ahora obtenido se deshidrató con sulfato de sodio anhidro, se centrifugó a 2500 rpm por 5 minutos y posteriormente se evaporó en baño maría.

El residuo resultante es disuelto en 50% (v/v) metanol en acetonitrilo (100µl) para su posterior uso en el análisis cromatográfico Fig. 23.

El análisis cromatográfico se desarrolló bajo las siguientes características: Columna: C18  
Fase móvil: 50 ml de metanol- acetonitrilo 50/50, con una concentración de 0.3mg/ml del estándar de vitamina D.

Flujo: 2 ml por min.

Tiempo de retención: 2 min.

Longitud de onda: Detector UV visible 264 nm.



Fig. 23. Cromatógrafo de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM

#### VI.7. Medición de la Irradiación

Previo a la medición, se efectuó un estudio preliminar donde se observó el comportamiento de los ejemplares, para poder determinar los lugares preferidos para asolearse y el horario, pudiendo así determinar los sitios donde se realizaron las mediciones de los rayos UVB, siendo estos las perchas localizadas debajo de los domos de cada albergue: Por tal motivo, cada albergue se subdividió en varias zonas para poder controlar mejor la toma de las mediciones y así poder evaluar las zonas con mayor y menor cantidad de irradiación, al mismo tiempo de poder ubicar mejor los domos de acuerdo a una zona en cada vitrina y

tener un mejor control de los registros de cada domo Fig. 24. Dicha medición se realizó a través de un radiómetro, modelo YK-35UV Fig. 25, el cual tiene un sensor con rango de medición de 2 mW/cm<sup>2</sup> hasta 19.99 mW/cm<sup>2</sup> y un espectro de medición de 290-390 nm (anexo 3). De esta forma se determinó que la hora en que los animales suelen asolearse era de 9-11 am, que corresponde al tiempo en el que el sol entra por los domos.

- 3-1 Indicador
- 3-2 Botón de encendido
- 3-3 Botón de apagado
- 3-4 Tecla de mantenimiento de valores "HOLD"
- 3-5 Tecla para rango de 2 mW/cm<sup>2</sup>
- 3-6 Tecla para rango de 20 mW/cm<sup>2</sup>
- 3-7 Hendidura para el sensor
- 3-8 Tornillo para la puesta a cero
- 3-9 Tapa de la batería
- 3-10 Soporte plegable
- 3-11 Asidero del sensor
- 3-12 Cabezal del sensor UV
- 3-13 Conexión del sensor al aparato

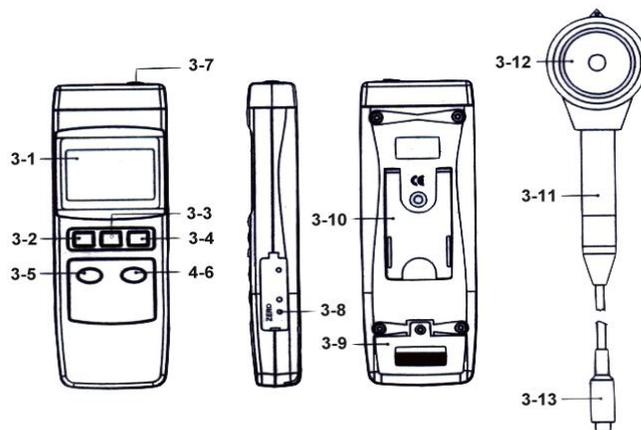
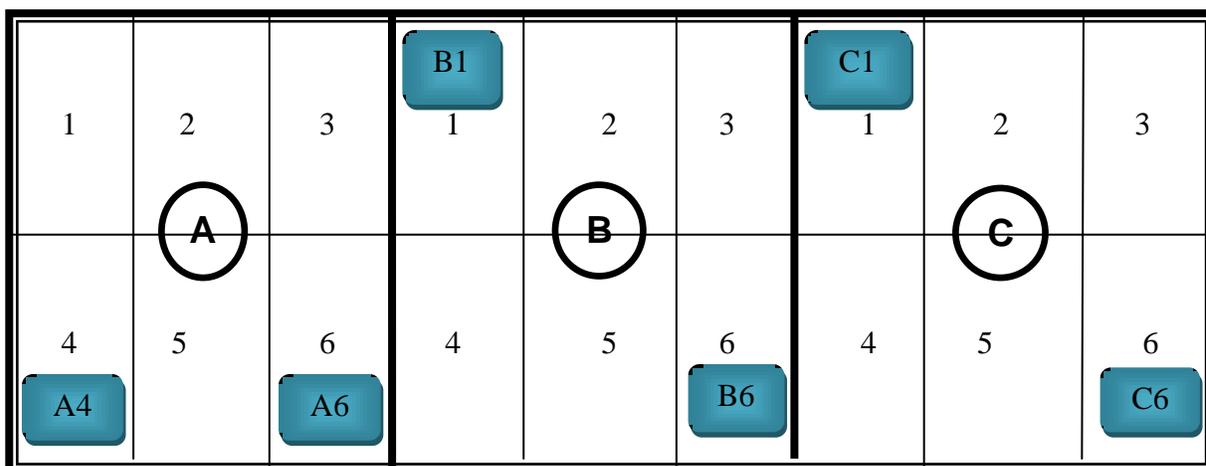


Fig. 25 Esquema del radiómetro modelo YK-35UV, mostrando sus componentes

FRENTE DE LOS ALBERGUES



ALBERGUES PARTE DE ATRAS

Fig. 24. Las letra A ala C, indican cada vitrina que compone el albergue de los tífos. A su vez cada vitrina se dividió en 6 zonas, las cuales están señaladas con los números de 1 al 6. Así mismo cada vitrina cuenta con 2 domos, los cuales se marcan con la letra de la vitrina y el número correspondiente a la zona donde se localiza el mismo.

La manera de realizar la medición fue colocando el sensor sobre las perchas que se localizan debajo de los domos. De esta forma se evitaba alterar el comportamiento de los animales Fig. 26.

La medición se realizo durante una semana, al mes, durante 5 meses, en un horario de 9 a 11 am. Las horas y días de medición por vitrina se fueron rotando para evitar que se tomaran lecturas en el mismo horario para cada vitrina y domo.



Fig. 26. Modo de colocación del radiómetro para la toma de las lecturas

La rotación de las vitrinas se efectuó de acuerdo al siguiente cuadro:

Vitrina Día	A	B	C
Lunes	1	2	3
Martes	2	3	1
Miércoles	3	1	2
Jueves	1	2	3
Viernes	2	3	1

Los días lunes se comenzó la medición en el exterior de los albergues y los demás días se inició por los albergues y al final se media en el exterior, esto se debía a que se tenía que esperar la llegada del trabajador para que se permitiera la entrada al dichos albergues; este día en específico el trabajador llegaba tarde.

## VII. RESULTADOS

### VII.1. Consumo y desperdicio por vitrina.

Los resultados expresados en la siguiente tabla corresponden al consumo real de la dieta de cada vitrina, resaltando el promedio diario de consumo por vitrina. Corresponden al total de la dieta ofrecida ya que no se pudo obtener el peso de cada uno de los ingredientes, por la forma de presentación de la dieta.

Tabla 1. Consumo de la dieta en la Vitrina A

Fecha	Ración ofrecida kg.	Desperdicio kg.	Consumo kg.
Lunes 25 /07/11	0.970	0.650	0.320
Martes 26/07/11	0.750	0.525	0.225
Miércoles 27/07/11	0.735	0.495	0.240
Jueves 28/07/11	0.800	0.490	0.310
Viernes 29/07/11	0.625	0.340	0.285
Promedio/día/semana	0.776	0.500	0.276
Desviación estándar	0.12586699	0.11051018	0.04204165

Tabla 2. Consumo de la dieta en la Vitrina B

Fecha	Ración ofrecida kg.	Desperdicio kg.	Consumo kg.
Lunes 25 /07/11	0.675	0.050	0.625
Martes 26/07/11	0.600	0.200	0.400
Miércoles 27/07/11	0.500	0.250	0.250
Jueves 28/07/11	0.625	0.150	0.475
Viernes 29/07/11	0.575	0.100	0.475
Promedio/día/ semana	0.595	0.150	0.445
Desviación Estándar.	0.0647109	0.07905694	0.13624427

Tabla 3. Consumo de la dieta en la Vitrina C

Fecha	Ración ofrecida kg.	Desperdicio kg.	Consumo kg.
Lunes 25 /07/11	0.475	0.175	0.300
Martes 26/07/11	0.550	0.200	0.350
Miércoles 27/07/11	0.225	0.125	0.100
Jueves 28/07/11	0.425	0.100	0.325
Viernes 29/07/11	0.450	0.125	0.325
Promedio/día/semana	0.425	0.145	0.280
Desviación Estándar	0.121192	0.04107919	0.10216408

El porcentaje semanal de desperdicio de la dieta por vitrina fue el siguiente:

Vitrina A: 64.43%

Vitrina B: 25.21%

Vitrina C: 34.11%

## VII. 2. Resultados AQP.

El Análisis Químico Proximal (AQP) y la determinación de Calcio y Fósforo, se realizó en el Laboratorio de Análisis Químicos para Alimentos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, obteniéndose los siguientes resultados:

<b>Materia Seca</b>	<b>16.55%</b>
<b>Humedad</b>	<b>83.45%</b>
<b>Proteína Cruda (Nitrógeno*6.25)</b>	<b>0.78%</b>
<b>Extracto Etéreo</b>	<b>0.69%</b>
<b>Cenizas</b>	<b>0.47%</b>
<b>Fibra Cruda</b>	<b>0.66%</b>
<b>Extracto Libre de Nitrógeno</b>	<b>13.94%</b>

Los resultados se expresan en Base Húmeda \*Método AOAC Químico Proximal (1990)

**Calcio<sup>1</sup>** **0.52%**

<sup>1</sup>Método AOAC 927.02 (1990)

**Fósforo<sup>2</sup>** **No detectable**

<sup>2</sup>Método AOAC 965.17 (1990)

\*Los resultados se expresan en Base Seca

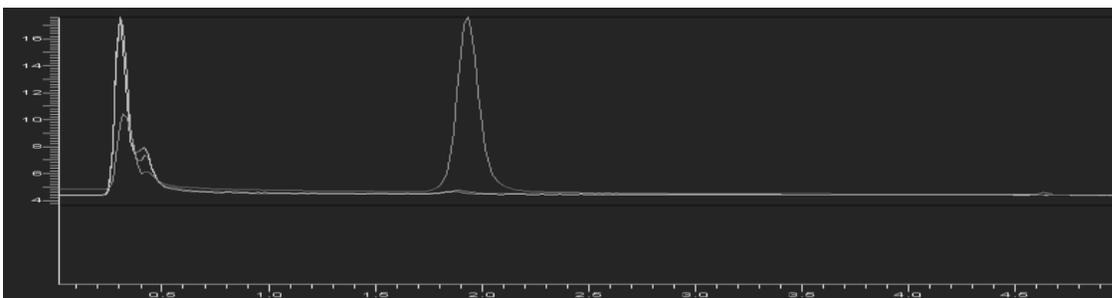
Para el análisis de los resultados fue necesario convertir los datos anteriores a base seca, obteniéndose los siguientes aportes en la dieta:

Proteína Cruda	4.71%
Extracto Etéreo	4.16%
Cenizas	2.83%
Fibra Cruda	3.98%
Extracto Libre de Nitrógeno	13.94%

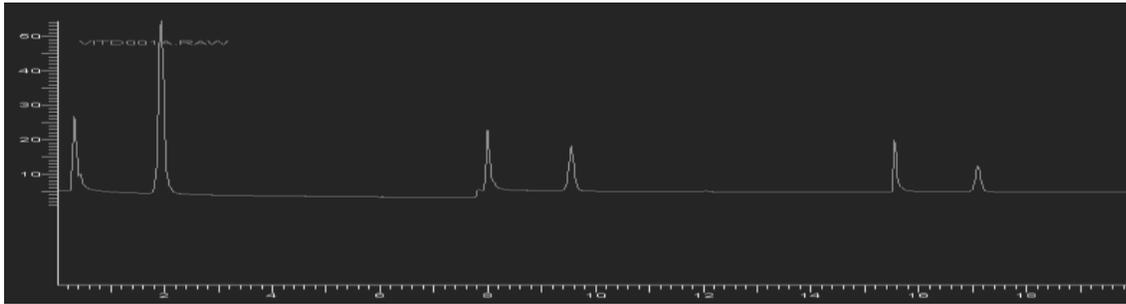
### VII. 3. Resultados de análisis cromatográfico

Las siguientes gráficas muestran el momento en que el cromatógrafo detecta concentraciones de Vitamina D, tanto como para el reactivo estándar, como en el suero sanguíneo de las muestras analizadas, en estas solo se muestran los valores de área (altura/ minutos), con el cual se calcula la concentración de vitamina D para cada muestra.

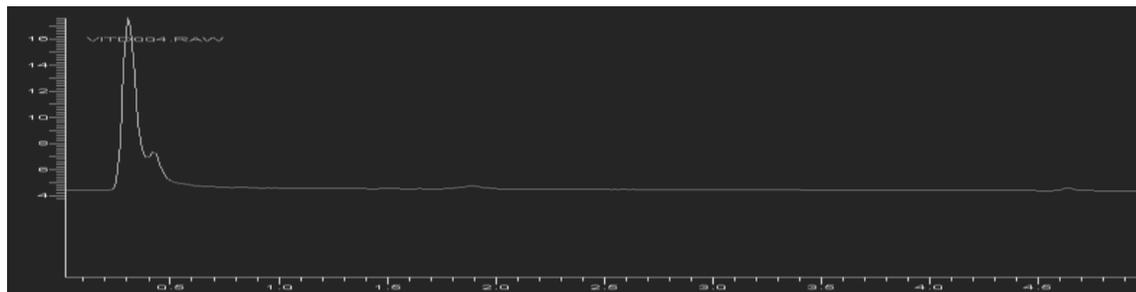
Gráfica 1. Análisis Cromatográfico del Estándar de Vitamina D, a concentraciones de 6µg, 3µg y 1.5µg.



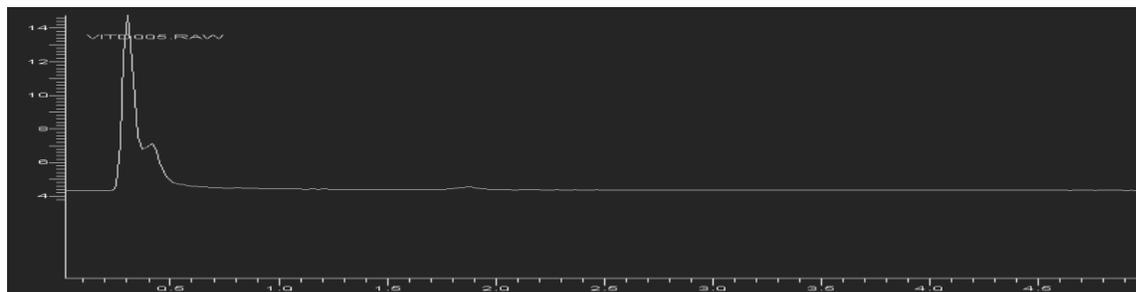
Gráfica 2. Análisis cromatográfico de Titi orejas de algodón (*Callithrix jacchus*), chip No. 058\*630\*360



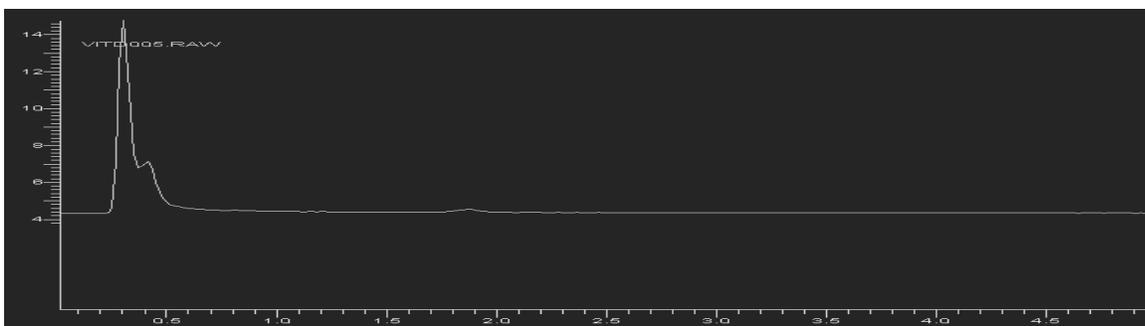
Gráfica 3. Análisis cromatográfico de Titi orejas de algodón (*Callithrix jacchus*), chip No. 061\*609\*106



Gráfica 4. Análisis Cromatográfico de Titi manos rojas (*Saguinus midas*), chip No. 067\*850\*865



Gráfica 5. Análisis Cromatográfico de Titi manos rojas (*Saguinus midas*), chip No. 067\*094\*120



Gráfica 6. Análisis Cromatográfico de Titi manos rojas (*Saguinus midas*), sin microchip.

