

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**



Composición de la dieta y etología del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el sureste de Coahuila y norte de Zacatecas, México.

Tesis

Que presenta **Jiesi Sabdiel Roque Rodríguez**

Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Composición de la dieta y evaluación de variables etológicas de Águila Real (*Aquila chrysaetos*) en el sureste de Coahuila y norte de Zacatecas.

Tesis

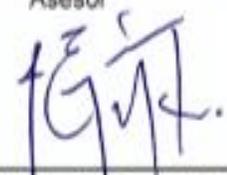
Elaborada por JIESI SABIÉL ROQUE RODRÍGUEZ como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del comité de asesoría


Dr. Eloy Alejandro Lezano Cavazos
Asesor Principal


Dr. Miguel Ángel Mellado Bosque
Asesor


Dr. Saúl Ugalde Lezama
Asesor


Dr. Guillermo Romero Figueroa
Asesor


Dr. José Eduardo García Martínez
Asesor


Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado


Dr. Marcelino Cabrera De la Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

- A Dios por darme la vida y Fe para superarme, por ser mi fortaleza en momentos difíciles, llenando mi vida de esperanza para un mejor mañana.
- Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) de México, por el apoyo económico brindado durante dos años, con lo cual me mantuve y pude realizar este trabajo.
- Al Fondo Mexicano Para la Conservación de la Naturaleza (FMCN), por el financiamiento para la realización de este proyecto y a las personas que estuvieron detrás de esto: Director. Lorenzo Rosenzweig, Enrique Cisneros Tello, Francisco Ehrenberg, Karime Álvarez.
- A la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (UAAAN UL), Programa de Producción Agropecuaria, por permitirme cursar el grado de MC.
- A la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) lugar donde realice mi estancia académica, en especial agradezco al Dr. Saúl Ugalde por recibirme y atenderme durante ese periodo.
- A mi comité de asesores: al Dr. ELOY ALEJANDRO LOZANO CAVAZOS, por brindarme la oportunidad de trabajar en esta investigación, por sus enseñanzas y su amistad, de igual manera agradezco al Dr. MIGUEL ANGEL MELLADO BOSQUE, al Dr. SAÚL UGALDE LEZAMA, al Dr. GUILLERMO ROMERO FIGUEROA y al Dr. JOSE EDUARDO GARCIA MARTÍNEZ, por formar parte de este trabajo.
- A mis padres Diego Roque y Saraí Rodríguez por el apoyo moral, económico y por cada uno de los esfuerzos realizados para que yo pudiera culminar esta meta.

DEDICATORIA

A todas y cada una de las personas que formaron parte de este gran proyecto y que de una u otra forma han influido en mi formación profesional, a las personas que depositaron su confianza en mí hoy les digo ¡gracias!

MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA.

El suscrito, **Jiesi Sabdiel Roque Rodríguez**, estudiante del programa Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria con perfil en Fauna Silvestre, con matrícula 41103279 y autor de la presente tesis, manifiesto que:

- 1.- Reconozco que el plagio académico constituye un delito que está penado en nuestro país.
- 2.- Las ideas, opiniones, datos e información publicadas por otros autores y utilizadas en la presente Tesis, han sido debidamente citadas reconociendo la autoría de la fuente original.
- 3.- Toda la información consultada ha sido analizada e interpretada por el suscrito y redactada según su criterio y apreciación, de tal manera que no se ha incurrido en el "copiado y pegado" de dicha información.
- 4.- Reconozco la responsabilidad sobre los derechos de autor de los materiales bibliográficos consultados por cualquier vía y manifiesto no haber hecho mal uso de ninguno de ellos.
- 5.- Entiendo que la función y alcance de mi comité de asesoría, está circunscrito a la orientación y guía respecto a la metodología de la investigación realizada por la siguiente tesis, así como del análisis e interpretación de los resultados obtenidos, y por tanto eximo de toda responsabilidad relacionada al plagio académico a mi Comité de Asesoría y acepto que cualquier responsabilidad relacionada al respecto es únicamente mía.

ATENTAMENTE



Jiesi Sabdiel Roque Rodríguez

Tesista de Mc. Producción Agropecuaria

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA.....	ii
MANIFIESTO DE HONESTIDAD ACADÉMICA.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN	3
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo general.....	4
1.2.1 Objetivos específicos.....	4
1.3 HIPÓTESIS.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1. Biodiversidad en México	6
2.3. Clasificación taxonómica y sistemática	7
2.4. Descripción del AR	7
2.5. Distribución mundial	10
2.6. Distribución histórica y actual en México.....	11
2.7. Hábitat a nivel mundial.....	11
2.8. Hábitat en México	12
2.9. Amenazas y estado de conservación	13
2.10. Diagnostico poblacional.....	14
2.11. Ecología reproductiva y ciclo de vida del AR.....	15
2.12. Dieta del Águila Real.	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1. Ubicación y desarrollo del primer año de estudio.	22
3.2. Criterios de selección para el sitio de estudio.	22