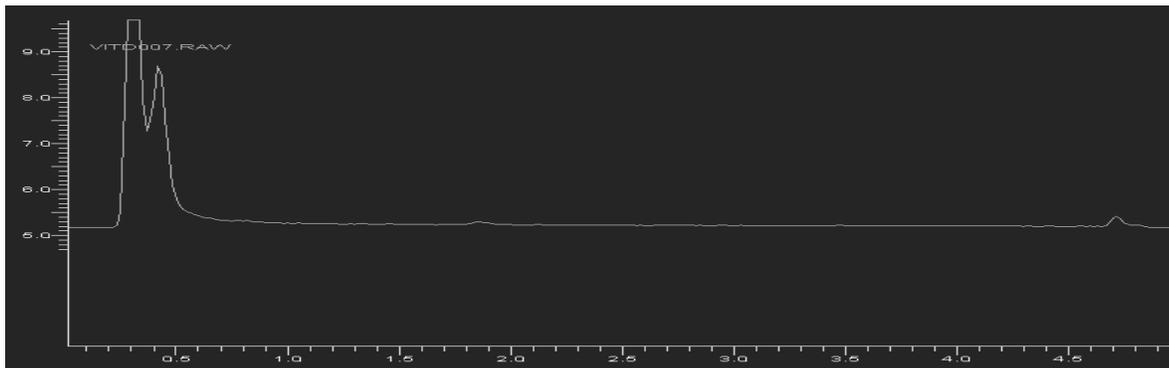


Tabla 4. Concentraciones de vitamina D (ng/ml) en suero sanguíneo de los titis muestreados en el Zoológico San Juan de Aragón, obtenías por el método de cromatografía de líquidos en alta presión.

Identificación	Área (altura/ minutos)	Concentración Inicial	Concentración dos	µl suero sanguíneo	Concentración de Vitamina D en µg/ml	Concentración de Vitamina D en ng/ ml
<i>Callithrix jacchus</i> Chip No. 058*630*360	1682	0.04573386	0.22866931	50	0.11433466	114.334657
<i>Callithrix jacchus</i> Chip No. 061*609*106	1192	0.03241068	0.1620534	150	0.2430801	243.080102
<i>Saguinus midas</i> No. Chip 067*850*865	752	0.02044701	0.10223503	150	0.15335255	153.352548
<i>Saguinus midas</i> No. Chip 067*094*120	494	0.01343194	0.06715972	150	0.10073957	100.739573
<i>Saguinus midas</i> Sin microchip	264	0.0071782	0.03589102	150	0.05383653	53.8365327

#### VII. 4. Resultados radiación.

De la tabla 5 a la 9 y de la gráfica 7 a la 11, se muestran los resultados que corresponden a la sumatoria de las lecturas de ambos domos de cada una de las vitrinas durante cada mes; donde se puede observar que hay una mayor cantidad de  $\text{mW}/\text{cm}^2$  en las mediciones tomadas en el exterior del albergue, en comparación con las realizadas en las vitrinas, además de que el promedio de la vitrina C se mantiene por encima de las vitrinas A y B respecto a la cantidad de luz medida. Cabe resaltar que todos los resultados se expresan en  $\text{mW}/\text{cm}^2$ .

Las mediciones detalladas por domo de cada vitrina por día, pueden ser consultadas en el anexo 4.

Tabla 5. Promedios de las lecturas durante el mes de Abril.

Mediciones Abril	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.1432	0.2671	1.47885	1.509
	0.1602	0.34585	1.716	1.5212
	0.21085	0.239	1.8495	3.626
	0.18825	0.2813	1.539	2.734
	0.21055	0.2924	1.1125	1.9314
Promedio	0.18261	0.28513	1.53917	2.26432
Desvest	0.03027089	0.03939384	0.2798479	0.9094426
Varianza	0.00091633	0.00155187	0.2778908	0.8098971

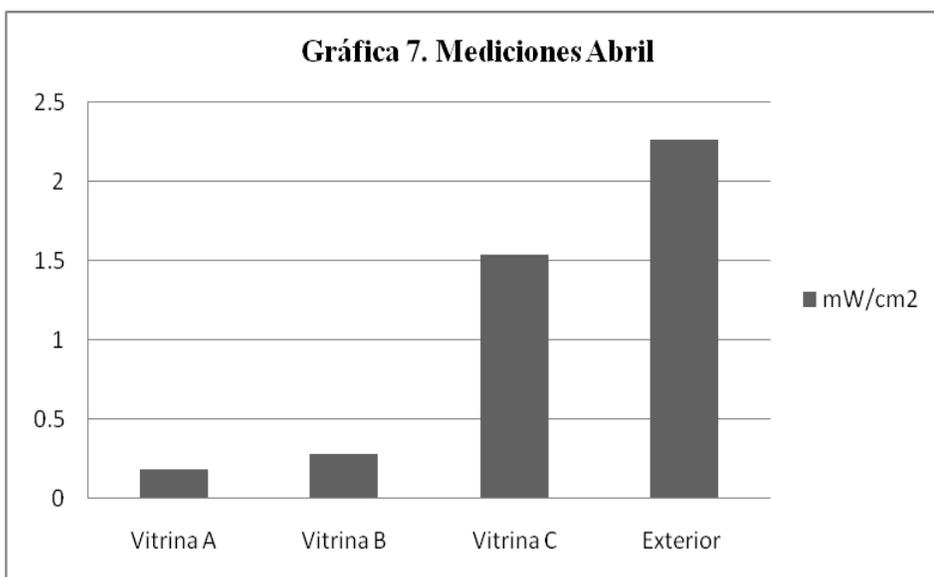


Tabla 6. Promedios de las lecturas durante el mes de Mayo.

Mediciones Mayo	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.23615	0.2975	1.57225	0.8421
	0.3015	0.303675	0.2616	0.678
	0.216925	0.1494	0.3878	1.4941
	0.167025	0.28655	0.32405	1.5037
	0.383275	0.432925	0.2981	2.0655
Promedio	0.260975	0.29401	0.56876	1.31668
Desvest	0.08364038	0.10046227	0.5628556	0.5613208
Varianza	0.00699571	0.01009267	0.3168064	0.315081

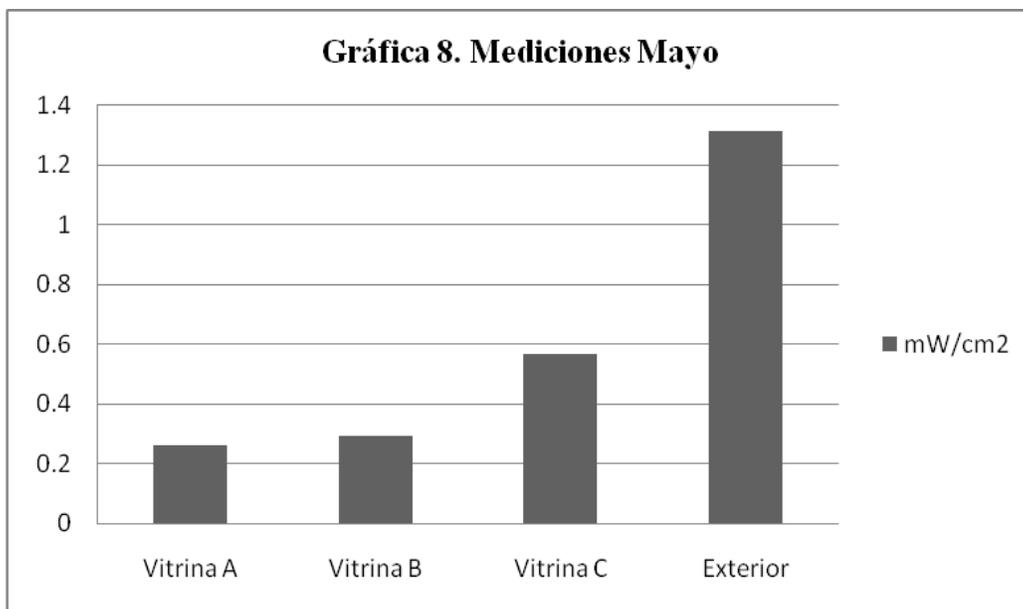


Tabla 7. Promedios de las lecturas durante el mes de Junio.

Mediciones Junio	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.650975	0.478225	2.06555	3.356
	0.276675	0.18615	0.2916	0.6919
	0.22865	0.224425	0.390375	0.7489
	0.1707	0.3015	0.475425	1.9165
	0.42965	0.429225	0.283025	2.1299
Promedio	0.35133	0.323905	0.701195	1.76864
Desvest	0.193114019	0.12676914	0.76675941	1.10355356
Varianza	0.037293024	0.016070415	0.58791999	1.21783046

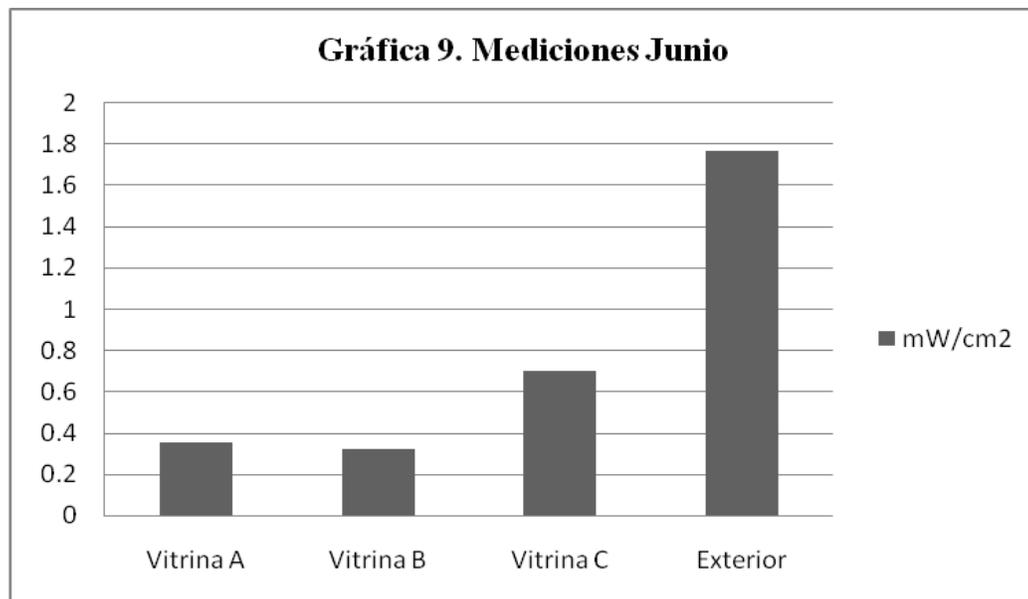


Tabla 8. Promedios de las lecturas durante el mes de Julio.

Mediciones Julio	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.122525	0.141215	0.1326	0.984
	0.33445	0.2104	0.4925	1.7318
	0.117875	0.17705	0.304025	0.8697
	0.136075	0.121	0.15275	0.9725
Promedios semanales	0.17773125	0.16241625	0.27046875	1.1395
Desvest	0.104764037	0.039502682	0.16662272	0.39819617
Varianza	0.010975503	0.001560462	0.02776313	0.15856019

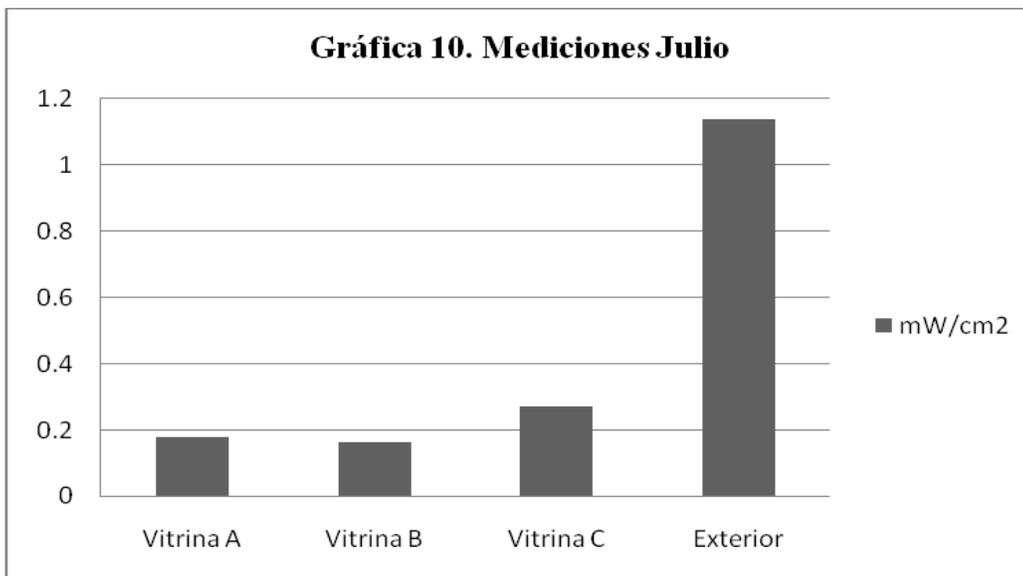


Tabla 9. Promedios de las lecturas durante el mes de Agosto.

Mediciones Agosto	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.107	0.1195	0.1355	0.892
	0.126065	0.117525	0.1937	0.941
	0.2028	0.236525	0.31755	1.6435
	0.1639	0.15525	0.33455	1.0502
	0.218125	0.38225	0.219275	1.3062
Promedios semanales	0.163578	0.20221	0.240115	1.16658
Desvest	0.047754946	0.111590385	0.08433135	0.31095468
Varianza	0.002280535	0.012452414	0.007111178	0.09669281

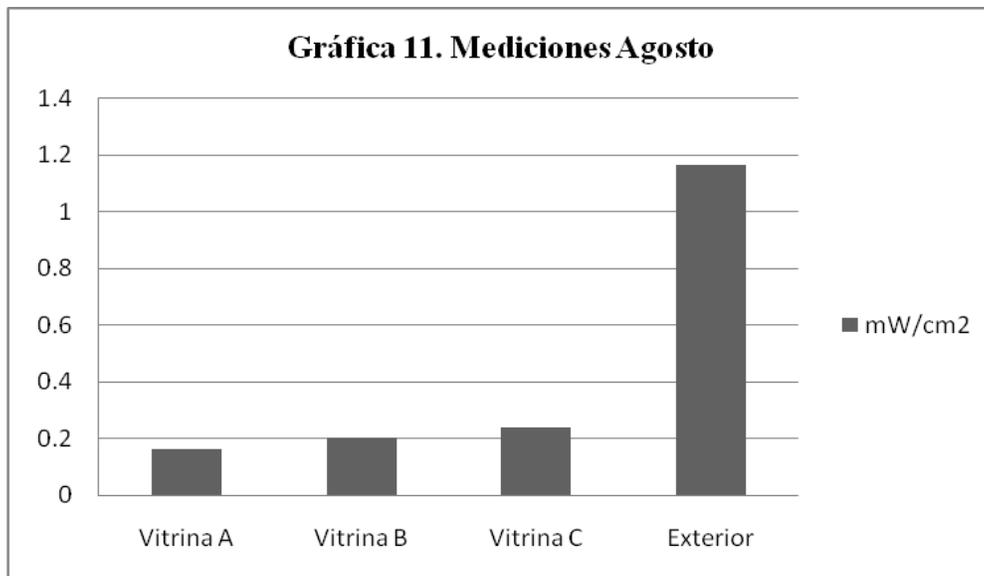
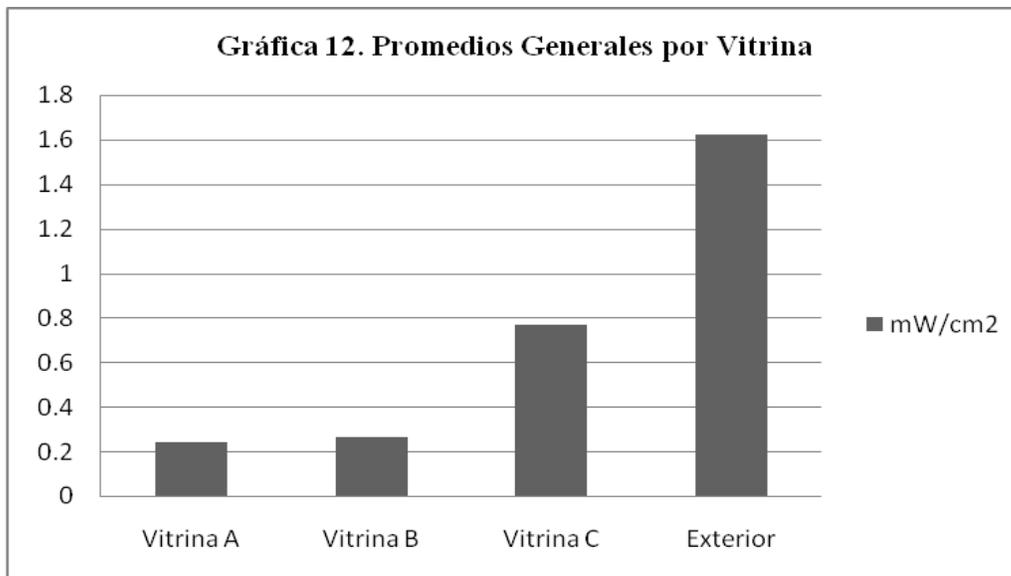


Tabla 10. Promedios Generales por Vitrina

Mediciones	Vitrina A	Vitrina B	Vitrina C	Exterior
	0.18261	0.28513	1.53917	2.26432
	0.260975	0.29401	0.56876	1.31668
	0.35133	0.323905	0.701195	1.76864
	0.1777313	0.1624163	0.2704688	1.1395
	0.2431616	0.2663653	0.7698984	1.622285
Promedio	0.2431616	0.2663653	0.7698984	1.622285
Desvest	0.0706494	0.0617101	0.4707403	0.4359199
Varianza	0.0049913	0.0038081	0.2215964	0.1900261



A continuación se presenta el análisis de varianza, respecto a los promedios de las lecturas obtenidas durante los meses de abril a agosto, el propósito de este análisis estadístico es a través del cálculo de F, en donde se acepta o rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) que establece que estadísticamente no existe una diferencia entre las medias obtenidas por vitrina; o la Hipótesis verdadera ( $H_A$ ) que establece que si existe una diferencia entre las medias.

Tabla 11. Análisis de varianza de un factor

En la tabla se muestran las diferencias entre los promedios de las vitrinas A, B y C.

RESUMEN				
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Vitrina A	5	1.215807813	0.243161563	0.004991
Vitrina B	5	1.331826563	0.266365313	0.003808
Vitrina C	5	3.849492188	0.769898438	0.221596

En el análisis de varianza muestra como el valor de F es mayor que el valor crítico de F.

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	0.885892929	2	0.442946465	5.767635	0.01757002	3.885293835
Dentro de los grupos	0.921583495	12	0.076798625			
Total	1.807476425	14				

## VIII. DISCUSIÓN

La nutrición juega un papel muy importante en la salud y bienestar de los titis, ya que esta, junto con otros elementos relacionados con la medicina preventiva, nos permitirá tener animales sanos. Por lo cual es necesario proveer una dieta que nos brinde los requerimientos nutricionales necesarios para el buen mantenimiento de los ejemplares.

Sin embargo, al realizar el estudio de la dieta ofrecida a los titis en el zoológico San Juan de Aragón, nos damos cuenta que esta, es a base de fruta fresca exclusivamente, por lo cual se les trata únicamente como frugívoros, y no se ofrece ninguna otra clase de alimento como, insectos, semillas o néctares, para complementarla, y además no existen variaciones importantes en los ingredientes de la dieta ofrecida durante el año. La literatura menciona que las dietas deben incluir al menos un 50% de alimento nutricionalmente completo (pellets comerciales para primates del Nuevo Mundo) y el porcentaje restante puede estar compuesto por frutas, vegetales, y productos animales como caracoles, lagartijas, ranas, huevos de aves, pichones, y mamíferos lactantes; y que así como las dietas silvestres son variadas, en cautividad también deben ser variadas para proporcionar una estimulación sensorial que promueva la búsqueda del alimento y alimentación naturales. (Crissey et al., 2003)

En estado silvestre los primates aprovechan fuentes alimenticias variadas. La mayoría incluyen fruta en su dieta para obtener carbohidratos fácilmente digeribles y lípidos como fuente de energía. Sin embargo, requieren otros alimentos, como hojas o insectos, para obtener aminoácidos, vitaminas y minerales. Los titis en estado salvaje se alimentan de insectos, frutos, hojas y resinas, como la mayoría de los primates, también incluyen en su dieta semillas, flores, hongos, néctar y pequeños vertebrados, por tanto se les clasifica como frugívoros e insectívoros, sin embargo, debido a que esta familia presenta modificaciones en el aparato gastrointestinal, les permite llevar una dieta omnívora, (Mayor & López 2012), presentan un desarrollo en el ciego lo cual les ayuda a incrementar el tiempo de digestión de celulosa que puedan consumir en el alimento (Garber 1992).

Por lo cual es importante que en los primates mantenidos en cautiverio se implemente un sistema de alimentación variado, que incluya fuentes de proteína animal y vegetal, pero que a su vez este balanceado para así asegurarse de estar cumpliendo con los hábitos y con los requerimientos necesarios.

La variación de la dieta en libertad se debe a la disponibilidad del alimento por la época del año. Ramirez (1977) observó que pueden pasar el 33% de su tiempo buscando insectos. Garber (1992) menciona que la estrategia primaria de alimentación de los titis es a base de insectos. Todos los titíes y tamarinos consumen cantidades significativas de insectos, los cuales son una buena fuente de proteína y lípidos, pero limitados en cuanto a sus aportes de calcio ya que no cubren los requerimientos necesarios de los titis en cuanto a este mineral. Los titis en su medio natural pasan gran parte del tiempo alimentándose de invertebrados, por es frecuente que en cautiverio se estimule esta conducta alimenticia, ofreciendo algunos insectos como tenebrios, grillos, saltamontes, sofobas, entre otros, que además de complementar su dieta, son un tipo de enriquecimiento de la conducta para ellos, conforme a lo reportado por (Kleiman et al. 1988; Snowdon y Soini 1988; Soini 1988; Stevenson y Rylands 1988).

Los ingredientes que componen la dieta son pesados en el almacén del zoológico, sin embargo la dieta no suele ser pesada antes de ingresar a las vitrinas, al realizar el pesado diario de la dieta se observó que no hay una variación entre el peso de la dieta ofrecida un día con respecto al ofrecido los demás días. Se les ofrece una dieta con los mismos ingredientes y al parecer, en cantidades similares día con día, sin embargo debería considerarse el realizar el pesado de los ingredientes al ofrecerse, ya que por el poco peso vivo de los ejemplares, cualquier variación en cuanto al contenido de la dieta pudiera ser de consecuencias graves para ellos. En este sentido, se pudo observar que las variaciones entre el consumo y el desperdicio, se debe a que en las vitrinas A y B se ofrece una mayor cantidad de la dieta ya que hay que recordar que en estas existen ejemplares de loros, iguanas, tucanes y tortugas que también consumen la misma dieta que los titis, por lo cual el técnico zootecnista aumenta la ración en dichas vitrinas.

El desperdicio es mayor en la vitrina A, y menor en la B; esto puede explicarse por el consumo propio de cada individuo, ya que como se explicó anteriormente, es gran parte de la ración diaria es ofrecida en platos pero una pequeña proporción se coloca entre las ramas de los árboles, como ocurre en la vitrina A por lo cual, en esta, solo se expresaron los resultados de la fruta que era colocada en las ramas de los arboles, posiblemente por su conducta arbórea se observó que los titis consumían casi exclusivamente esas frutas y no así la fruta que se ofrece en los platos, la cuál es consumida casi en su totalidad por las otras especies que ahí se albergan. Lo ideal sería tener en un albergue independiente para los titis que nos hubiera permitido obtener datos más precisos respecto al consumo, desperdicio y hábitos alimenticios de los titis.

Respecto a la vitrina B es más difícil determinar la cantidad que consume el titi que se alberga ahí ya que, al encontrarse con más especies se colocan tres platos y este no tiene un lugar específico para comer. Por lo cual su consumo no pudo ser medido de manera más precisa, lo que se realizó para el estudio de consumo fue tomar la muestra del sitio donde se observo que comía la mayoría de las veces.

La vitrina C, es la que se considera más representativa en cuanto al estudio nutricional y del consumo real, ya que en dicha vitrina únicamente se ofrece un plato con esta dieta, la cual es consumida únicamente por los tres tities que se albergan ahí. El plato con la dieta es colocado en el piso del albergue, a pesar de que los titis se encuentran la mayor parte del tiempo en las ramas y perchas de la vitrina, por lo cual para alimentarse bajan al plato y seleccionan trozos de fruta para volver a trepar a las ramas y consumirla.

Por lo observado anteriormente se recomienda colocar en las tres vitrinas que albergan a los titis frutas en las ramas de los árboles o bien adaptar platos que contengan la dieta así como pellets comerciales en lugares altos donde puedan obtener su alimento como ocurre en vida silvestre y al mismo tiempo estimular su conducta arborícola.

No obstante a la presencia de otros ejemplares en las vitrinas, al analizar estos resultados se observa que el consumo en la vitrina A y en la C, es de 100gr/día por animal lo cual es concordante con la bibliografía donde indica un parámetro de consumo por individuo por día del 16 al 24% de su pesos vivo, que como se menciona es de 500 a 600 grs. en promedio (Crissey et al., 2003). En cuanto al desperdicio que se presenta en estas vitrinas puede considerarse aceptable, es importante aclarar que en el zoológico este sobrante ya está contemplado, porque se ofrece una mayor cantidad para que dentro de las vitrinas el visitante siempre observe alimento.

Aunque existen pocos estudios que establecen algunos requerimientos nutricionales básicos para varias especies de callitrichidos, los requerimientos del NRC siguen siendo una fuente de información confiable de los requisitos nutrimentales para primates no humanos. Sin embargo, existen programas modernos por computadora que se actualizan continuamente como el Zoo nutrition y el Zootrition, los cuales manejan algunos zoológicos, brindando ayuda para poder ofrecer una dieta adecuada y balanceada para cada especie, sin embargo, estos programas consideran la utilización de valores nutricionales para los ingredientes de la dieta que son obtenidos de la literatura, y no de la realización de un examen bromatológico para conocer los aportes de cada ingrediente. Por lo que en este estudio se decidió realizar un AQP para poder obtener resultados más reales respecto al aporte nutricional de dicha dieta.

En este análisis de AQP practicado a la dieta ofrecida a los titis en el zoológico San Juan de Aragón, se observa que tiene una alta cantidad de humedad, debido a que la dieta es a base de fruta fresca, con la cual se aporta una gran cantidad de agua y por lo tanto muy poca materia seca, en relación con otras dietas comerciales para marmosetas, lo cual limita el aporte nutricional que dicha dieta pudiera ofrecer, ya que al realizar la comparación de estos aportes con los requerimientos de la literatura nos damos cuenta de que existen deficiencias importantes en la dieta ofrecida. Asimismo esto se observa si estos valores se comparan en la tabla donde se realizó la conversión de los resultados en base húmeda a base seca.

Por ejemplo, en el NRC (1978) se recomienda un 16% de proteína en base seca, lo cual no está siendo cubierto por la dieta ofrecida ya que esta solo aporta un 4.71% de proteína cruda en

base seca, esto puede no repercutir en problemas a corto plazo, sin embargo, un bajo aporte proteico resulta en la presencia de alteraciones en los valores bioquímicos y hematológicos (Knapka et al. 1995), como una disminución de la concentración total de proteína y albumina en suero, disminución de la concentración de aminoácidos en plasma, decremento en la concentración de transferrina, alteración en las concentraciones de hormonas y enzimas, citoquímica neural anormal y alteraciones patológicas severas en algunos órganos o bien algunos signos clínicos asociados como alopecia, anemia, edema, así mismo se impide la adecuada formación de anticuerpos lo cual afecta el sistema inmunológico produciendo problemas al momento de combatir una infección.<sup>29</sup>

La grasa es un ingrediente que nos aporta energía, sin embargo no tiene requerimientos específicos en la dieta, aunque se pueden requerir algunos ácidos grasos como el omega 3 y 6. Escajadillo et al.(1981) y Clapp y Tardif (1985), reportan 8.9% y 9.2% de contenido de grasa, como el necesario para el mantenimiento del mono tití cabeciblanco (*S. oedipus*) en cautiverio. La dieta ofrecida a los titis en el zoológico solamente tiene un aporte de 4.16% de grasa, con lo cual no se cubre el requerimiento establecido. Existen numerosos estudios donde se ha medido la media del suministro de energía diaria metabolizable (EM) ingerida por el titi cabeza de algodón (*S. oedipus oedipus*). Los requerimientos de energía para varias especies pueden estimarse a través de la comparación del contenido de calorías aportadas por la dieta empleando una ecuación general basada en la masa corporal, Kirkwood y Underwood (1984), propusieron una ecuación para calcular los requerimientos medios de EM inter específico:

$$(\text{Requerimiento de EM diario de mantenimiento}) = 405 \text{ kJ} \times (\text{Peso corporal en kg}) 0.75 + 0.047 (97 \text{ kcal} \times (\text{Peso corporal en kg}) 0.75).$$

Realizando la revisión de la literatura en cuanto a las Kcal que aportan los ingredientes de la dieta de los titis se encontró que esta aporta 261.94 Kcal, aplicando este dato a la fórmula establecida por Kirkwood y Underwood (1984) obtuvimos que dicha dieta está aportando un requerimiento de EM de 155.75 Kcal/Kg de masa corporal/día. El cual se encuentra dentro del rango establecido por Morin (1980) y Barnard et al. (1988): el cual es de 142-232 kcal / kg de masa corporal / día. Sin embargo, hay que recordar que las necesidades calóricas de grupos y/o distintas condiciones fisiológicas puede estimarse por la sumatoria de las necesidades

calóricas de cada individuo (Dierenfeld 2000). Por lo cual se recomienda que el zoológico realice los estudios de digestibilidad para tener mejores cálculos de los requerimientos de energía por individuo respecto a los titis que ahí se albergan para poder proporcionar una fuente de energía que cubra las necesidades de este requerimiento.

Se sabe que la dieta proporcionada a los titis no cubre adecuadamente los requerimientos que estos necesitan, por lo cual se requiere mejorar la calidad de la dieta en cuanto a grasa y proteína, esto se puede lograr agregando a la dieta ingredientes de mejor calidad o se pueden proporcionar pequeños vertebrados o insectos, los cuales se sabe que tienen un aporte proteico y grasa importantes para el mantenimiento de los titis. Es sabido que en el sotobosque y capas medias de la selva, los tities pueden consumir insectos (en especial ortópteros). Los insectos preferidos son saltamontes, arañas, y mariposas. Ramírez et al. observó que el tití pigmeo (*C. pygmaea*) pasó un 67% de su tiempo total de alimentación buscando exudados arbóreos (cualquiera de las sustancias secretadas a través de los poros de las plantas) y 33% del tiempo buscando insectos. Por otro lado los tamarinos emperadores (*Saguinus imperator*) son principalmente frugívoros e insectívoros siendo los saltamontes sus favoritos. Sin embargo estas preferencias varían de acuerdo al género de primate del cual se trate ya que algunos suelen ser más frugívoros y otros más insectívoros.

En cuanto a las vitaminas, la literatura refiere que para primates no humanos las necesidades de vitamina D<sub>3</sub> es de 110 UI/100 gr de masa corporal/día es decir, 1.1UI/gr (Takahashi et al.). El NRC (1978) marca 2.22 UI/gr pero al efectuar la revisión de los aportes nutricionales de los ingredientes que conforman dicha dieta, encontramos que tienen un aporte muy bajo de vitamina D, lo cual influye de manera negativa para los tities ya que este es un factor más para la presentación de la enfermedad ósea metabólica.

En cuanto a los resultados obtenidos en sangre respecto a la concentración de Vitamina D, la literatura no marca una concentración específica en suero sanguíneo para la vitamina D, pero encontramos valores normales de hasta 600ng/ml, Power et al. (1997) encontraron que los valores séricos de 25-OH-D de 50-120ng/ml parecían ser normales para *S. oedipus* silvestres, lo cual nos indicaría que los titis del zoológico San Juan de Aragón tienen valores normales de vitamina D aunque sus concentraciones sean entre 100 y 250 ng/ml, sin embargo llama la

atención el Titi manos rojas (*Saguinus midas*) sin número de identificación, que tiene una concentración de 53 ng/ml, el cual se encuentra muy próximo al nivel mínimo de concentración que marca los 20ng/ml como el punto donde se pueden presentar signos de enfermedad ósea metabólica (Fowler and Miller 1999). Ya que estudios en *C. jacchus* indicaban una alta probabilidad de enfermedad aguda del hueso en animales con valores séricos por debajo de 20ng/ml, y debido a que los callitricidos parecen ser relativamente resistentes a la toxicidad de la vitamina D, Power y sus colegas concluyeron que, hasta que otros estudios se lleven a cabo, es probablemente más seguro considerar 50ng/ml como el límite inferior de las concentraciones séricas de 25-OH-D. Por debajo de este nivel, debe considerarse la posibilidad de deficiencia en vitamina D<sub>3</sub>.

Sin embargo, el hecho de que a pesar de que en la dieta no se aporte ni se suplemente con vitamina D<sub>3</sub> y los niveles séricos se encuentren dentro de valores normales esto puede explicarse con el hecho de que aunque pequeñas cantidades del precursor para la síntesis de 1,25 (OH)<sub>2</sub>-D<sub>3</sub> están presentes en los alimentos, la mayor parte del precursor para la síntesis se produce en la capa epidérmica de Malpigi a partir de 7-dehidrocolesterol en una reacción de fotólisis no enzimática con luz ultravioleta, este grado de conversión es directamente proporcional a la intensidad de la exposición e inversamente proporcional al grado de pigmentación en la piel. Pero se sabe que los primates del nuevo mundo son deficientes en la conversión de vitamina D<sub>3</sub>, por lo que estando en cautiverio debe suplementarse la vitamina D en forma de vitamina D<sub>3</sub>, en vida silvestre la obtienen de la reacción entre el 7-dehidrocolesterol y los rayos UVB.