3.3. Organización del plan de trabajo.	23
3.5. Componentes principales del sistema.	25
3.6. Proceso de instalación de la Cámara.....	27
3.7. Procedimiento de extracción de información.....	28
3.9. Medidas preventivas del trabajo en ejecución.	41
3.10. Análisis de la información.	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	45
4.1. Composición de la dieta del AR.	45
4.4. Amplitud del nicho trófico y biomasa.....	49
4.5. Preferencias alimenticias.....	55
4.6. Evaluación de variables etológicas en el nido del AR.	57
V. CONCLUSIÓN.....	66
VI. LITERATURA CITADA.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Anatomía del águila real.....	8
Figura 2. Características de un Juvenil de Águila Real.	10
Figura 3. Ubicación del área de estudio y casco del Rancho los Ángeles (UAAAN).....	22
Figura 4. Sistema de la cámara del nido de Águila Real.	26
Figura 5. Representación esquemática de la integración del equipo de videograbación.	27
Figura 6. Ventana de inicio de HDOnTap.	29
Figura 7. Pestaña con panel de control.	30
Figura 8. Ícono de grabación.	31
Figura 9. Descripción de las etapas de grabación.	31
Figura 10. Ventana de selección de archivos y de destino.	32
Figura 11. Ventana de selección de Nest Cam.....	33
Figura 12. Ventana de selección de fecha y horas a exportar.	33
Figura 13. Estatus de estado de descarga.	34
Figura 14. Menú del NAS y carpeta del File Station.	35
Figura 15. Pasos para descarga de información del File Station.....	35
Figura 16. Apartado de descarga del File Station.....	36
Figura 17. Ubicación del nido, municipio de Mazapil y la cercanía con la Mina Peñasquito.....	39
Figura 18. Porcentajes de artículos de la dieta en RLA.	45
Figura 19. Porcentajes de artículos de la dieta en MZP.	46
Figura 20. Distribución de cantidad de entregas de alimento en RLA durante la temporada reproductiva 2016.....	47
Figura 21. Distribución de cantidad de entregas de alimento en MZP durante la temporada reproductiva 2017.....	48
Figura 22. Histograma de distribución comparativa del cuidado parental general durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.....	57

Figura 23. Histograma de distribución comparativa de la alimentación a pollos por adultos durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.	58
Figura 24. Histograma de distribución comparativa de restauración del nido por adultos durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.	59
Figura 25. Histograma de distribución comparativa de entrega de alimento por adultos al nido durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.....	61
Figura 26. Histograma de distribución comparativa de autoconsumo de alimento por el pollo durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.	62
Figura 27. Histograma de distribución comparativa de termoregulación durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.....	63
Figura 28. Gráfico de regresión lineal logística de presencia y ausencia por las noches de los padres en RLA.....	64
Figura 29. Gráfico de regresión lineal logística de presencia y ausencia por las noches de los padres en MZP.	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Medidas Corporales de un macho y una hembra de Águila Real	9
Tabla 2: Estadios de vida del águila real.	18
Tabla 3. Frecuencia y biomasa de presas en nidos de águila real RLA durante la temporada reproductiva 2016.....	49
Tabla 4. Frecuencia y biomasa de presas en nidos de águila real de MZP durante la temporada reproductiva 2017.	50
Tabla 5. Amplitud de nicho trófico de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente.	51
Tabla 6. Traslape de nicho trófico de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente.	53
Tabla 7. Diferencias significativas entre alimentos de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente....	54
Tabla 8. Índice de preferencia de las presas de águila real en los nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017 (años combinados). ..	55

RESUMEN

El águila real (*Aquila chrysaetos*) (AR) es un ave emblemática del Desierto Chihuahuense catalogada como una especie amenazada en México, la cual ha sido escasamente estudiada en aspectos de su ecología trófica. El presente estudio se instalaron dos video cámaras para evaluar la dieta de los pollos de AR. La primera cámara fue ubicada en el Rancho los Ángeles al sureste de Saltillo, Coahuila (sitio 1) en el 2016 y la segunda cámara en el área conocida como Peña del Águila (sitio 2; norte del estado de Zacatecas) en el 2017. El sitio 1 tuvo la presencia del perro de la pradera (*Cynomys mexicanus*) en gran parte del paisaje, siendo ausente en el sitio 2. La evaluación inició desde la tercera semana del desarrollo del pollo AR hasta el abandono del nido, evaluándose 50 y 48 días consecutivos en el sitio 1 y 2, respectivamente. La cantidad de horas de video analizadas fueron 1,200 y 1,152 en sitio 1 y 2, respectivamente. Las variables evaluadas fueron: riqueza de especies de presas y frecuencia relativa de las mismas. En el sitio 1, el 84% de la dieta del AR consistió en perrito llanero, 8% conejos, 3% liebres, 3% ardillas, 2% comadreja y 1% ratones. El sitio 2, la liebre representó el 28% de la dieta, conejo 18%, ratón 18%, la ardilla, zopilote, aves no identificadas y zorrillo representaron el 11%, 7%, 5% y 3%, respectivamente. Los zorros, lagartijas, serpientes, comadrejas, y especies no identificadas ocuparon el 2%, respectivamente. La cantidad de especies presas (5) en el sitio 1 fue 54 % menor que el sitio 2 con 11 especies de presas. El perro de la pradera fue la presa más importante en el sitio 1, mientras que los lagomorfos fueron más importantes en el sitio 2.

Palabras clave: Águila Real, dieta, composición, amplitud, pollo de águila.

ABSTRACT

The golden eagle (*Aquila chrysaetos*) (GE) is an emblematic bird of the Chihuahuan Desert considered as an endangered species in Mexico, which has been poorly studied regarding its trophic habits. A video camera was installed in southern Coahuila (site 1) in 2016, whereas a second one in northern Zacatecas in 2017. The site 1 represented a prairie dog (*Cynomys mexicanus*) colony complex while on the site 2 was absent. The evaluation began from the third week of the poult development until the nest was abandoned. 50 and 48 consecutive days in site 1 and 2 were evaluated, respectively. The number of video hours analyzed was 1,200 and 1,152 in site 1 and 2, respectively. The variables evaluated were: prey species richness and its relative frequency. Site 1 recorded 84 % prairie dog in the GE diet, whereas rabbits, hares, squirrels, weasel and mice represented, 8, 3, 3, 2 and 1 %, respectively. For site 2, hares represented 28 % of prey, while rabbit and mouse represented 18 and 18 %, respectively. Squirrel, buzzard, unidentified birds and skunk represented 11, 7, 5 and 3 %, respectively. Foxes, lizards, snakes, weasels, and unidentified species occupied 2%. The prairie dog represented the most important prey for the GE within the colonies complex of this species, and in its absence, the lagomorphs were the commonest prey.