La absorción intestinal deficiente de Ca en la deficiencia de vitamina D produce con frecuencia hipocalcemia y debido a la deficiencia de calcio no se mineraliza la proteína del hueso nuevo; el resultado en individuos jóvenes es la enfermedad llamada raquitismo y en adultos osteomalacia (Ganong 1998). Los mecanismos hormonales y vitamínicos reguladores del crecimiento óseo se encuentran estrechamente relacionados con el metabolismo del calcio y fósforo, especialmente con la absorción y la eliminación de éstos. La paratohormona segregada por la paratiroides y la calcitonina, juegan un papel fundamental en la fijación y resorción mineral del hueso.

La relación entre calcio y fósforo es de 2:1, y si falta calcio en la dieta, el cuerpo lo obtiene extrayéndolo de los huesos. Así los huesos se descalcifican y pueden sufrir fracturas o bien el tejido óseo faltante se reemplaza por un tejido fibroso que intenta restaurar los huesos sin calcio, provocando una osteodistrofia fibrosa.

Normalmente el calcio se obtiene de la dieta, pero además se necesita Vitamina D<sub>3</sub> para que el cuerpo lo absorba correctamente. Y para sintetizar esta vitamina los animales deben recibir radiación UVB/UVA.

Al realizar la evaluación del aporte nutricional de la dieta de los titis, en el AQP también se evaluaron los aportes de los minerales, en este caso los de mayor importancia para esta tesis, son el Calcio y el Fósforo.

Los minerales son elementos importantes para el correcto funcionamiento del metabolismo, por lo cual es importante examinar las proporciones de los minerales entre los que se debe mantener un equilibrio; tal es el caso del calcio y fósforo que se necesitan en proporciones de entre 1:1 y 2:1. (Allen y Oftedal, 1996). El NRC (2003) recomienda en general para primates no humanos con dietas que contengan ingredientes alimenticios convencionales, concentraciones de Ca y P de 0.8% y 0.6%, respectivamente en la materia seca en la dieta. Si este valor lo tomamos como base para analizar los resultados del AQP realizado a la dieta de los titis donde se obtuvo 0.52%, podemos decir que este porcentaje está por debajo del requerimiento marcado, en cuanto al fósforo es importante puntualizar que no hubo detección de este en la dieta; esta relación desequilibrada entre estos, calcio:fósforo puede llevar a una pobre absorción de ambos minerales y esto se debe a que la dieta es a base de frutas. Aunque también existen una serie de gomas arbóreas, las cuales contienen cantidades significativas de calcio, y que pueden ser importantes fuentes de este nutriente, especialmente para titíes silvestres. Considerando que los callitricidos tienen la capacidad de partos gemelares, se puede administrar en el alimento un suplemento de calcio, ya que este es importante para el adecuado desarrollo de la gestación. De hecho, la especie de *C. jacchus* en cautividad es capaz de distinguir entre agua sola y una solución de lactato de calcio, bebiendo una mayor cantidad de la solución con calcio (Power et al., 1999). Por lo tanto si un individuo está deficiente en

calcio consumirá la solución de lactato de calcio. Por otro lado en cuanto a que no existió detección de fósforo en el AQP de la dieta, esto puede explicarse debido a que los ingredientes que la conforman de acuerdo a tablas consultadas, contienen cantidades muy bajas de este mineral por lo cual se supone este no fue detectado en el análisis y queda evidenciado un desbalance de dichos minerales en la dieta, que aunado a un bajo aporte de vitamina D, puede estar predisponiendo a problemas futuros de enfermedad ósea metabólica, ya que como se menciona en el historial clínico de los titis, ya se han presentado algunos casos en el zoológico San Juan de Aragón que pueden ser sugerentes de enfermedad ósea metabólica ya que coinciden con algunos signos, los cuales fueron; trastornos neurodistróficos, relacionados con arrastre de miembro posterior, el cual se presentó en dos individuos que al final mejoraron con aplicación de calcitonina, así mismo se presentó un caso de una fractura de fémur.

La enfermedad ósea metabólica en primates mantenidos en cautiverio, es comúnmente la consecuencia de una falla en la dieta, o una exposición insuficiente al sol o a fuentes de luz ultravioleta (UVB), o bien se relaciona con fases finales de enfermedad renal. Los signos clínicos relacionados con esta enfermedad involucran no solo a los huesos sino también al sistema muscular, hay incapacidad para saltar, fracturas patológicas, lesiones vertebrales y compresión de la médula espinal (Robbins 2000), si estos signos los relacionamos con los que se han presentado en los titis del zoológico, además de los otros factores relacionados con la dieta y con la poca exposición solar UVB, nos sugiere que si se trata de un problema relacionado con enfermedad ósea metabólica.

Debido a que la vitamina D<sub>3</sub> se forma en la piel de la mayoría de los vertebrados (incluyendo los primates) con la irradiación de luz ultravioleta de longitud de onda de 290-315nm (UV-B) (Allen y Oftedal, 1996; Power et al, 1997). Es importante que dentro de los albergues se provea de fuentes de luz UVB, sin embargo la mayoría de cristales impiden el paso de la luz con longitudes de onda por debajo de 330nm (Ullrey, 1986). Por lo tanto, a menudo la mayoría de los primates en cautividad no tienen, o tienen una insuficiente, exposición a la luz natural con UV-B, en cuyo caso la vitamina D<sub>3</sub> tiene que ser suministrada a través de la dieta o los animales deben estar expuestos a fuentes artificiales de luz UV-B. A modo de ejemplo, el Comité de Gestión del tití león dorado (1996) recomienda, para los animales con un acceso

insuficiente a la luz natural con UV-B, una exposición a luz artificial con UV-B (290-315nm) de entre 30 y 60 minutos. Las luces se deben colgar entre 1 y 2 m por encima de los mejores lugares de descanso tales como ramas o cajas nido, pero no al alcance de los animales, dependiendo del clima y la instalación, la exposición extraordinaria a UV-B puede ser solo necesaria durante el invierno.

Estos datos nos llevan a sugerir que debido a que los albergues del zoológico San Juan de Aragón están contruidos con vidrio, el cual es un material que no permite la absorción de los UVB, podría implementarse un sistema de luz artificial que provea de este tipo de luz, sobre todo para épocas en que debido a las lluvias o días nublados no se abren los domos impidiendo así el asoleo de los animales durante esos días.

Respecto a la toma de las lecturas de la radiación es importante resaltar que el radiómetro con el cual se tomaron las lecturas tiene un rango de 290 nm a 390 nm, sin embargo las unidades en que estas son expresadas corresponden a  $\text{mW}/\text{cm}^2$ , ya que en la práctica la cantidad de nanómetros no es medible, solo es un rango que sirve para dividir los distintos tipos de rayos UV que existen, dentro del espectro electromagnético. Hay que recordar que para lograr detectar la cantidad de rayos UV que puede ser medida en un determinado lugar y en un determinado instante se emplea la irradiancia.

En el presente estudio, las mediciones obtenidas se encontraron dentro del rango de los 290 a 390 nm, que incluye el rango de UVB reportado en la literatura para la síntesis de vitamina D, de 290 a 315nm (Fowler and Miller 1999). Sin embargo, se observa conforme a los resultados que del 100% de la irradiación detectada en el exterior, solo un pequeño porcentaje, menor al 40%, es absorbido al interior de los albergues, lo cual puede estar relacionado con diversos factores como la ubicación del albergue, los materiales, la decoración y barreras físicas naturales que hay alrededor del mismo. Hay que recordar que las ventanas de los exhibidores son de vidrio y este material no permite el paso de los rayos UVB (Fowler and Miller 1999), así como tampoco los domos de acrílico que pueden ser una barrera que no permite una adecuada absorción de los rayos al interior de las vitrinas, ya que como lo reporta (Fowler and Miller 1999), el tipo de acrílico hace variar la transmisión de UVB al interior de los albergues como es el caso del New Plexiglas UVT de 0.25 pulgadas de grosor

que permite el paso luz de 295 a 300 nm en un 57% y 70% de luz respectivamente. En el Zoológico de San Diego se reportó que después de dos años de uso la transmisión de luz declinó en un 24% y 35% respectivamente en comparación con los valores iniciales. El New Polycast SUVT de 0.25 pulgadas de espesor transmite longitudes de ondas superiores al 74% y 81% respectivamente, después de dos años de uso la transmisión de luz disminuyó a un 52% y 59% en comparación con el New Plexiglas. Un nuevo acrílico reformulado, Solacryl SUVT, de 0.25 pulgadas, se reportó que transmite luz de 295 a 300nm en un 85%, después de 1000 hrs de uso en camas de bronceado el paso de luz UVB disminuyó un 7%. Solacryl ha sido utilizado durante la remodelación de albergues animales en instituciones como el Zoológico de San Diego y el de Toledo. Por lo cual se puede sugerir el cambio de los exhibidores de vidrio por otro tipo de material como lo es el acrílico polimerizado Solacryl el cual es utilizado con buenos resultados en zoológicos de Estados Unidos. por lo tanto se puede recomendar el uso del Solacryl respecto a los otros acrílicos por permitir este en un mayor porcentaje el paso de los rayos UVB. (Fowler and Miller 1999)

Por otro lado por fuera del albergue la localización de árboles y láminas de pvc que se encuentran ahí como parte de la decoración, actúan como barreras que impiden el paso de la luz solar. Además debemos tener en cuenta que hay factores ambientales como la presencia de nubosidad, el viento o lluvia que también alteran las mediciones,(Garber 1992)<sup>35</sup> haciéndolas variar, ya que estos factores medioambientales actúan desviando o absorbiendo parte de la cantidad de luz total que es recibida directamente desde el sol, por lo cual una medición que es captada en un instante dado al cabo de segundos disminuye drásticamente por la presencia de estos factores.

Lo anterior puede ser evidenciado ya que analizando la tabla 10 de los promedios generales por vitrina de las lecturas de radiación, podemos observar que dentro de la vitrina C es donde se localizan las mediciones más altas de UVB mientras que en la A están las más bajas, y las de la B solo se encuentran ligeramente por encima de las de la vitrina A; al efectuarse el análisis de varianza en la tabla 11, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, la cual indica que si existe diferencia entre las medias poblacionales. Sin embargo al encontrar que los promedios de las vitrina A y B son muy cercanos entre si se realizó la prueba de T de

student de comparación por parejas, en donde se probó que no existe una diferencia estadística entre las medias de dichas vitrinas.

Estas diferencias respecto a los promedios se debe en gran medida a la decoración del lugar, ya que frente a la vitrina A y B se localizan unas láminas que actúan como barrera impidiendo el paso de la luz solar, así como unos árboles que se localizan justo al lado de la vitrina A y no permiten la entrada directa de los rayos UVB por los domos. En tanto que la vitrina C, es en donde primero penetra la luz solar esto debido a la orientación del albergue y a la estación del año en que se tomaron las mediciones, la cual fue primavera-verano, lo cual permitió la entrada del sol por más horas que en las otras vitrinas, ya que cuando se llevo a cabo el estudio preliminar a la toma de lecturas para elegir el rango de horas entre el cual se tomarían dichas mediciones, en base al asoleo de los titis, se observo que alrededor de las 8:00 hrs empieza a entrar el sol en la vitrina C mientras que en la A y B ocurre alrededor de las 8:30 a 9:00 hrs, y que en estas permanece solo hasta alrededor de las 11:00 a 11:30, mientras que en la C hay entrada de luz solar hasta alrededor de las 13:00 hrs aproximadamente. Y aunque en la literatura se marca un rango de entre 30 a 60 minutos de asoleo como el necesario para sintetizar la vitamina D, debemos recordar que esta luz que se absorbe al interior de los albergues solo corresponde a un pequeño porcentaje del que encuentra en el exterior. Por lo cual podemos decir que la exposición a la luz UVB está siendo insuficiente. Por lo tanto como se sugirió anteriormente habría que sustituir los vidrios por el acrílico que permite el paso de los rayos UVB.

También podemos observar que en los meses de abril, mayo y junio es donde se encuentran las mediciones más altas, al contrario de los meses de julio y agosto donde las lecturas son menores, debido a que las estaciones del año también influyen en la cantidad de radiación que atraviesa la atmósfera y que es detectada, ya que en primavera es cuando hay un aumento en la radiación debido a que hay menor nubosidad y el cielo se encuentra más despejado, al contrario del verano u otoño que son las épocas en las que el cielo se encuentra con mayor nubosidad y la presencia de lluvias alteran las lecturas, siendo estas más bajas (Garber 1992).

Todos estos factores anteriores, que actúan de manera directa e indirecta, como una barrera entre la luz UVB y los animales dentro del albergue, actúan como un factor predisponente en

la presentación de signos de la enfermedad ósea metabólica, ya que al no haber una buena absorción de luz UVB, no es posible una adecuada conversión de vitamina D, esencial para el crecimiento y desarrollo normal de los huesos, así como para el mantenimiento del tejido óseo maduro (Power et al., 1997).

Por tanto los titis al ser alimentados únicamente con una dieta a base de fruta y sin suplementos de vitamina D<sub>3</sub>, como se mencionó anteriormente, aunado a la poca radiación UVB que se presenta al interior de los albergues y el desbalance entre el calcio y fósforo es muy posible que comiencen a presentarse mas signos de enfermedad ósea metabólica, como los hallados hasta ahora; motivo por el que en el caso de los titis del zoológico San Juan de Aragón podría estarse a tiempo de revertir estos efectos si se mejorara la dieta incluyendo otros ingredientes que mejoren la calidad nutricional de la ración ofrecida, o bien, establecer un adecuado sistema para que los titis reciban cantidades adecuadas de luz UVB, ya que de no llevarse a cabo estas acciones se requerirían medidas más complejas como la suplementación con calcio y/o vitamina D intraparenteral.

## IX. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

I. La dieta de los titis no cubre adecuadamente los requerimientos nutricionales reportados para la especie, es carente en cuanto a los aportes necesarios de proteína, calcio, fosforo y principalmente Vitamina D<sub>3</sub>, requerimiento esencial para esta familia de Callitricidos; por lo cual se sugiere incluir ingredientes como pellets de alimento balanceado e insectos que incrementen el contenido proteico, grasas y vitamina D<sub>3</sub> a la dieta, así como corregir el desbalance mineral de Ca y P.

II. Es necesario cambiar la forma de alimentación y el sitio en que se ofrece la dieta, se recomienda colocar en las tres vitrinas que albergan a los titis, frutas en las ramas de los árboles o bien adaptar platos de acero inoxidable que contengan la dieta y pellets comerciales en lugares altos que les permita estimular su conducta arborícola como ocurre en vida silvestre y así mismo evitar el consumo de dicha dieta por parte de las otras especies ahí albergadas.

III. En las mediciones tomadas puede notarse que, la cantidad de luz solar que es absorbida dentro de los albergues (irradiancia), es baja sobre todo en la vitrina A y B, respecto a la cantidad que es captada en el exterior, lo cual se asocia a los materiales del albergue y a la disposición de las barreras naturales que no permiten la entrada directa del sol, produciendo que la cantidad de luz solar no sea la adecuada para la síntesis de vitamina D. Por lo que se sugiere el reemplazo de estos materiales por acrílicos polimerizados, o bien implementando un sistema de luz artificial en el interior del albergue que provea de suficiente cantidad de rayos UVB.

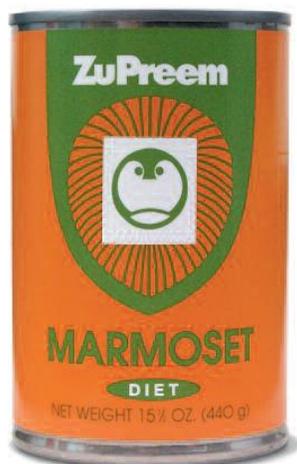
IV. Aunque en la vitrina C la cantidad de luz absorbida en promedio es más alta que en las otras vitrinas, es de resaltar que los titis que allí habitan (*S. midas*) fueron los que tuvieron menor concentración de vitamina D<sub>3</sub> en sangre, lo que se asocia al comportamiento de asoleo que tiene esta especie, ya que en un estudio llevado a cabo previamente a la toma de mediciones de radiación solar, esta especie es la que pasa menor tiempo asoleándose respecto a las otras 2 especies que se encuentran dentro de los albergues, ya que estas últimas a pesar de tener menor entrada de luz solar dedican mayor tiempo a asolearse, mientras que los *S. midas* tienen un comportamiento más activo y un instinto de curiosidad más desarrollado por lo cual interrumpen el asoleo.

V. El presente estudio deja evidencia de que todos los factores asociados a la presentación de enfermedad ósea metabólica, como son la falta o insuficiente exposición de luz UVB, así como el deficiente aporte de vitamina D<sub>3</sub> y el desbalance entre Ca y P en la dieta, se están presentando en la población de titis del Zoológico San Juan de Aragón.

## X. ANEXOS

### ANEXO 1

#### Dietas Comerciales para Marmosetas.



#### Marmoset Diet. Conservas

ZuPreem ® Tití Dieta Conservas está formulado para ser administrado como la dieta principal de los Titis y Tamarinos. El suplemento de vitamina C, es semejante a una sección de una naranja por animal por semana.