Key words: Golden eagle, diet, composition, amplitude, golden eagle poult.

I. INTRODUCCIÓN.

Las aves son el segundo grupo de vertebrados más numerosos que existe en la tierra después de los peces, lo anterior, es debido a la adaptabilidad que tienen para vivir en diferentes condiciones geográficas, topográficas y variedades de climas (Gilbert-Isern *et al.*, 2014). A nivel global se tiene conocimiento de aproximadamente 8,600 especies de aves, de este total, México tiene registradas hasta el momento 1,150, ya que es uno de los países con mayor abundancia y diversidad faunística. (Garza de León, 2003; PROCER, 2014; CONABIO, 2018).

La variedad de ecorregiones presentes en México permite que sea un país con una amplia diversidad, dentro del cual se albergan y transitan una gran variedad de aves (Galileo, 1993). Las aves rapaces también conocidas como aves de presa o aves de rapiña constituyen un grupo homogéneo que se clasifica en dos grandes ordenes: nocturnas (*Strigiformes*) y diurnas (*Falconiformes*) (Dunn y Alderfer, 2006). El águila real (AR) (*Aquila chrysaetos Linnaeus, 1758*) es un ave rapaz majestuosa e imponente por su tamaño y alas de gran envergadura, el porte refiere una extraordinaria fuerza, capacidad de volar alto, rápido y por mucho tiempo, con poderosas patas, garras afiladas y pico curvo extremadamente duro diseñado para desgarrar, además de poseer la visión más desarrollada del reino animal para la búsqueda a grandes distancias, características que la hacen ubicarse en el ápice de la cadena alimenticia (Rodríguez-Estrella, 2002; CONANP, 2008; Watson, 2010; Procer, 2014).

Los depredadores de ápice o depredadores tope se consideran como estabilizadores en la estructura de los ecosistemas, teniendo un efecto directo en la cadena alimenticia y la dinámica trófica (Watson, 2010; De León, 2017). La presencia de depredadores tope mantiene el equilibrio y regula los niveles de diversidad biológica. En este contexto, la importancia del AR como controlador de poblaciones que se encuentran por debajo de ella determinará la buena, regular o

mala calidad de un hábitat (Ferguson Lee and Christie, 2001; Sergio e Hiraldo, 2008).

La distribución geográfica de esta especie a nivel mundial cubre muchas regiones que van de extensos bosques templados hasta las regiones desérticas, del nivel del mar hasta más de 3, 500 msnm recorriendo con gran facilidad las diferentes geoformas que el paisaje ofrece. En México su distribución es limitada encontrándose solo en algunas partes del centro y norte el país (Kocher *et al.*, 2002; Rodríguez-Estrella, 2002; Watson, 2010). A través de la historia, para los humanos esta ave ha sido utilizada como representación de poder, permitiendo que muchas civilizaciones tomaran inspiración de ella para la guerra y creación de imperios, como es el caso del surgimiento de “La gran Tenochtitlan” hoy “Ciudad de México” donde fue considerada símbolo vivo para los Aztecas y que se ha conservado para posterioridad de los hoy mexicanos (Eccardi, 2008; Gracida, 2012).

Aunque se asume que esta especie tan simbólica debería ser ampliamente conocida, aceptada, culturalizada y sobre todo protegida, no es así, contrario a esto, las poblaciones en México se encuentran “amenazadas” de acuerdo a la NOM-059- (SEMARNAT, 2010), como consecuencia de factores antropogénicos que han modificado y deteriorado a gran escala los hábitats. A nivel internacional se encuentra considerada como una especie de “preocupación menor” dentro de la lista de especies amenazadas de la Unión Internacional de la Conservación de la Naturaleza debido a su alcance de distribución amplio, la cual no se debe subestimar la función que tiene dentro del ecosistema y que por consecuencia de llegar a la extinción traería graves problemas a la vida silvestre (BirdLife International, 2016).

Estudiar esta especie permite tener un panorama más claro de acciones que contribuyan a su conservación, ya que el AR por ser una especie bandera “sombrija” considerada súper depredador, es indicadora del buen funcionamiento

de los ecosistemas, estando intrínseca y directamente relacionada con la dinámica poblacional y trayendo consigo gran parte del equilibrio ecológico.

Por tal motivo por primera vez en México se tiene la iniciativa de la instalación de dos video cámaras de grabación 24/7 de alta definición directamente en los nidos de dos parejas de AR. Este trabajo tiene como objetivo ampliar la información acerca del comportamiento básico del AR, contribuyendo específicamente en su ecología trófica de su etapa reproductiva en el sureste del Coahuila y norte de Zacatecas, México.

1.1 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó con la finalidad de estudiar aspectos básicos de su ecología trófica durante la época de crianza en el nido. Lo anterior, representa el primer estudio en México con utilización de tecnología de punta que ha permitido conocer a detalle la caracterización de sus presas, sus abundancias y aspectos de comportamiento durante el desarrollo y crianza de los pollos por la pareja de padres.

Asimismo, este estudio contrasta la comunidad de especies presa representativas en dos sitios ecológicos dentro del desierto chihuahuense representados en uno de ellos por una especie clave como lo es el perro de las praderas.