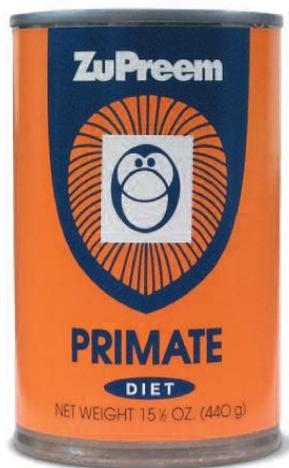
Si es alimentado con algún otro suplemento se puede diluir el contenido de los nutrientes, y alterar el equilibrio de la dieta. Otros primates, no deben ser alimentados con esta dieta debido a su alto contenido de vitamina D3.

ZuPreem Tití Dieta Conservas de libre elección, se sugiere la cantidad de 1 a 2 oz del sustento diario. El consumo de alimentos puede variar entre los animales. La alimentación ayuda a alcanzar una masa corporal óptima sin la delgadez o la obesidad.

#### Análisis garantizado

Proteína bruta mín.	8,5%
Grasa bruta mín.	2,5%
Fibra cruda máx.	1,5%
Humedad Max.	61,0%
Cenizas máx.	3,0%
Calcio mín.	0,2%
Fósforo mín.	0,2%

Vitamina D3 I.U. por libra, no menos de 4.000



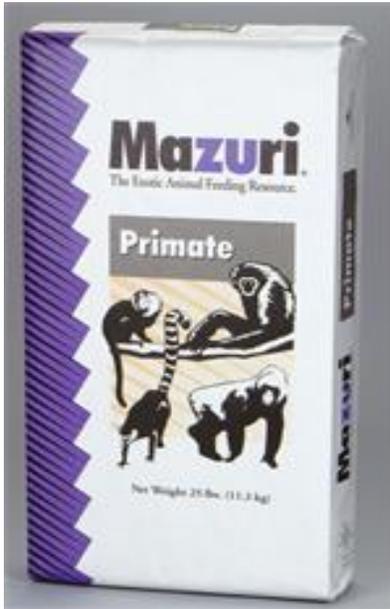
### Primate Diet. Conservas

ZuPreem® Primate Diet Conservas está formulado para ser administrado como la única dieta para los monos del viejo y del Nuevo Mundo, los grandes simios y otros primates. Una alimentación complementaria con fuente de vitamina C, tales como una sección de una naranja por semana para cada animal.

Cualquier otro suplemento puede diluir el contenido de nutrientes y podría alterar el equilibrio de esta dieta. Debido a los perfiles de nutrientes complementarios, la dieta en lata puede ser mezclado con ZuPreem Primate dieta seca.

### Análisis garantizado

Proteína bruta mín.	8,5%
Grasa bruta mín.	2,5%
Fibra cruda máx.	1,5%
Humedad Max.	61,0%
Cenizas máx.	3,2%
Calcio mín.	0,2%
Fósforo mín.	0,2%
Vitamina D3 mín. I.U. por libra	400



Mazuri ® Sin gluten Callitrichid Diet

Mazuri ® Callitrichid. Es una dieta aceptable diseñada para soportar una variedad de regímenes de alimentación.

Características y Beneficios

Polvo Conveniente - se mezcla con agua caliente para formar un sabroso producto húmedo suave.

Fórmula libre de gluten - Para los animales con intolerancia al gluten asociada a problemas gastrointestinales.

Contiene fibra soluble - pectina, inulina y goma árabe.

Contiene vitamina C estabilizada - Más vida útil.

Contiene vitamina E natural - Forma altamente disponible de vitamina E.

Dieta Apetecible - Soporta la alimentación con otros alimentos.

Cumple con todas las recomendaciones del NRC de vitaminas y minerales para primates no-humanos

Polvo

Análisis garantizado

Proteína bruta no inferior..... 21,0%

Grasa cruda no menos de..... 7,0%

Fibra cruda, no más de..... 15,0%

Nutrientes	seco	reconstituido
Proteínas, %.....	22,0	8,8
Arginina, %.....	1,45	0,58
Cistina, %.....	0,20	0,08
Glicina, %.....	1,80	0,72
Histidina, %.....	0,49	0,19

Isoleucina, %.....	1,13	0,45
Leucina, %.....	1,63	0,65
Lisina, %.....	1,42	0,57
Metionina, %.....	0,47	0,19
Fenilalanina, %.....	0,98	0,39
Tirosina, %.....	0,70	0,28
Treonina, %.....	0,84	0,33
El triptófano, %.....	0,29	0,11
Valina, %.....	1,24	0,49

Grasa, %.....	9,1	3,6
Omega-3%.....	0,50	0,20
Omega-6%.....	4,29	1,71

Fibra (bruta), %.....	13,9	5,5
Fibra detergente neutro, %.....	13,1	5,2
Fibra detergente ácido, %.....	10,9	4,3
Almidón, %.....	18,2	7,3

Energía metabolizable, kcal/kg	3,450	1.370
-----------------------------------	-------	-------

#### MINERALES

Ceniza, %.....	5,6	2,2
Calcio, %.....	1,23	0,49
Fósforo, %.....	0,82	0,32
Potasio%.....	0,73	0,29
Magnesio,%.....	0,14	0,05
Sodio,%.....	0,35	0,14
Cloro,%.....	0,51	0,20
Azufre,%.....	0,20	0,08

Hierro,ppm.....	104	41
Zinc,ppm.....	81	32
Manganeso,ppm.....	70	28
Cobre,ppm.....	21	8
Yodo,ppm.....	1,02	0,41
Selenio,ppm.....	0,29	0,12
Cobalto,ppm.....	0,46	0,18

#### VITAMINAS

Tiamina,ppm.....	8,0	3,2	Vitamina A, IU/kg.....	9,400	3750
Riboflavina,ppm.....	9,0	3,6	Vitamina D3 (añadido),IU/kg....	8,000	3200
Niacina,ppm.....	39	15	VitaminaE,IU/kg.....	290	116
Ácido pantoténico,ppm.....	24	9,9	Vitamina K (menadiona),.....	1,0 ppm	0,40
Colina,ppm.....	200	480	Vitamina B12, mcg/kg.....	40	16
Ácido fólico,ppm.....	6,8	2,7			
Piridoxina,ppm.....	8,1	3,2			
Biotina,ppm.....	0,26	0,10			

#### Mazuri® New World Primate

Mazuri ® monos del Nuevo Mundo es de un alto valor nutritivo, especialmente formulado para las pequeñas especies de monos del Nuevo Mundo en todas las etapas de la vida.

#### Características y Beneficios

- Contiene vitamina C estabilizada - Permite una mayor vida útil.
- No contiene sacarosa - Ayuda a reducir los problemas dentales.
- Contiene DentaGuard - probada en ensayos de investigación para reducir la formación de cálculos dentales.

- Diseñado para proporcionar todos los nutrientes clave
- Utiliza una variedad de proteínas - Garantiza el suministro adecuado de nutrientes.
- Formulado para ser utilizado como parte de cualquier programa de los primates.

#### Análisis garantizado

Proteína bruta no inferior.....	22,0%
Grasa cruda no menos de.....	9,0%
Fibra cruda, no más de.....	4,0%

#### NUTRIENTES

Proteínas, %.....	23,7	Fibra detergente neutro.....	12,5%
Arginina, %.....	1,33	Fibra detergente ácido, %.....	4,6
Cistina, %.....	0,35	Almidón, %.....	22,1
Glicina, %.....	0,82	Glucosa, %.....	0,11
Histidina,% .....	0,57	Fructosa, %.....	5,1
Isoleucina, %.....	1,22	Sacarosa, %.....	1,0
Leucina, %.....	2,11		
Lisina, %.....	1,30	Energía Metabolizable, kcal/kg.....	2,960
Metionina,.....	0,55%		
Fenilalanina.....	1,16%		
Tirosina, %.....	0,82		
Treonina, %.....	0,93		
Triptófano, %.....	0,28		
Valina, %.....	1,28		
Taurina, %.....	0,14		
Grasa, %.....	11,5		
Omega-3 Fatty Acids, %.....	0,66		
Omega-6 Ácidos Grasos %.....	4,9		
Fibra (bruta), %.....	3,8		

#### MINERALES

ceniza %.....	6,1
Calcio, %.....	1,25
Fósforo, %.....	0,80
Fósforo (no fitato), %.....	0,54
Potasio, %.....	0,92
Magnesio, %.....	0,19
De sodio, %.....	0,38
Cloruro, %.....	0,23
Azufre, %.....	0,27
Hierro, ppm .....	205

Zinc, ppm .....	175
Manganeso, ppm .....	125
Cobre, ppm .....	36
Yodo, ppm .....	2,3
Selenio, ppm .....	0,55
Cobalto, ppm .....	0,75

#### VITAMINAS

Tiamina, ppm.....	17
Riboflavina, ppm .....	14
Niacina, ppm .....	110
Ácido pantoténico, ppm .....	70
Colina, ppm .....	1.800
Ácido fólico, ppm .....	41
Piridoxina, ppm .....	16
Biotina, ppm .....	0,42
Vitamina B12, mcg / kg .....	69
Ácido ascórbico, ppm .....	995
Vitamina A, IU / kg .....	19.950
Vitamina D3 (añadido), IU / kg...	7.650
Vitamina E, IU / kg .....	300
Vitamina K (menadiona), ppm...	3,2

## Mazuri Marmoset Jelly

### Descripción

Mazuri Tití Jelly ® es un polvo con sabor seco que se mezcla con agua caliente y se enfría al restablecer. Es una proteína de alta energía que proporciona la mayoría de los nutrientes diarios en una forma aceptable para el animal. Es útil en el síndrome de emaciación del Tití, inapetencia o de las condiciones en que está retrasando la recuperación.

Este producto ha sido bien aceptado por los otros primates, y puede ser usado sobre una base limitada para alimentar a animales estresados, o como un regalo. La aceptación de cada animal puede variar.

### Características y Beneficios

- Alto contenido de proteínas, alimentos de alta energía ofreciendo altos niveles de nutrientes.
- Altamente aceptable.
- Fácil de preparar.
- Contiene DentaGuard - probada en ensayos de investigación para reducir la formación de cálculos dentales

### Análisis garantizado

Proteína bruta no inferior al.... 33,0%

Grasa cruda no menos de..... 14,0%

Fibra cruda, no más de..... 4,0%

Ceniza no más..... 6,0%

### INGREDIENTES

Proteínas, %.....	36,2	18,1
Arginina, %.....	2,55	1,28
Cistina, %.....	0.60	0.30

Glicina, %.....	3,57	1,79
Histidina, %.....	0,79	0,39
Isoleucina, %.....	1,84	0,92
Leucina, %.....	2,94	1,47
Lisina, %.....	2,68	1,34
Metionina, %.....	0,79	0,39
Fenilalanina, %.....	1,69	0,84
Tirosina, %.....	1,14	0,57
Treonina, %.....	1,62	0,81
Triptófano, %.....	0,38	0,19
Valina, %.....	2,16	1,08
Grasa, %.....	16,2	8,1
Omega-3 Fatty Acids, %...	0,50	0,25
Omega-6 Ácidos Grasos %..	4,85	2,43
Fibra (bruta), %.....	2,6	1,3
La fibra detergente neutro, %..	1,8	0,9
Fibra detergente ácido, %.....	2,3	1,1
Almidón, %.....	0,0	0,0

Energía Metabolizable, kcal/kg.....3, 950 1970

MINERALES	seco	Reconstituido
Cenizas%.....	4,2	2,1
Calcio, %.....	0,82	0,41
Fósforo, %.....	0,60	0,30
Potasio, %.....	0,86	0,43
Magnesio, %.....	0,10	.05
Sodio, %.....	0,22	0,11
Cloro, %.....	0,41	0,21
Flúor, %.....	0,07	0,03
Hierro, ppm.....	100	50

Zinc, ppm.....	80	40
Manganeso, ppm...	43	21
Cobre, ppm.....	16	8
Cobalto, ppm.....	1,6	0,80
Yodo, ppm.....	4,8	2,4
Selenio, ppm.....	0,22	0,11

#### VITAMINAS

Tiamina, ppm .....	14	7.0	Vitamina E, IU/kg.....	155	75
Riboflavina, ppm .....	19	9.5	Vitamina K (menadiona), ppm .....	19	
Niacina, ppm .....	40	20			
Ácido pantoténico, ppm ....	47	23			
Colina, ppm .....	1.400	700			
Ácido fólico, ppm .....	8,0	4,0			
Piridoxina, 6.6 ppm .....	13				
Biotina, ppm .....	0,32	0,16			
La vitamina B12, mcg/kg...39		19			
Ácido ascórbico, ppm .....	500	250			
La vitamina A, IU/kg.....	9, 920	4950			
VitaminaD3, IU/kg.2, .....	720	1360			

## ANEXO 2

Tabla 12. Historial clínico encontrado en los titis del Zoológico San Juan de Aragón.

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	SEXO	IDENTIFICACION	FECHA DE INGRESO	FECHA DE NACIMIENTO	DIAGNOSTICO	TRATAMIENTO	OBSERVACIONES
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	M	Antamar 015*545*562	***	***	***	***	***
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	H	lora 017*610*885	29-Nov-02	***	***	***	muere 22/mayo/06
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	**	***	***	***	***	***	***
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	M	Anom	***	***	10/02/03 trastornos neurodistrofos	calcitonina 5 UI terciado en 3 aplicaciones	arrastra miembro posterior, mejoró al final del mes
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	H	Atan	***	***	***	***	pareja de Amon
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	H	061*379*768	***	03/02/2003	***	***	se suplemento con calciosol
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	---	061*606*106	***	***	***	***	22/mayo/vitrina 1
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	M	058*361*262	***	***	***	***	22/mayo/vitrina 1 muere 15/dic/06
Titi orejas de algodón	<i>Callithrix jacchus</i>	---	***	***	***	***	0.1 ml calcitonina IM, aminolite, Ampicilina IM,	21/sep/vitrina 1 Emaciación progresiva
Marmosetas orejas de pincel	<i>Callithrix penicillata</i>	M	097*871*570	08-Nov-07	02-Feb-06	***	***	***
Marmosetas orejas de pincel	<i>Callithrix penicillata</i>	M	064*563*376	***	06-Dic-07	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	H	Takin	5/dic/02	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	M	Akabil (papa)	***	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	---	Susulki(hijo)	***	01-Oct-03	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	M	padre 068*107*86	13-Abr-05	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	H	madre 068*768*0	13-Abr-05	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	H	cria 067*858*865	13-Abr-05	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	M	cria 067*894*120	13-Abr-05	***	***	***	***
Titi manos rojas	<i>Saguinus midas</i>	M	067*859*623	06-Jun-07	***	***	***	Radiografía fractura de femur

\*\*\* Estos datos no se encontraban reportados

ANEXO 3. Especificaciones del radiómetro.

<b>Pantalla LCD:</b>	51 mm x 37 mm. Contador hasta 1999 unidades  
<b>Rango 1:</b>	2 mW/cm <sup>2</sup> de 1.999 mW/cm <sup>2</sup> con resolución de 0.001 mW/cm <sup>2</sup>
<b>Rango 2:</b>	20 mW/cm <sup>2</sup> : 19.99 mW/cm <sup>2</sup> x 0.01 mW/cm <sup>2</sup> UV sensor
<b>Pase de Banda</b>	Espectro de 290 nm a 390 nm
<b>Precisión</b>	± (4 % FS + 2 dígitos ) * FS = escala completa * La calibración se ejecuta bajo exposición de luz ultravioleta y se compara contra un medidor de luz UV que se usa como estándar. * Se prueba la especificación bajo un campo de Rf con intensidad inferior a 3 V/M y frecuencia inferior a 30 MHz
<b>Estructura del Sensor</b>	Sensor de UV con diseño exclusivo que incluye un filtro de corrección de coseno.
<b>Tiempo de muestreo</b>	Approx. 1 segundo.
<b>Indicador fuera de Rango</b>	" "
<b>PESO</b>	383 g / 0.55 LB (incluyendo la batería)
<b>Salida de Datos</b>	Serial RS 232
<b>Temperatura de operación</b>	0° - 50 °C, humedad relativa < 85%
<b>Energía</b>	Opera con batería de 9 VCD, Tipo 006P, MN1604 (PP3) Opcional Adaptador de corriente AC/DC de 9V
<b>Dimensiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumento: 200 x 68 x 30 mm</li> <li>• Sensor UV: 45mm diam.ext x 32 mm</li> <li>• Maneral del sensor: 125 x 25 mm diam.</li> </ul>

ANEXO 4.

Tabla 13. Mediciones realizadas durante el mes de Abril.

fecha Lunes	18/04/2011						
lectura/día/domo	A4	A6	B1	B6	C1	C6	exterior
1	0.118	0.138	0.200	0.314	1.654	1.223	1.400
2	0.117	0.141	0.204	0.311	1.657	1.224	1.427
3	0.128	0.141	0.203	0.310	1.658	1.227	1.508
4	0.126	0.143	0.204	0.308	1.662	1.250	1.648
5	0.127	0.145	0.209	0.310	1.663	1.251	1.562
6	0.128	0.150	0.228	0.320	1.658	1.315	
7	0.130	0.156	0.229	0.325	1.664	1.319	
8	0.132	0.162	0.228	0.328	1.662	1.358	
9	0.132	0.198	0.224	0.330	1.676	1.374	
10	0.134	0.218	0.226	0.331	1.671	1.411	
Promedio	0.1272	0.1592	0.2155	0.3187	1.6625	1.295	1.509
Max	0.134	0.218	0.229	0.331	1.676	1.411	1.648
Min	0.117	0.138	0.200	0.308	1.654	1.223	1.4
Moda	0.128	0.141	0.204	0.310	1.658	#N/A	#N/A
Mediana	0.128	0.1475	0.2165	0.317	1.662	1.283	1.508
desv estándar	0.0056921	0.02717	0.0124	0.00915	0.0067	0.069	0.100916
fecha Martes	19/04/2011						
lectura/día/domo	A4	A6	B1	B6	C1	C6	exterior
1	0.117	0.189	0.276	0.405	1.28	2.00	1.200
2	0.122	0.189	0.277	0.406	1.29	2.04	1.400
3	0.128	0.185	0.278	0.407	1.25	2.05	1.601
4	0.127	0.184	0.279	0.408	1.24	2.03	1.705
5	0.128	0.183	0.280	0.409	1.26	2.04	1.700
6	0.126	0.182	0.279	0.41	1.26	2.04	
7	0.137	0.187	0.283	0.415	1.37	2.04	
8	0.138	0.179	0.286	0.416	1.38	2.06	
9	0.172	0.177	0.286	0.416	1.72	2.07	
10	0.184	0.178	0.284	0.417	1.84	2.06	
Promedio	0.1379	0.1833	0.2808	0.4109	1.389	2.043	1.5212
Max	0.184	0.189	0.286	0.417	1.84	2.07	1.705
Min	0.117	0.177	0.276	0.405	1.24	2	1.2
Moda	0.128	0.189	0.279	0.416	1.26	2.04	#N/A
Mediana	0.128	0.1835	0.2795	0.4095	1.285	2.04	1.601
desv estándar	0.02219835	0.00435	0.0037	0.00463	0.2134	0.019	0.217933

fecha Miércoles	20/04/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.130	0.202		0.215	0.240		1.63	1.87	3.34
2	0.142	0.213		0.214	0.245		1.69	1.86	3.58
3	0.128	0.216		0.213	0.246		1.69	1.82	3.68
4	0.126	0.222		0.213	0.246		1.74	1.88	3.74
5	0.143	0.222		0.223	0.247		1.75	1.88	3.79
6	0.156	0.231		0.224	0.250		1.75	2.15	
7	0.142	0.246		0.237	0.254		1.76	2.14	
8	0.172	0.360		0.250	0.252		1.78	2.13	
9	0.184	0.390		0.250	0.255		1.60	2.13	
10	0.192	0.400		0.251	0.255		1.62	2.12	
promedio	0.1515	0.2702		0.229	0.249		1.701	1.998	3.626
max	0.192	0.400		0.251	0.255		1.78	2.15	3.79
min	0.126	0.202		0.213	0.24		1.6	1.82	3.34
moda	0.142	0.222		0.213	0.246		1.69	1.88	#N/A
mediana	0.1425	0.2265		0.2235	0.2485		1.715	2	3.68
desv estándar	0.02369834	0.07951		0.0164	0.00501		0.0651	0.145	0.177989
fecha Jueves	21/04/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.142	0.209		0.205	0.300		1.55	1.55	2.83
2	0.146	0.212		0.207	0.312		1.40	1.56	2.39
3	0.156	0.213		0.209	0.330		1.45	1.58	2.47
4	0.157	0.213		0.215	0.345		1.46	1.60	2.98
5	0.158	0.215		0.218	0.355		1.46	1.62	3.00
6	0.156	0.214		0.217	0.358		1.47	1.61	
7	0.168	0.218		0.22	0.361		1.51	1.59	
8	0.175	0.219		0.223	0.361		1.57	1.55	
9	0.176	0.217		0.225	0.368		1.60	1.55	
10	0.186	0.220		0.225	0.372		1.58	1.52	
promedio	0.162	0.215		0.2164	0.3462		3.067	1.573	2.734
max	0.186	0.22		0.225	0.372		1.6	1.62	3
min	0.142	0.209		0.205	0.300		1.4	1.52	2.39
moda	0.156	0.213		0.225	0.361		1.46	1.55	#N/A
mediana	0.1575	0.2145		0.2175	0.3565		1.49	1.57	2.83
desv estándar	0.01392839	0.00346		0.0073	0.02441		0.0669	0.032	0.286583

fecha Viernes	22/04/2011								
lectura/día/domo	A4	A6	B1	B6	C1	C6	Exterior		
1	0.135	0.233	0.221	0.326	1.228	1.065	1.790		
2	0.134	0.248	0.202	0.322	1.230	1.067	1.933		
3	0.136	0.268	0.194	0.354	1.234	1.069	2.02		
4	0.142	0.269	0.209	0.357	1.045	1.085	1.884		
5	0.145	0.272	0.222	0.340	1.041	1.086	2.03		
6	0.146	0.268	0.254	0.338	1.040	1.087			
7	0.156	0.277	0.273	0.358	1.042	1.089			
8	0.156	0.290	0.254	0.362	1.045	1.140			
9	0.164	0.293	0.265	0.363	1.097	1.230			
10	0.176	0.303	0.271	0.363	1.096	1.234			
promedio	0.149	0.2721	0.2365	0.3483	2.4649	1.115	1.9314		
max	0.176	0.303	0.273	0.363	1.234	1.234	2.03		
min	0.134	0.233	0.194	0.322	1.04	1.065	1.79		
moda	0.156	0.268	0.254	0.363	1.045	#N/A	#N/A		
mediana	0.1455	0.2705	0.238	0.3555	1.0705	1.087	1.933		
desv estándar	0.01380821	0.02079	0.0301	0.01559	0.0862	0.065	0.099769		

Tabla 14. Mediciones realizadas durante el mes de Mayo.

fecha Lunes	23/05/2011								
lectura/día/domo	A4	A6	B1	B6	C1	C6	exterior		
1	0.259	0.197	0.256	0.237	1.104	1.940	0.823		
2	0.229	0.174	0.288	0.308	1.145	1.958	0.836		
3	0.229	0.211	0.240	0.297	1.157	1.937	0.840		
4	0.237	0.231	0.281	0.298	1.165	1.941	0.843		
5	0.210	0.236	0.282	0.220	1.185	1.942	0.848		
6	0.220	0.242	0.283	0.270	1.197	1.966	0.863		
7	0.234	0.217	0.310	0.282	1.217	1.953	0.855		
8	0.239	0.238	0.304	0.312	1.215	1.996	0.86		
9	0.252	0.241	0.314	0.310	1.225	1.973	0.839		
10	0.238	0.235	0.318	0.266	1.212	1.958	0.814		
11	0.244	0.213	0.311	0.255	1.188	2.0			
12	0.252	0.218	0.308	0.307	1.183	1.993			
13	0.254	0.201	0.307	0.278	0.920	1.973			
14	0.233	0.219	0.337	0.282	1.071	2.0			
15	0.259	0.227	0.331	0.318	1.068	2.03			
16	0.251	0.228	0.326	0.308	0.972	2.09			
17	0.235	0.231	0.345	0.295	1.105	2.08			

18	0.241	0.242	0.329	0.320	1.227	2.05			
19	0.237	0.217	0.317	0.308	1.198	2.06			
20	0.237	0.238	0.327	0.315	1.217	2.08			
promedio	0.2395	0.2228	0.3057	0.2893	1.1486	1.996		0.8421	
max	0.259	0.242	0.345	0.32	1.227	2.09		0.863	
min	0.210	0.174	0.240	0.220	0.920	1.937		0.814	
moda	0.237	0.231	#N/A	0.308	1.217	1.958		#N/A	
mediana	0.2375	0.2275	0.3105	0.2975	1.184	1.983		0.8415	
desv estandar	0.01261369	0.01761	0.02692	0.0279	0.0855	0.05151		0.01551	
fecha Martes	24/05/2011								
lectura/día/domo	A4	A6	B1	B6	C1	C6		exterior	
1	0.266	0.285	0.212	0.199	0.161	0.216		0.679	
2	0.266	0.286	0.362	0.201	0.267	0.216		0.673	
3	0.267	0.285	0.364	0.201	0.269	0.215		0.715	
4	0.268	0.286	0.312	0.205	0.27	0.246		0.692	
5	0.270	0.287	0.300	0.206	0.272	0.247		0.701	
6	0.269	0.296	0.244	0.205	0.274	0.248		0.672	
7	0.270	0.296	0.24	0.205	0.275	0.249		0.662	
8	0.270	0.294	0.254	0.207	0.276	0.250			
9	0.270	0.294	0.286	0.207	0.277	0.250			
10	0.271	0.295	0.341	0.208	0.278	0.250			
11	0.273	0.297	0.410	0.209	0.279	0.253			
12	0.254	0.297	0.465	0.214	0.284	0.253			
13	0.275	0.298	0.499	0.215	0.286	0.255			
14	0.275	0.301	0.497	0.216	0.287	0.257			
15	0.286	0.302	0.515	0.217	0.288	0.258			
16	0.284	0.304	0.517	0.218	0.290	0.259			
17	0.286	0.306	0.522	0.218	0.291	0.261			
18	0.286	0.306	0.531	0.219	0.291	0.262			
19	0.283	0.306	0.534	0.220	0.293	0.263			
20	0.279	0.306	0.532	0.221	0.293	0.255			
promedio	0.2734	0.29635	0.39685	0.2106	0.2751	0.24815		0.68486	
max	0.286	0.306	0.534	0.221	0.293	0.263		0.715	
min	0.254	0.285	0.212	0.199	0.161	0.215		0.662	
moda	0.270	0.306	#N/A	0.205	0.291	0.250		#N/A	
mediana	0.2705	0.2965	0.387	0.2085	0.2785	0.2515		0.679	
desv estandar	0.00841302	0.00747	0.11726	0.0071	0.0282	0.01486		0.01863	

fecha Miércoles	25/05/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.148	0.202		0.125	0.143		0.330	0.379	1.291
2	0.211	0.214		0.145	0.147		0.345	0.379	1.382
3	0.212	0.214		0.143	0.148		0.355	0.402	1.517
4	0.213	0.216		0.144	0.148		0.356	0.403	1.617
5	0.213	0.217		0.145	0.149		0.358	0.382	1.584
6	0.214	0.217		0.145	0.149		0.359	0.389	1.544
7	0.214	0.217		0.145	0.149		0.361	0.408	1.505
8	0.214	0.218		0.146	0.151		0.363	0.402	1.473
9	0.216	0.218		0.146	0.153		0.365	0.403	1.490
10	0.217	0.218		0.146	0.153		0.367	0.403	1.538
11	0.217	0.219		0.148	0.154		0.368	0.403	
12	0.219	0.220		0.149	0.154		0.370	0.409	
13	0.221	0.221		0.149	0.153		0.371	0.411	
14	0.221	0.221		0.149	0.155		0.371	0.411	
15	0.222	0.223		0.149	0.154		0.372	0.411	
16	0.223	0.224		0.150	0.154		0.374	0.413	
17	0.224	0.225		0.151	0.157		0.375	0.458	
18	0.225	0.225		0.151	0.155		0.377	0.448	
19	0.225	0.227		0.152	0.160		0.379	0.451	
20	0.225	0.227		0.152	0.160		0.379	0.453	
promedio	0.2147	0.21915		0.1465	0.1523		0.3648	0.4109	1.4941
max	0.225	0.227		0.152	0.160		0.379	0.458	1.617
min	0.148	0.202		0.125	0.143		0.330	0.379	1.291
moda	0.214	0.217		0.145	0.154		0.371	0.403	#N/A
mediana	0.217	0.2185		0.147	0.153		0.3675	0.4055	1.511
desv estandar	0.01640635	0.00568		0.00576	0.0043		0.0121	0.02379	0.09576
fecha Jueves	26/05/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.149	0.172		0.204	0.282		0.320	0.275	1.261
2	0.151	0.153		0.204	0.277		0.322	0.298	1.329
3	0.152	0.150		0.205	0.258		0.323	0.303	1.691
4	0.153	0.174		0.213	0.362		0.324	0.305	1.513
5	0.153	0.177		0.214	0.369		0.328	0.307	1.497
6	0.153	0.179		0.215	0.377		0.326	0.309	1.569
7	0.154	0.180		0.218	0.376		0.326	0.310	1.509
8	0.155	0.181		0.222	0.382		0.328	0.312	1.556
9	0.156	0.181		0.223	0.373		0.330	0.314	1.533

10	0.156	0.183		0.223	0.375		0.330	0.316		1.579
11	0.154	0.184		0.227	0.382		0.332	0.318		
12	0.134	0.184		0.299	0.378		0.334	0.319		
13	0.157	0.185		0.299	0.376		0.335	0.322		
14	0.158	0.185		0.230	0.370		0.336	0.324		
15	0.158	0.185		0.231	0.355		0.338	0.325		
16	0.158	0.185		0.232	0.371		0.340	0.326		
17	0.159	0.186		0.233	0.362		0.342	0.329		
18	0.160	0.188		0.234	0.323		0.346	0.330		
19	0.160	0.189		0.234	0.296		0.348	0.330		
20	0.161	0.189		0.236	0.362		0.351	0.331		
promedio	0.15455	0.1795		0.2298	0.3503		0.333	0.31515		1.5037
max	0.161	0.189		0.299	0.382		0.351	0.331		1.691
min	0.134	0.150		0.204	0.258		0.320	0.275		1.261
moda	0.153	0.185		0.204	0.362		0.328	0.330		#N/A
mediana	0.1555	0.1835		0.225	0.3695		0.331	0.317		1.523
desv estandar	0.00583524	0.01061		0.02582	0.0396		0.009	0.01366		0.12391
fecha Viernes	27/05/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.235	0.222		0.222	0.248		0.254	0.281		1.835
2	0.233	0.224		0.194	0.347		0.255	0.307		1.95
3	0.233	0.227		0.209	0.320		0.256	0.309		2.03
4	0.251	0.230		0.202	0.589		0.255	0.309		2.13
5	0.260	0.228		0.221	0.549		0.259	0.315		2.12
6	0.258	0.236		0.222	0.520		0.259	0.310		2.06
7	0.258	0.244		0.237	0.429		0.260	0.313		2.16
8	0.258	0.250		0.254	0.676		0.261	0.314		2.11
9	0.258	0.251		0.269	0.573		0.261	0.314		2.14
10	0.240	0.261		0.273	0.529		0.263	0.316		2.12
11	0.255	0.287		0.271	0.528		0.265	0.318		
12	0.262	0.331		0.265	0.568		0.266	0.319		
13	0.279	0.383		0.252	0.646		0.268	0.321		
14	0.266	0.485		0.249	0.750		0.268	0.326		
15	0.266	0.671		0.262	0.816		0.269	0.325		
16	0.266	0.951		0.259	0.887		0.270	0.328		
17	0.262	1.144		0.253	0.883		0.272	0.330		
18	0.263	1.221		0.250	0.891		0.273	0.333		
19	0.264	1.199		0.246	0.868		0.274	0.332		
20	0.265	1.154		0.267	0.824		0.275	0.335		
promedio	0.2566	0.50995		0.24385	0.6221		0.2642	0.31775		2.0655

max	0.279	1.221		0.273	0.891		0.275	0.335		2.16
min	0.233	0.222		0.194	0.248		0.254	0.281		1.835
moda	0.258	#N/A		0.222	#N/A		0.255	0.309		2.12
mediana	0.259	0.274		0.251	0.581		0.264	0.317		2.115
desv estandar	0.01235612	0.38805		0.02413	0.1991		0.0068	0.01227		0.10237

Tabla 15. Mediciones realizadas durante el mes de Junio.

fecha Lunes	30/05/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.272	0.337		0.286	0.439		1.995	2.68		3.15
2	0.275	0.324		0.286	0.802		1.925	2.70		3.23
3	0.277	0.304		0.288	0.818		1.847	2.68		3.28
4	0.278	1.124		0.287	0.820		1.847	2.59		3.43
5	0.28	0.960		0.290	0.817		1.702	2.52		3.41
6	0.282	1.088		0.274	0.818		1.548	2.44		3.32
7	0.283	1.153		0.275	0.819		1.969	2.30		3.37
8	0.285	1.089		0.231	0.821		1.973	2.20		3.49
9	0.286	1.093		0.276	0.851		1.964	2.12		3.43
10	0.286	1.037		0.277	0.816		1.984	1.903		3.45
11	0.289	0.976		0.278	0.802		1.995	1.645		
12	0.290	0.993		0.279	0.784		2.00	2.64		
13	0.292	0.994		0.280	0.751		2.03	2.48		
14	0.293	0.960		0.282	0.693		2.06	2.39		
15	0.294	1.017		0.282	0.609		2.08	2.22		
16	0.295	1.234		0.284	0.520		2.08	1.99		
17	0.298	1.316		0.285	0.398		2.09	1.703		
18	0.298	1.419		0.286	0.375		2.11	1.481		
19	0.300	1.457		0.288	0.347		2.14	1.284		
20	0.298	1.413		0.289	0.426		2.17	1.147		
Promedio	0.28755	1.0144		0.2802	0.6763		1.975	2.1557		3.356
Max	0.300	1.457		0.290	0.851		2.170	2.700		3.490
Min	0.272	0.304		0.231	0.347		1.548	1.147		3.15
Moda	0.298	0.96		0.286	0.802		1.995	2.68		3.43
Mediana	0.2875	1.0625		0.283	0.793		1.995	2.26		3.39
desv estandar	0.00845717	0.3368		0.0126	0.18433		0.149	0.4845		0.10865
fecha Martes	31/05/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.312	0.211		0.218	0.229		0.274	0.269		0.780
2	0.322	0.209		0.317	0.198		0.279	0.272		0.819
3	0.333	0.206		0.213	0.212		0.281	0.277		0.605