Información sobre registros de entregas de alimento, tiempos de las mismas, período de tiempo empleado en horas específicas del día como alimentación de padres al pollo, auto alimentación del mismo, limpieza de nidos principalmente reflejan la inversión de tiempo de cuidado de los padres y su posible repercusión de sobrevivencia de los mismos una vez abandonado el nido.

El presente estudio por ser único en su naturaleza en México dará la pauta para futuros estudios relacionados a disponibilidad de presas en territorios activos y no activos de la especie, asimismo fungirá como una herramienta para para identificar futuros sitios de conservación prioritaria para asegurar la viabilidad poblacional de esta especie a largo plazo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Determinar la composición de la dieta y evaluar variables etológicas de dos nidos de águila real en el sur de Coahuila y norte de Zacatecas, México.

1.2.1 Objetivos específicos

- Evaluar y comparar la riqueza de la dieta en dos sitios distintos.
- Evaluar la abundancia relativa de cada especie en la dieta.
- Estimar el porcentaje de biomasa de la dieta.
- Evaluar la frecuencia de entregas de presas.
- Determinar el tiempo invertido en el cuidado parental general.
- Determinar el tiempo invertido en la alimentación de pollos por adultos.
- Determinar el tiempo invertido en el autoconsumo por los pollos.
- Determinar el tiempo invertido a la termorregulación de los pollos.
- Determinar el tiempo de restauración de nido por adultos.
- Determinar la presencia y ausencia de los padres por las noches.

1.3 HIPÓTESIS

- *Ha.* La riqueza de especies presa será menor en el Rancho Los Ángeles (RLA) con respecto al nido de Mazapil, Zacatecas (MZP).
- *Ha.* La abundancia relativa de especies presa será mayor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* El porcentaje de biomasa por especie de presa será mayor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* La frecuencia de entregas de especies presas será mayor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* El tiempo de cuidado parental será mayor en (RLA) que en (MZP).

- *Ha.* El tiempo de alimentación de pollos por adultos será mayor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* El tiempo de autoconsumo por pollos será menor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* El tiempo de termorregulación por los pollos será menor en (RLA) que en (MZP).
- *Ha.* El tiempo de restauración del nido será similar entre (RLA) y (MZP).
- *Ha.* La presencia de padres por las noches en los nidos disminuirá progresivamente a partir de la séptima semana de desarrollo del pollo en (RLA) y (MZP).

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Biodiversidad en México

La investigación en México es limitada para especies como el AR, a pesar de ello, podemos partir del conocimiento aportado por Estados Unidos y Canadá, quienes han realizado mayores esfuerzos para acumular información relacionada al tema, tomando en cuenta que, muchas de las amenazas y parte del comportamiento biológico que la especie tiene dentro del territorio mexicano, es compartido con las poblaciones más norteamericanas (De León, 2017).

La abundancia de aves en México es muy alta, existiendo hasta el momento 1,150 especies de aves registradas, de las cuales 777 son residentes y 448 migratorias de invierno, verano o transitorias, algunas de ellas pueden ser residentes o migratorias (CONABIO, 2018). Esta diversidad biológica es debido a sus variables ecosistémicas, climatológicas y de paisajes naturales (CONABIO, 2015; CONABIO, 2018).

Las aves rapaces son un grupo cosmopolita y en muchas culturas tienen gran simbolismo (Gracida, 2012; Procer, 2014), sus características son adaptaciones que la evolución les definió. A nivel global actualmente se tiene registro de 281 especies de aves rapaces diurnas y 165 nocturnas, tan solo en México se registran 87, entre ellas, el cernícalo americano, el cóndor californiano y el águila real, tres especies son endémicas, el búho tamaulipeco, del Balsas y colimense. Además, un total de 60 de ellas (casi el 70%) se encuentran bajo alguna categoría de riesgo, 14 de ellas (16%) en peligro de extinción y dos probablemente extintas: el caracara comeCACAO y el caracara de Isla Guadalupe (SEMARNAT, 2010; CONANP, 2011; CONABIO 2015).

2.2. Aspectos del Águila Real

Coincidentemente a la actualidad, las águilas en algún punto de la historia en todos los continentes se han encontrado en peligro de extinción por diversos factores (Kocher *et al.*, 2002; Gracida, 2012), esto debido a que anteriormente se prestaba poco o nulo cuidado a la explotación y perturbación de la vida silvestre, siendo hasta principios del siglo XX cuando en algunos lugares se comenzó a dar más atención al cuidado de la naturaleza, conscientes del impacto que representaban las actividades humanas, comenzando así, una nueva era, mejor controlada y encaminada cada vez más hacia la concientización medioambiental (Gracida, 2012; Tavizón, 2014).

2.3. Clasificación taxonómica y sistemática

Reino: Animalia

Phylum: Chordata

Clase: Aves

Orden: Falconiformes

Familia: Accipitridae

Género: *Aquila*

Especie: *Aquila chrysaetos* (Linnaeus, 1758)

Subespecie en América: *Aquila chrysaetos canadensis*

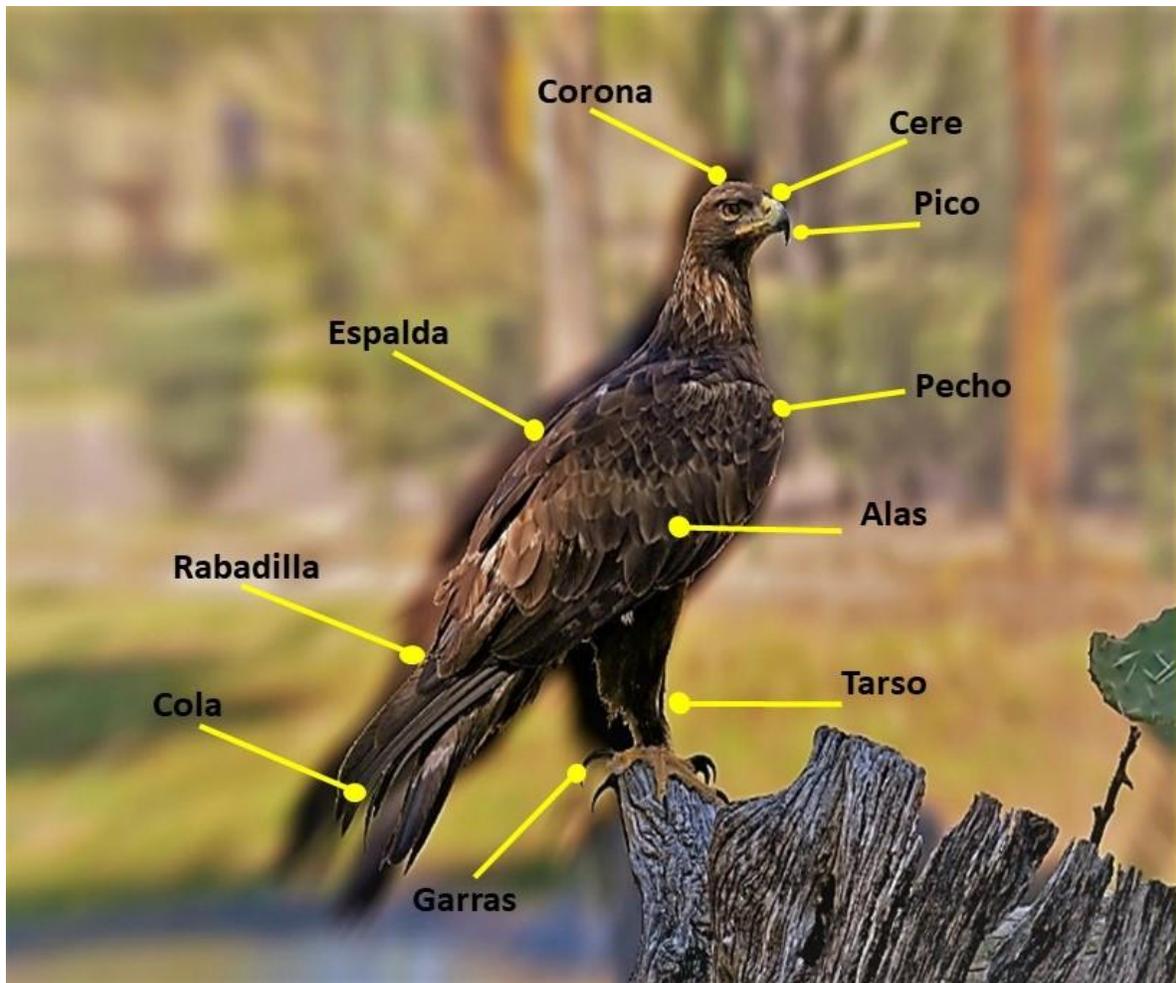
Nombre común: Águila Real, águila dorada

2.4. Descripción del AR

El águila real o águila dorada, pertenece al género *Aquila Chrysaetos* de la familia *Accipitridae*, sus características son: color café oscuro con incidencias doradas en la cabeza, cuello y espalda, el dorso es castaño oscuro con matices rojizos y dorados, la punta de su pico es robusta y ganchuda color negro (Ferguson-Lees y Christie, 2001; CONANP, 2008), mientras que el cere y las patas son amarillas, sus tarsos están cubiertos con plumas hasta los dedos, los cuales son gruesos y cortos,

las garras son de color negro largas y fuertes (Rivera, 1998; Kocher *et al.*, 2002; CONANP, 2008), (Figura 1).

Figura 1. Anatomía del águila real. (CONANP, 2014), Fotografía: Luis Felipe Lozano Román. Centro de educación ambiental y recreativo Rodolfo Landeros Gallegos Aguascalientes, Aguascalientes.



Con base a las características del plumaje no se responde a un dimorfismo fenotípico entre el macho y la hembra, pero, la diferencia sexual se expresa en el tamaño, siendo un dimorfismo inverso (Watson, 2010). Comparado con otras rapaces, el grado de dimorfismo es moderado (Newton, 1979), siendo la masa corporal un 70% de los machos con respecto al de las hembras, (Rodríguez-Estrella, 2002; CONANP, 2008; Watson, 2010). En la tabla 1 se describen las diferencias de medidas corporales entre un macho y una hembra.

Tabla 1. Medidas Corporales de un macho y una hembra de Águila Real

Características	Hembra	Macho
Peso	3.8 a 6.6 kg	3.5 a 6 kg
Altura	0.9 a 1 m	0.80 a 0.87 m
Envergadura	2.15 a 2.27 m	1.82 a 2.12 m
Longitud plumas de la cola	29 a 33 cm	26 a 31 cm
Longitud de la garra posterior	4.9 a 6.3 cm	4.5 a 5.2 cm

Por otra parte, los juveniles presentan características distintas, se distinguen principalmente por tener un plumaje más oscuro, cuando están volando o perchados con las alas extendidas, se les puede observar una mancha blanca en la parte ventral, cerca del extremo de cada ala, así como una franja en las plumas de la cola color negro (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Kocher *et al.*, 2002; CONANP, 2008), (Figura 2).