4	0.346	0.205		0.204	0.201		0.285	0.281		0.712
5	0.358	0.204		0.199	0.185		0.288	0.286		0.716
6	0.369	0.201		0.198	0.172		0.292	0.290		0.668
7	0.377	0.199		0.193	0.173		0.299	0.295		0.669
8	0.382	0.195		0.186	0.195		0.307	0.290		0.690
9	0.382	0.192		0.180	0.213		0.309	0.284		0.631
10	0.380	0.189		0.175	0.228		0.307	0.277		0.629
11	0.377	0.183		0.167	0.236		0.310	0.276		
12	0.376	0.176		0.159	0.236		0.303	0.274		
13	0.374	0.174		0.153	0.217		0.318	0.270		
14	0.371	0.173		0.147	0.199		0.325	0.264		
15	0.368	0.170		0.140	0.184		0.330	0.258		
16	0.367	0.173		0.139	0.176		0.335	0.251		
17	0.366	0.183		0.138	0.168		0.346	0.245		
18	0.363	0.183		0.139	0.163		0.357	0.241		
19	0.362	0.191		0.137	0.162		0.367	0.238		
20	0.362	0.203		0.136	0.161		0.373	0.241		
Promedio	0.36235	0.191		0.1769	0.1954		0.314	0.269		0.6919
Max	0.382	0.211		0.317	0.236		0.373	0.295		0.819
Min	0.312	0.17		0.136	0.161		0.274	0.238		0.605
Moda	0.377	0.183		0.139	0.236		0.307	0.277		#N/A
Mediana	0.3675	0.1915		0.171	0.1965		0.308	0.273		0.6795
desv estándar	0.01964494	0.0135		0.0432	0.0255		0.029	0.0178		0.06767
fecha Miércoles	01/06/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.244	0.214		0.219	0.218		0.347	0.407		0.66
2	0.238	0.214		0.233	0.223		0.376	0.402		0.743
3	0.238	0.234		0.237	0.232		0.397	0.389		0.776
4	0.247	0.238		0.241	0.250		0.413	0.373		0.803
5	0.266	0.224		0.248	0.266		0.422	0.367		0.882
6	0.274	0.198		0.253	0.267		0.421	0.359		0.788
7	0.275	0.189		0.262	0.256		0.422	0.359		0.783
8	0.271	0.177		0.267	0.241		0.427	0.354		0.736
9	0.265	0.192		0.257	0.235		0.427	0.349		0.709
10	0.266	0.207		0.231	0.233		0.430	0.355		0.709
11	0.280	0.213		0.206	0.231		0.422	0.370		
12	0.290	0.206		0.191	0.231		0.417	0.401		
13	0.284	0.194		0.169	0.233		0.422	0.395		
14	0.275	0.181		0.165	0.231		0.431	0.376		
15	0.266	0.176		0.165	0.229		0.439	0.358		

16	0.255	0.177		0.165	0.231		0.440	0.339		
17	0.241	0.181		0.165	0.243		0.448	0.315		
18	0.236	0.182		0.165	0.250		0.451	0.306		
19	0.239	0.180		0.162	0.258		0.453	0.297		
20	0.24	0.179		0.158	0.260		0.450	0.289		
Promedio	0.2595	0.1978		0.208	0.2409		0.423	0.358		0.7589
Max	0.290	0.238		0.267	0.267		0.453	0.407		0.882
Min	0.236	0.176		0.158	0.218		0.347	0.289		0.66
Moda	0.266	0.214		0.165	0.231		0.422	0.359		0.709
Mediana	0.2655	0.193		0.2125	0.234		0.425	0.359		0.7595
desv estándar	0.01772153	0.0198		0.0406	0.01448		0.026	0.0346		0.06179
fecha Jueves	02/06/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.194	0.137		0.153	0.173		0.367	0.387		1.843
2	0.193	0.141		0.160	0.430		0.379	0.377		1.707
3	0.191	0.141		0.158	0.523		0.371	0.382		1.637
4	0.194	0.139		0.158	0.414		0.371	0.387		1.896
5	0.194	0.139		0.159	0.657		0.370	0.392		1.991
6	0.194	0.141		0.161	0.700		0.371	0.395		1.846
7	0.196	0.141		0.161	0.678		0.371	0.399		1.975
8	0.197	0.142		0.162	0.644		0.371	0.401		1.992
9	0.197	0.142		0.161	0.624		0.374	0.403		2.018
10	0.197	0.144		0.161	0.560		0.377	0.411		2.026
11	0.195	0.145		0.161	0.397		0.380	0.412		
12	0.198	0.145		0.161	0.434		0.386	0.413		
13	0.199	0.145		0.162	0.448		0.395	0.416		
14	0.198	0.146		0.162	0.453		0.427	0.415		
15	0.198	0.148		0.163	0.313		0.526	0.411		
16	0.200	0.148		0.164	0.358		0.621	0.414		
17	0.201	0.149		0.164	0.267		0.835	0.412		
18	0.202	0.149		0.164	0.239		1.072	0.413		
19	0.204	0.150		0.165	0.278		1.247	0.415		
20	0.204	0.150		0.165	0.245		1.236	0.415		
Promedio	0.1973	0.1441		0.1613	0.44175		0.542	0.4035		1.8931
Max	0.204	0.150		0.165	0.700		1.247	0.416		2.026
Min	0.191	0.137		0.153	0.173		0.367	0.377		1.637
Moda	0.194	0.141		0.161	#N/A		0.371	0.415		#N/A
Mediana	0.197	0.1445		0.161	0.432		0.38	0.411		1.9355
desv estándar	0.00359971	0.004		0.0028	0.16217		0.301	0.0127		0.13511

fecha Viernes	03/06/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.250	0.354		0.230	0.630		0.236	0.302	1.609
2	0.257	0.430		0.200	0.615		0.237	0.304	2.06
3	0.266	0.617		0.214	0.634		0.232	0.306	2.01
4	0.262	0.943		0.216	0.626		0.236	0.310	2.12
5	0.260	0.443		0.217	0.613		0.238	0.311	2.03
6	0.260	0.702		0.217	0.457		0.239	0.315	2.34
7	0.262	0.796		0.217	0.394		0.240	0.317	2.08
8	0.266	0.756		0.207	0.621		0.241	0.318	2.30
9	0.267	0.642		0.205	0.743		0.242	0.319	2.39
10	0.267	0.608		0.209	0.705		0.243	0.321	2.36
11	0.269	0.671		0.209	0.638		0.246	0.324	
12	0.271	0.539		0.210	0.537		0.247	0.326	
13	0.271	0.599		0.212	0.430		0.248	0.326	
14	0.272	0.526		0.213	0.338		0.247	0.331	
15	0.274	0.443		0.214	0.592		0.250	0.330	
16	0.274	0.714		0.216	0.778		0.250	0.331	
17	0.276	0.679		0.216	0.872		0.251	0.334	
18	0.275	0.560		0.217	0.887		0.253	0.334	
19	0.278	0.467		0.217	0.890		0.256	0.336	
20	0.278	0.342		0.217	0.896		0.259	0.336	
Promedio	0.26775	0.5916		0.2137	0.6448		0.245	0.3216	2.1299
Max	0.278	0.943		0.230	0.896		0.259	0.336	2.390
Min	0.25	0.342		0.2	0.338		0.232	0.302	1.609
Moda	0.266	0.443		0.217	#N/A		0.236	0.326	#N/A
Mediana	0.268	0.6035		0.215	0.628		0.245	0.3225	2.1
desv estándar	0.00751752	0.1538		0.0061	0.16552		0.007	0.011	0.23496

Tabla 16. Mediciones realizadas durante el mes de Julio.

fecha Martes	26/07/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.075	0.113		0.102	0.134		0.090	0.114	0.76
2	0.062	0.112		0.099	0.133		0.089	0.116	0.802
3	0.081	0.111		0.096	0.134		0.088	0.115	0.952
4	0.086	0.109		0.097	0.136		0.113	0.118	0.97
5	0.095	0.107		0.096	0.138		0.129	0.113	1.026
6	0.098	0.107		0.095	0.139		0.153	0.112	1.07
7	0.099	0.105		0.095	0.140		0.157	0.110	1.031
8	0.100	0.121		0.098	0.141		0.156	0.113	0.931
9	0.104	0.101		0.101	0.140		0.157	0.114	1.064

10	0.111	0.095		0.105	0.139		0.158	0.117		1.089
11	0.094	0.156		0.141	0.173		0.159	0.120		1.129
12	0.093	0.152		0.142	0.175		0.161	0.118		
13	0.141	0.157		0.141	0.176		0.162	0.120		
14	0.143	0.156		0.154	0.177		0.167	0.119		
15	0.143	0.158		0.153	0.177		0.168	0.119		
16	0.141	0.159		0.153	0.176		0.170	0.121		
17	0.143	0.154		0.153	0.182		0.171	0.121		
18	0.142	0.155		0.157	0.181		0.171	0.121		
19	0.149	0.155		0.157	0.182		0.169	0.121		
20	0.151	0.157		0.158	0.184		0.170	0.124		
Promedio	0.11255	0.132		0.1247	0.158		0.148	0.117		0.984
Max	0.151	0.159		0.158	0.184		0.171	0.124		1.129
Min	0.062	0.095		0.095	0.133		0.088	0.110		0.760
Moda	0.143	0.107		0.153	0.134		0.157	0.121		#N/A
Mediana	0.102	0.1365		0.123	0.157		0.159	0.118		1.026
desv estándar	0.02847247	0.025		0.0274	0.021		0.029	0.004		0.11711
fecha Miércoles	27/07/2011									
lectura/dia/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.308	0.345		0.188	0.262		0.315	0.500		1.780
2	0.313	0.346		0.156	0.263		0.325	0.570		1.667
3	0.314	0.349		0.154	0.259		0.322	0.534		1.794
4	0.313	0.354		0.152	0.257		0.324	0.468		1.732
5	0.311	0.356		0.155	0.261		0.326	0.501		1.786
6	0.309	0.357		0.152	0.260		0.323	0.554		1.711
7	0.310	0.357		0.153	0.257		0.333	0.610		1.656
8	0.310	0.356		0.153	0.258		0.333	0.604		1.775
9	0.310	0.355		0.153	0.261		0.334	0.578		1.728
10	0.311	0.353		0.154	0.262		0.334	0.576		1.689
11	0.314	0.351		0.155	0.262		0.318	0.583		
12	0.315	0.350		0.157	0.258		0.337	0.607		
13	0.318	0.350		0.169	0.257		0.339	0.636		
14	0.318	0.348		0.171	0.255		0.342	0.698		
15	0.320	0.351		0.173	0.254		0.343	0.750		
16	0.322	0.351		0.172	0.255		0.345	0.790		
17	0.325	0.353		0.171	0.256		0.346	0.821		
18	0.326	0.355		0.172	0.257		0.347	0.835		
19	0.329	0.357		0.173	0.257		0.347	0.885		
20	0.330	0.358		0.173	0.257		0.347	0.920		
Promedio	0.3163	0.3526		0.1628	0.258		0.334	0.651		1.7318

Max	0.330	0.358		0.188	0.263		0.347	0.920		1.794
Min	0.308	0.345		0.152	0.254		0.315	0.468		1.656
Moda	0.310	0.357		0.153	0.257		0.347	#N/A		#N/A
Mediana	0.314	0.353		0.1565	0.258		0.334	0.606		1.730
desv estándar	0.00689088	0.0038		0.0107	0.003		0.01	0.136		0.05079
fecha Jueves	28/07/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.106	0.108		0.106	0.218		0.258	0.286		0.770
2	0.103	0.113		0.109	0.219		0.270	0.293		0.810
3	0.103	0.114		0.109	0.221		0.274	0.293		0.893
4	0.104	0.114		0.113	0.223		0.275	0.297		0.812
5	0.105	0.118		0.116	0.225		0.275	0.296		0.832
6	0.106	0.118		0.113	0.225		0.287	0.295		0.822
7	0.107	0.119		0.117	0.228		0.300	0.302		0.921
8	0.109	0.122		0.118	0.230		0.305	0.297		0.953
9	0.110	0.123		0.127	0.232		0.315	0.310		0.855
10	0.112	0.127		0.126	0.232		0.326	0.310		1.029
11	0.112	0.129		0.130	0.234		0.330	0.310		
12	0.114	0.131		0.130	0.234		0.333	0.310		
13	0.114	0.133		0.131	0.236		0.334	0.310		
14	0.116	0.135		0.131	0.237		0.336	0.312		
15	0.117	0.125		0.133	0.237		0.331	0.314		
16	0.118	0.127		0.133	0.236		0.318	0.316		
17	0.119	0.128		0.134	0.237		0.312	0.316		
18	0.121	0.129		0.137	0.234		0.286	0.312		
19	0.121	0.131		0.132	0.233		0.303	0.307		
20	0.122	0.132		0.133	0.233		0.305	0.302		
promedio	0.11195	0.1238		0.1239	0.23		0.304	0.304		0.8697
max	0.122	0.135		0.137	0.237		0.336	0.316		1.029
min	0.103	0.108		0.106	0.218		0.258	0.286		0.770
moda	0.106	0.114		0.133	0.234		0.275	0.310		#N/A
mediana	0.112	0.126		0.1285	0.233		0.305	0.309		0.8435
desv estandar	0.00641113	0.0077		0.0101	0.006		0.025	0.009		0.07905
fecha Viernes	29/07/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.121	0.123		0.101	0.130		0.135	0.153		0.804
2	0.138	0.125		0.100	0.133		0.135	0.154		0.941
3	0.138	0.126		0.101	0.133		0.127	0.155		1.111
4	0.138	0.126		0.102	0.133		0.132	0.157		0.960

5	0.138	0.127		0.102	0.133		0.133	0.161		0.875
6	0.138	0.127		0.102	0.133		0.134	0.164		0.974
7	0.141	0.128		0.103	0.133		0.137	0.163		0.981
8	0.140	0.128		0.103	0.134		0.137	0.165		0.918
9	0.141	0.128		0.104	0.136		0.138	0.167		1.082
10	0.142	0.129		0.105	0.136		0.141	0.168		1.079
11	0.143	0.130		0.107	0.137		0.141	0.169		
12	0.144	0.130		0.106	0.137		0.142	0.169		
13	0.145	0.131		0.108	0.137		0.142	0.170		
14	0.147	0.132		0.109	0.137		0.144	0.169		
15	0.148	0.133		0.110	0.139		0.146	0.169		
16	0.149	0.133		0.110	0.140		0.148	0.168		
17	0.149	0.133		0.110	0.136		0.149	0.168		
18	0.151	0.133		0.111	0.141		0.150	0.168		
19	0.152	0.132		0.112	0.141		0.152	0.168		
20	0.153	0.133		0.114	0.141		0.152	0.170		
promedio	0.1428	0.1294		0.106	0.136		0.141	0.165		0.9725
max	0.153	0.133		0.114	0.141		0.152	0.17		1.111
min	0.121	0.123		0.100	0.130		0.127	0.153		0.804
moda	0.138	0.133		0.102	0.133		0.135	0.168		#N/A
mediana	0.1425	0.1295		0.1055	0.136		0.141	0.168		0.967
desv estandar	0.00721548	0.0031		0.0043	0.003		0.007	0.006		0.09696

Tabla 17. Mediciones realizadas durante el mes de Agosto.

fecha Lunes	29/08/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.080	0.128		0.109	0.103		0.130	0.148	0.808
2	0.093	0.111		0.111	0.110		0.131	0.138	0.864
3	0.098	0.119		0.113	0.107		0.128	0.124	0.883
4	0.097	0.114		0.134	0.110		0.132	0.132	0.892
5	0.090	0.114		0.124	0.109		0.133	0.142	0.882
6	0.091	0.116		0.124	0.109		0.129	0.138	0.886
7	0.096	0.115		0.125	0.113		0.131	0.137	0.895
8	0.099	0.119		0.123	0.111		0.135	0.132	0.936
9	0.100	0.124		0.122	0.111		0.133	0.137	0.935
10	0.101	0.117		0.120	0.120		0.130	0.137	0.942
11	0.103	0.109		0.136	0.119		0.132	0.146	
12	0.101	0.108		0.133	0.111		0.131	0.143	
13	0.106	0.107		0.133	0.114		0.133	0.134	
14	0.106	0.110		0.123	0.126		0.131	0.135	
15	0.109	0.108		0.120	0.122		0.133	0.133	