La etapa juvenil es aproximadamente de 1 año, convirtiéndose posteriormente en un subadulto. A partir de los 4 años de edad puede iniciar la etapa reproductiva con un sitio, y pareja ya establecida, esto estará en función de la territorialidad, competencia y disponibilidad de alimento (PACE, 2015).

Figura 2. Características de un Juvenil de Águila Real. (CONANP, 2014), Fotografía: Luis Felipe Lozano Román. Centro de educación ambiental y recreativo Rodolfo Landeros Gallegos Aguascalientes, Aguascalientes.



2.5. Distribución mundial

El AR por ser una especie con distribución holártica a nivel mundial abarca muchas regiones, se encuentra en Europa, Asia, África y América (Watson, 2010). Se tienen registros de anidación en Escocia y Rusia, Francia, los Alpes centrales, los Apeninos de Italia, las islas de Córcega, Cerdeña y Sicilia y los Balcanes (Watson 2010; Tavizón, 2014). Se han reconocido 6 subespecies con poblaciones tanto residentes como migratorias, las cuales están presentes en los continentes antes mencionados, la separación ha sido basada principalmente en diferencias de tamaño y coloración del plumaje (Watson, 2010; CONABIO, 2011; De León, 2017). La especie *Aquila Chrysaetos chrysaetos*, se distribuye en Rusia, Europa, Escocia hasta la península de Italia. *Aquila chrysaetos homeyeri*, distribuida al norte de África y con recientes avistamientos en las montañas de Etiopía. *Aquila Chrysaetos daphanea*, ocupando la región del Himalaya, este de Irán y Pakistán. *Aquila*

chrysaetos Kamtschatica, su distribución abarca Siberia y Altái. *Aquila chrysaetos Japonica*, considerada la subespecie más pequeña y distribuida en Japón y la península de Corea. *Aquila chrysaetos Canadensis*, subespecie que está distribuida en la región Neártica, abarcando desde Alaska hasta la parte norte y centro de México (Watson, 2010).

2.6. Distribución histórica y actual en México

Históricamente el águila real cubría gran parte del territorio nacional abarcando las sierras madres y altiplanicies mexicanas, se estima que esta ave estuvo distribuida en más del 50% del territorio, actualmente, su distribución está restringida en los estados de Baja California, Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Jalisco, Aguascalientes y Zacatecas (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Rodríguez-Estrella, 2002; Procer, 2014).

Existen estados que contaron con distribución histórica de la especie y que se consideraban con poca o nula presencia de la misma hasta hace pocos años, ya que reportes de avistamientos recientes indican una recolonización que puede estar en función de la migración y dinámica poblacional en áreas como Guanajuato, Aguascalientes, Michoacán, Querétaro, Hidalgo, Estado de México y Oaxaca (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Rodríguez-Estrella, 2002; CONABIO, 2014; Procer, 2014; De León, 2017).

2.7. Hábitat a nivel mundial

Esta especie tiene la capacidad de habitar en distintos ecosistemas y hábitats dentro de su distribución, tienen preferencia hacia sitios abiertos en combinación con terrenos montañosos, en la región subártica buscan los bordes y áreas más hiperbóreas (Ferguson-Lees y Christie, 2001). En América del Norte, Alaska, Canadá, Estados Unidos y México se encuentra en estos tipos de vegetación: chaparrales, matorrales, praderas abiertas, bosques de conífera y vegetación de tipo tundra, para su reproducción son construidos nidos en acantilados de montaña,

colinas y cañones, árboles grandes, praderas abiertas, áreas limítrofes cerca de áreas agrícolas, en vegetación riparia y tipo tundra (Kochert, 1972; Menkens y Anderson, 1982; Poole y Bromley, 1988; Watson, 2010). En la región con poblaciones más sureñas habitan en el desierto semi conservado e incluso estéril en áreas compuestas por montañas, acantilados y riscos (Ferguson-Lees y Christie, 2001; Madero y Gardner, 2015).

2.8. Hábitat en México

En México el AR vive en ecosistemas variados, por ser esta la zona geográfica de su distribución sureña y tener más de la mitad de su territorio dentro de la región neártica, ofrece hábitats que albergan parejas residentes y que también son utilizadas en los recorridos que hace la especie durante la época de migración (PACE, 2015; CONABIO, 2018), cubriendo desde la zona costera hasta abarcar los matorrales, pastizales, valles, laderas de montañas, cañadas, praderas, bosques de encino y chaparral así como ambientes desérticos (Rodríguez-Estrella, 2002; De León, 2017). También se ha observado en hábitats abiertos de diferentes tipos, (desierto tropical y subtropical, clima semiárido, estepa tropical y subtropical, clima frío de alta montaña), y se le puede encontrar desde el nivel del mar, hasta los 3,000 metros de altitud (Rodríguez-Estrella, 2002). Construyen sus nidos en paredes rocosas generalmente ubicados en las barrancas y cañones, regularmente cerca de grandes extensiones de terreno abierto (Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez, 2005; PACE, 2014; CONANP, 2014). Existen registros más actuales de águilas anidando sobre grandes árboles de pino (Camacho y Solís, 2015; Lozano-Cavazos com. pers. 2016). Estos nidos son construidos con ramas apiladas y forrados con diferentes tipos de vegetación, que anualmente son rehabilitados para su activación (Madero y Gardner, 2015).

2.9. Amenazas y estado de conservación

El creciente aumento de la población humana surgido a finales del siglo XIX y principios del siglo XX, afectó y continúa afectando a muchas especies animales y sus hábitats, esta presión antropogénica ha provocado que la diversidad biológica se haya limitado hasta puntos alarmantes poniendo en peligro la vida natural (Kochert *et al.*, 2002). El AR es una especie muy susceptible a la perturbación, sobre todo en la etapa reproductiva, por ende, es una de las más afectadas (Watson, 2010).