16	0.099	0.110		0.121	0.120		0.130	0.136	
17	0.116	0.115		0.123	0.121		0.135	0.141	
18	0.108	0.113		0.130	0.119		0.128	0.150	
19	0.106	0.105		0.132	0.123		0.132	0.147	
20	0.112	0.105		0.130	0.125		0.136	0.145	
promedio	0.101	0.113		0.124	0.115		0.132	0.139	0.892
max	0.116	0.128		0.136	0.126		0.136	0.150	0.942
min	0.080	0.105		0.109	0.103		0.128	0.124	0.808
moda	0.106	0.119		0.123	0.111		0.131	0.137	#N/A
mediana	0.101	0.114		0.124	0.114		0.132	0.138	0.889
desv estandar	0.00833177	0.0061		0.0076	0.0066		0.002	0.0065	0.03993
fecha Martes	30/08/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.110	0.157		0.091	0.149		0.195	0.180	0.775
2	0.109	0.158		0.092	0.149		0.196	0.184	0.820
3	0.110	0.157		0.126	0.151		0.195	0.187	0.876
4	0.111	0.153		0.103	0.153		0.195	0.189	0.947
5	0.112	0.153		0.085	0.153		0.196	0.192	0.965
6	0.115	0.149		0.089	0.154		0.196	0.193	0.970
7	0.117	0.147		0.101	0.154		0.197	0.194	0.974
8	0.120	0.145		0.117	0.153		0.199	0.194	0.989
9	0.120	0.144		0.127	0.153		0.200	0.193	1.013
10	0.120	0.143		0.125	0.151		0.201	0.191	1.081
11	0.120	0.141		0.119	0.150		0.203	0.189	
12	0.121	0.135		0.089	0.149		0.205	0.185	
13	0.119	0.132		0.080	0.149		0.206	0.181	
14	0.119	0.127		0.079	0.147		0.209	0.174	
15	0.119	0.121		0.059	0.145		0.212	0.170	
16	0.119	0.115		0.052	0.144		0.217	0.167	
17	0.120	0.109		0.051	0.142		0.223	0.165	
18	0.121	0.106		0.052	0.139		0.226	0.164	
19	0.122	0.103		0.054	0.137		0.229	0.163	
20	0.122	0.102		0.054	0.134		0.231	0.162	
promedio	0.117	0.135		0.087	0.148		0.207	0.181	0.941
max	0.122	0.158		0.127	0.154		0.231	0.194	1.081
min	0.109	0.102		0.051	0.134		0.195	0.162	0.775
moda	0.120	0.157		0.089	0.149		0.195	0.189	#N/A
mediana	0.119	0.142		0.089	0.149		0.202	0.185	0.968
desv estandar	0.00440215	0.0193		0.027	0.0059		0.012	0.0118	0.09193

fecha Miércoles	31/08/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.232	0.200		0.167	0.263		0.282	0.323	1.331
2	0.229	0.197		0.156	0.208		0.282	0.323	1.751
3	0.226	0.192		0.147	0.420		0.282	0.326	1.292
4	0.229	0.187		0.130	0.439		0.283	0.326	1.751
5	0.228	0.183		0.129	0.419		0.285	0.327	1.743
6	0.229	0.178		0.119	0.434		0.292	0.325	1.723
7	0.224	0.174		0.197	0.419		0.296	0.322	1.709
8	0.221	0.173		0.197	0.392		0.298	0.325	1.773
9	0.219	0.173		0.199	0.257		0.301	0.323	1.731
10	0.219	0.174		0.203	0.279		0.301	0.320	1.631
11	0.217	0.176		0.203	0.149		0.302	0.324	
12	0.219	0.177		0.201	0.227		0.313	0.324	
13	0.213	0.178		0.201	0.288		0.321	0.329	
14	0.218	0.181		0.205	0.247		0.336	0.330	
15	0.214	0.185		0.209	0.231		0.347	0.330	
16	0.215	0.189		0.208	0.212		0.351	0.328	
17	0.216	0.193		0.207	0.207		0.347	0.318	
18	0.217	0.196		0.209	0.207		0.337	0.318	
19	0.220	0.193		0.209	0.223		0.330	0.322	
20	0.221	0.187		0.212	0.232		0.327	0.326	
Promedio	0.2213	0.1843		0.1854	0.2877		0.311	0.3245	1.6435
Max	0.232	0.200		0.212	0.439		0.351	0.330	1.773
Min	0.213	0.173		0.119	0.149		0.282	0.318	1.292
Moda	0.229	0.187		0.209	0.419		0.282	0.323	1.751
Mediana	0.2195	0.184		0.201	0.252		0.302	0.3245	1.727
desv estandar	0.00572253	0.0088		0.0313	0.0943		0.024	0.0035	0.17932
fecha Jueves	01/09/2011								
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6	exterior
1	0.209	0.168		0.149	0.121		0.352	0.309	0.908
2	0.204	0.164		0.153	0.104		0.356	0.308	0.908
3	0.196	0.158		0.156	0.103		0.360	0.309	0.936
4	0.188	0.153		0.162	0.103		0.360	0.310	0.995
5	0.184	0.151		0.170	0.105		0.361	0.310	0.977
6	0.181	0.149		0.176	0.106		0.360	0.310	0.972
7	0.179	0.150		0.185	0.104		0.358	0.311	1.029
8	0.177	0.152		0.188	0.105		0.355	0.311	1.040
9	0.173	0.153		0.191	0.107		0.350	0.310	1.229
10	0.169	0.153		0.193	0.111		0.349	0.311	1.508

11	0.168	0.153		0.197	0.113		0.349	0.311		
12	0.168	0.150		0.200	0.118		0.348	0.312		
13	0.169	0.145		0.202	0.126		0.349	0.314		
14	0.170	0.140		0.205	0.127		0.347	0.322		
15	0.173	0.138		0.206	0.132		0.344	0.330		
16	0.175	0.136		0.208	0.137		0.341	0.337		
17	0.177	0.134		0.210	0.143		0.338	0.343		
18	0.181	0.133		0.212	0.148		0.333	0.348		
19	0.184	0.133		0.213	0.152		0.330	0.350		
20	0.187	0.131		0.213	0.156		0.327	0.349		
promedio	0.1806	0.1472		0.1895	0.1211		0.348	0.3208		1.0502
Max	0.209	0.168		0.213	0.156		0.361	0.350		1.508
Min	0.168	0.131		0.149	0.103		0.327	0.308		0.908
Moda	0.184	0.153		0.213	0.104		0.360	0.310		0.908
mediana	0.178	0.150		0.195	0.1155		0.349	0.311		0.986
desv estandar	0.01166371	0.0106		0.0213	0.018		0.01	0.0156		0.18562
fecha Viernes	02/09/2011									
lectura/día/domo	A4	A6		B1	B6		C1	C6		exterior
1	0.200	0.203		0.145	0.287		0.238	0.199		0.830
2	0.223	0.210		0.149	0.550		0.235	0.197		0.903
3	0.217	0.202		0.158	0.519		0.234	0.198		0.926
4	0.216	0.197		0.164	0.492		0.225	0.200		0.950
5	0.219	0.199		0.173	0.490		0.225	0.203		1.040
6	0.221	0.200		0.181	0.473		0.200	0.205		1.467
7	0.223	0.198		0.189	0.470		0.197	0.219		1.693
8	0.223	0.199		0.193	0.551		0.195	0.227		1.678
9	0.223	0.204		0.191	0.616		0.194	0.230		1.841
10	0.221	0.205		0.184	0.673		0.195	0.232		1.734
11	0.220	0.205		0.180	0.703		0.201	0.231		
12	0.219	0.220		0.182	0.711		0.208	0.228		
13	0.220	0.240		0.180	0.718		0.203	0.227		
14	0.222	0.250		0.180	0.723		0.221	0.227		
15	0.229	0.250		0.181	0.715		0.228	0.227		
16	0.228	0.238		0.180	0.665		0.237	0.228		
17	0.230	0.221		0.178	0.580		0.246	0.228		
18	0.234	0.214		0.177	0.581		0.243	0.229		
19	0.238	0.205		0.173	0.606		0.233	0.231		
20	0.238	0.201		0.174	0.655		0.215	0.232		
promedio	0.223	0.213		0.176	0.589		0.219	0.220		1.306
Max	0.238	0.250		0.193	0.723		0.246	0.232		1.841

Min	0.200	0.197		0.145	0.287		0.194	0.197		0.830
Moda	0.223	0.205		0.18	#N/A		0.225	0.227		#N/A
mediana	0.223	0.205		0.180	0.594		0.223	0.227		1.254
desv estandar	0.00843926	0.0176		0.0127	0.113		0.018	0.0135		0.4102

## XI. BIBLIOGRAFÍA

1. “EAZA. Guía de Manejo para Callitricidos 2010, 2ª edición editada por Eric Bairrao Ruivo. Zoo Beauval. <http://es.scribd.com/doc/85759175/12/Recomendaciones-dieteticas> consultado el día 18 agosto 2012 9:46 hrs.
2. Andrés Felipe Arias Cortes, Andrés Felipe Jaramillo Díaz. Establecimiento y Evaluación de una Dieta para Monos Tití Gris (*Saguinus Leucopus*) y Estudio del Comportamiento Alimenticio en Cautiverio en la Fundación Zoológico Santacruz. (Tesis de Licenciatura) Bogotá:Universidad De La Salle Facultad De Zootecnia, 2006. <http://hdl.handle.net/10185/13457> consultado el jueves 14 de abril de 2011 14:28hrs.
3. Boletín del centro de rescate de primates Rainfer. <http://www.rainfer.com/Files/BOLETIN2.pdf> consultado el martes 18 de mayo de 2010 15:50 hrs.
4. Cawthon Lang KA. Fichas de Primates: tití común (*Callithrix jacchus*) taxonomía, morfología, y ecología. Mayo de 2005. [http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/common\\_marmoset](http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/common_marmoset) consultado el lunes 17 de mayo de 2010 22:10 hrs.
5. Church D.C. Alimentos y alimentación del Ganado tomo II. 1ª ed. Barcelona:Agropecuaria Hemisferio Sur. 1977.
6. El Manual Merck de Diagnostico y Tratamiento, 11ª ed. España:Elsevier, 2007.
7. Ensminger M.E. Feed´s and nutrición. 2a ed. USA:Heineman. 1990:1924-1996.
8. Fowler, Miller. Zoo and wild animal medicine, current therapy 4a ed. Morris animal foundation.1999:63-78.
9. Fowler,Miller. Zoo and wild animal medicine, 5a ed. Morris animal foundation.2003:749-754.
10. Ganong William. Fisiología médica. 16ª ed. México: El Manual Moderno. 1998:433-435.
11. Guyton Arthur. Tratado de fisiología médica.10ª ed. México:Mc Graw Hill 2001:1087-1089.

12. Harris R.S. Feeding and nutrition of non human primates. Academic Press. 1970.
13. Harvey, Johns, Owens. Tratado de medicina interna, vol. 4. Interamericana México:Mc Graw Hill, 1988:853-859.
14. Hrapkiewicz Karen, Medina y Holmes. Clinical laboratory animal medicine, 2ª ed. Iowa: State University Press, 1998: 212-213.
15. <http://es.wikipedia.org/wiki/primates> consultado 20 de febrero 2012 11:35 hrs.
16. <http://primates-amp.org.mx> consultado 20 de febrero 2012 11:58 hrs.
17. J.A.F. Tres guerres, Fisiología Humana, Mc Graw Hill, 3ª edición España, 2005.
18. Kardong Kenneth, Vertebrados, Anatomía comparada, función y evolución. 4ª edición.España. Mc Graw Hill- Interamericana. 2007:472-503.
19. Kent George, Comparative Anatomy of the vertebrates. Mc Graw Hill. 9ª edición. 2001.
20. Mayor P. & C. López. Atlas de Anatomía de especies silvestres del amazonia peruana. 2012. <http://atlasanatomiaamazonia.uab.cat>
21. Michael I. Power, E. Wilson Myers. Digestion in the Common Marmoset (*Callithrix jacchus*), A Gummivore-Frugivore. American Journal of Primatology 71:957-963 (2009).
22. Murray. Harper. Bioquímica ilustrada. 17ª ed. en español. El Manual Moderno 2007:473, 516-517.
23. Naoyuki TAKAHASHI,Satoshi SUDA, Toshimasa SHINKI,Noboru HORIUCHI, Yoshiko SHIINA, Yoshikuni TANIOKA, et al. The mechanism of end-organ resistance to  $1\alpha,25$ -dihydroxycholecalciferol in the common marmoset. Biochem. J. 227, 555-563(1985) <http://www.biochemj.org/bj/227/0555/2270555.pdf> consultado el miércoles 2 de marzo de 2011 15:30hrs.
24. Newsholme E.A. Bioquímica médica. Interamericana Mc Graw Hill, 1987. España. Págs. 626-631.
25. Nicoll Diana. Manual de pruebas diagnósticas. 3ra. ed. El Manual Moderno. 2002:241-242.
26. Noha Abou-Madi, Andrew J. Baker, Sue Crissey, Donna M. Ialeggio, et al. Manual Para el Mantenimiento de Callitrichidos. 2ª ed. Vince Sodaro y Nancy Saunders 1999.

27. Nollet, M. L. Leo. Handbook Analitical and Food Analisis. New York:Marcel Dekker Inc. 1996:601-647.
28. Norris O. David, Vertebrate endocrinology. 3ra. ed. Academic Press. 1997:542-557
29. Nutrient Requirementes of Nonhuman Primates, second revised edition. 2003 <http://www.nap.edu/openbook.php?record-id=98268page=80> consultado el día 18 de agosto 2012 8:30 hrs.
30. Okitolonda, W.; Bricharid, S.M.; Henkin, J.C. “Repercussions of chronic protein energy malnutrition on glucose homeostasis in the rat”. Diabetologia, 30:946-951. (1987).
31. Parejo Aparicio Miguel. Radiación solar y su aprovechamiento energético. Barcelona España:Técnicas Marcombo. 2010:14-43.
32. Paul A. Garber, Warren G. Kinzey. Feeding Adaptations in New World Primates: An Evolutionary Perspective: Introduction. American Journal of Physical Anthropology 88:411-413(1992).
33. Preston-Mafham Rod and Ken. Primates of the world. Facts on file, Inc. 1999:14-15, 45-52,135-136.
34. Rafael Martín Lamaison. Apuntes: Energía Solar Fotovoltaica (ESF) Tema: Radiación Solar. 2004.
35. Revista de la Asociación de Veterinarios de Vida Silvestre 2005, Volumen 1 Número 1. <http://issuu.com/vetsvidasilv/docs/raavs050101> consultado el lunes 17 de mayo de 2010 23:00 hrs.
36. Robbins y Cotran, Patología estructural y funcional. 7<sup>a</sup> ed. España:Elsevier. 2005:1278- 1282, 1286-1292.
37. Robbins. Patología estructural y funcional. 6<sup>a</sup> ed. España:Mc Graw Hill- Interamericana 2000:257-258, 657.
38. Uri A. Liberman, Donald de Grange and Stephen J. Marx. Low affinity of the receptor for  $1\alpha$ 25-dihydroxyvitamin D, in the marmoset, a New World monkey. Volume 182, number 2. March 1985.

39. Varela N. Consideraciones anatómicas de importancia clínica en los primates neotropicales. Revista de la asociación de veterinarios de vida silvestre. 1:15-27 (2005)
40. [www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/](http://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/frutas/frutas-frescas/) consultado el sábado 14 de enero de 2012 21:30 hrs.
41. [www.macacos.d/?page-id=14](http://www.macacos.d/?page-id=14) consultado 20 de febrero 2012 11:00 hrs.
42. [www.mazuri.com/product\\_pdfs/5041.pdf](http://www.mazuri.com/product_pdfs/5041.pdf) consultado el viernes 13 de mayo de 2011 10:00 hrs.
43. [www.mazuri.com/product\\_pdfs/5C2A.pdf](http://www.mazuri.com/product_pdfs/5C2A.pdf) consultado el sábado 14 de mayo de 2011 18:45 hrs.
44. [www.mazuri.com/product\\_pdfs/5MA5.pdf](http://www.mazuri.com/product_pdfs/5MA5.pdf) consultado el viernes 13 de mayo de 2011 10:30 hrs.
45. [www.mazuri.eu/mediapool/78/786184/data/DATA/30\\_NW\\_Primate\\_Gluten\\_free\\_20.pdf](http://www.mazuri.eu/mediapool/78/786184/data/DATA/30_NW_Primate_Gluten_free_20.pdf) consultado el sábado 14 de mayo de 2011 18:05 hrs.
46. [www.mhhe.com/zoology](http://www.mhhe.com/zoology)
47. [www.nap.edu/openbook.php?record\\_id=9826&page=117](http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=9826&page=117) consultado el jueves 12 de enero de 2012 9:30 hrs.
48. [www.pixelteca.com/biolog/primates/primates.html](http://www.pixelteca.com/biolog/primates/primates.html) consultado 18 de enero 2012 14:00 hrs.
49. [www.rainfer.com](http://www.rainfer.com) Boletín del centro de rescate de primates Rainfer.
50. [www.slideshare.net/latiatuca/espectro-electromagnetico](http://www.slideshare.net/latiatuca/espectro-electromagnetico) consultado el día 10 agosto de 2011 22:00 hrs.