Ranson *et al.*, 2005 han registrado que al menos el 70% de la mortalidad directa o indirectamente del AR responde a causas asociadas al hombre, clasificando algunas de ellas: 1) trauma accidental (colisiones por vehículo, líneas de electricidad u otras estructuras), 2) envenenamiento por plomo, 3) electrocución, 4) disparos por arma y 5) envenenamiento directo.

En México este accipítrido enfrenta diversos factores de riesgo que comprometen la viabilidad de sus poblaciones, de acuerdo con la (CONANP y la CONABIO, 2014). Dentro de las principales causas de amenaza para la especie están la pérdida y modificación de su hábitat, la conversión de pastizales y áreas abiertas en áreas agrícolas, ganaderas, urbanas o turísticas, lo cual promueve la disminución de presas potenciales, así como la reducción de sitios propicios para la reproducción. Otras amenazas reales que enfrenta el AR es la muerte por cacería de ejemplares provocado a causa de la falsa creencia de depredación hacia las crías de ganado, o simplemente como trofeo para su comercialización (Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez, 2005). Asimismo, la captura de individuos, ya sean huevos, aguiluchos o juveniles con fines comerciales o para cetrería, factores que afectan la condición física y biológica, reduciendo el éxito reproductivo tales como: ingesta directa o indirecta de compuestos tóxicos en sus presas, pesticidas organoclorados, compuestos organofosforados entre otros agroquímicos (Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez, 2005; CONANP, 2008; PACE, 2014).

La perturbación causada por la minería, carreteras y caminos en México también amenaza la vida natural de estas aves, la infraestructura carretera es la que tiene

mayor presencia en los territorios de anidación, de acuerdo al (PACE, 2014), de los 101 territorios de anidación, 43 registraron carreteras federales, estatales o caminos, mientras que en la cuestión minera, 32 de los 101 territorios tuvieron esta actividad, de acuerdo a estos registros de los 10 estados con sitios de anidación de AR, 9 tienen actividades mineras, siendo el estado de Zacatecas el que tiene mayor cantidad de sitios con esta actividad, mientras que Jalisco es el único estado que no se reporta con actividad minera.

Por lo anterior, en México el AR actualmente se encuentra en la categoría de especie “amenazada”, de acuerdo con la NOM-059- (SEMARNAT, 2010), no obstante, a pesar de las amenazas antes mencionadas, existe un reciente análisis donde se muestra que un 27% de los 101 territorios identificados presenta algún tipo de vegetación modificado o inducido por el hombre, tales como: áreas urbanas, agricultura de riego o temporal, pastizal, etc. Lo anterior indica que las AR se pueden ubicar en una gradiente de territorios remotos sin actividad humana, hasta lugares cercanos a poblados con actividad humana (CONANP, 2008; CONABIO, 2014). A pesar de ello, se tiene que tomar en cuenta que cualquier tipo de perturbación humana cerca de sus nidos, en particular, durante la temporada reproductiva representa un alto riesgo de abandono de los mismos, lo que trae como consecuencia grandes afectaciones a su tasa de natalidad (Kochert *et al.*, 2002; Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez 2005; De León, 2017).

2.10. Diagnostico poblacional

El hábitat del AR no es ocupado de forma uniforme, variación que normalmente está influenciada por la disponibilidad de alimento, la presencia humana, la topografía entre otros. El AR usa de manera continua y anual sus sitios de anidación que puede ocurrir por decenas de años (Watson, 2010). Los nidos de parejas residentes de esta especie pueden ser de 1 hasta 14 y se pueden ubicar en un área de 11 a 152 km² de superficie a la que se le denomina “territorio de anidación” (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010; PACE, 2014). Estos territorios tienen un área núcleo de movimientos y distribución de aproximadamente 3 km a la redonda en la temporada

reproductiva, que la pareja defiende de otros congéneres y de especies distintas, esto de acuerdo a estudios de telemetría satelital (McGrady *et al.*, 2002; Sergio *et al.*, 2006).

La proporción más importante de las poblaciones de AR en términos de conservación, son las parejas denominadas reproductivas con territorios ya definidos, sin embargo, existen individuos o grupos de individuos que se les denomina flotantes y que tienen interacciones con territorios de parejas ya establecidas, llegando a ocupar lugares disponibles de individuos que mueren o sitios que potencialmente ofrecen espacios para el establecimiento de nidos, así como disponibilidad de alimento, por lo anterior, es importante destacar que la estabilidad de águilas flotantes a mediano y largo plazo será determinante en la permanencia y conservación de la especie (Watson *et al.*, 2012).

La estimación de las poblaciones varía en cada región de su distribución ya que existen individuos que son migratorios o flotantes en busca de pareja reproductiva y territorio (PACE, 2015). Watson (2010) reportó que para Europa se tiene un número estimado entre 6,000 y 8,000 parejas reproductivas que se consideran normales, lo cual difiere con lo reportado por este mismo autor para el caso de Norte América donde hay un promedio entre 20,000 y 25,000 parejas reproductivas tan solo en EUA. En monitoreos anuales realizados al oeste de EUA se han reportado un promedio de 1.2 individuos por cada 100 km de transecto, y una población cuantificada entre 21,000 y 35,000 individuos (Good *et al.*, 2004, Good *et al.*, 2007). Para la región de California y Wyoming también se han reportado alrededor de 500 a 4,200 parejas de AR, respectivamente (Watson, 2010).

2.11. Ecología reproductiva y ciclo de vida del AR

El AR es una especie monógama, que se une en pareja y establece su territorio de anidación cuando alcanza la edad reproductiva, entre los 4 y 5 años, llegando a hacer reemplazo de pareja solo en caso de muerte de alguno de los individuos (Kochert *et al.*, 2002), lo cual también está ligado al cambio en el uso de sus nidos

(Watson, 2010). En México la temporada reproductiva que incluye: cortejo, construcción del nido, puesta de huevos, eclosión y crianza del pollo y/o pollos, inicia entre noviembre y diciembre prolongándose hasta los meses de mayo y junio del siguiente año (Watson, 2010; Lozano-Román, com. pers 2015).

La ecología reproductiva del AR comienza con el cortejo, en el cual las águilas realizan “vuelos nupciales” (persecuciones, vuelos ondulantes, ascensos y descensos en picada etc.), vocalizaciones, defensa del territorio, construcción, rehabilitación y/o reparación de sus nidos (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010; PACE, 2014). Con base en la apreciación de los videos que se analizaron en este estudio los nidos son construidos con ramas secas y verdes, inflorescencias y hojas principalmente (observación personal), ubicados normalmente en paredes rocosas de difícil acceso (CONANP, 2008; PACE, 2014; CONABIO 2014), también existen registros de nidos en árboles (Camacho y Solís, 2015; Lozano-Cavazos com. pers. 2016). De todos los nidos que una pareja de águilas construye, utiliza uno por año, pudiendo ocupar el mismo por varias temporadas consecutivas e inclusive heredarlo a sus progenitores por varias generaciones (Kochert *et al.*, 2002).

Generalmente la postura de los huevos ocurre entre enero y principios de febrero, aunque hay casos de postura en marzo, periodo en el cual la hembra pone de uno a cuatro huevos, siendo dos lo más común, el intervalo de postura ocurre en un periodo de tres a cinco días de diferencia (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010). La incubación normalmente lo realiza la hembra, entretanto, el macho caza y provee de alimento, existiendo ocasiones donde pueden hacer cambio para que la hembra descanse y se alimente. La eclosión de los pollos sucede más menos con el mismo desfase con que fueron puestos 43 a 45 días después (Watson, 2010).

En este trabajo se describe más a detalle la clara división de cuidados que ambos padres tienen, siendo el macho solo proveedor de comida y con frecuencias menores, quien provee la mayor cantidad de entregas es la hembra, además de involucrase fuertemente y por grandes periodos de tiempo para resguardar a las crías, particularmente durante las primeras semanas de crecimiento, coincidiendo en gran parte con lo reportado por Watson (2010).

Fisiológicamente, los pollos al nacer y a partir de las primeras ingestas de alimento presentan una conversión alimenticia alta, razón que les permite ganar peso rápidamente, pasando de 100 g a 3-4 kg entre las primeras 12 semanas de desarrollo (PACE, 2014). Ocasionalmente, el pollo que nace primero o el más dominante elimina a su hermano, picoteándolo o expulsándolo del nido, esto para quedarse con todo el alimento y las atenciones de los padres asegurando de esta manera su supervivencia, evento conocido como “cainismo” o “fratricidio”, también puede ocurrir que una de las crías sea usada como alimento para el pollo (Kochert *et al.*, 2002; PACE, 2014).

Al inicio del desarrollo los pollos no son capaces de regular su propia temperatura y auto alimentarse, comenzando a hacerlo después de la semana 4 (Watson, 2010; PACE, 2014). Durante las siguientes semanas los aguiluchos permanecen bajo cuidados intensivos y constantes por la madre, y estos van disminuyendo progresivamente conforme van creciendo, a partir de la séptima semana los pollos comienzan a extender sus alas aprovechando las corrientes de aire, practican aleteos y pequeños vuelos dentro del nido que posteriormente les servirá para emigrar del mismo (Watson, 2010). Para acelerar la salida de los pollos, los adultos dejan de proveerles alimento forzándolos a abandonar el nido, también es común que dejen alimento fuera del nido con el mismo objetivo, la salida ocurre aproximadamente a los 80 días de edad en la semana 12 (Watson, 2010; De León, 2017).

En los meses de julio y agosto cuando los polluelos ya salieron del nido y están haciendo sus primeros vuelos fuera del nido, reconociendo el terreno y aprendiendo a cazar, los aguiluchos son acompañados por sus padres, mismos que los desplazan antes de iniciar la próxima etapa reproductiva pudiéndose prolongar hasta el mes de marzo del siguiente año (De León, 2017). Cuando cumplen el primer año de vida se convierten en subadultos, integrándose al grupo conocido como flotantes siendo esta etapa cuando realizan las mayores exploraciones que pueden ser de entre 2,000 a 15,000 km² (Watson, 2010).

En la tabla 2 se describen siete estadios durante la vida de un AR (Kochert *et al.*, 2002; Rodríguez-Estrella y Rivera-Rodríguez, 2005; Watson 2010; PACE, 2015; De León, 2017).

Tabla 2: Estadios de vida del águila real.

Estadio	Duración	Descripción
Huevo	0-45 Días	Desde la puesta hasta la eclosión
Aguilucho/Pollo/Cría/Polluelo	1-80 Días (12 semanas)	De la eclosión hasta que sale del nido
Juvenil	1 Año	De la salida del nido al primer año de vida
Subadulto	3 Años	Del primer año a los cuatro años de vida
Adulto	4 Años en adelante	A partir de los cuatro años de edad
Flotante	1 Año	Del cuarto año en adelante. No tiene territorio de anidación y no se reproduce
Pareja Reproductiva	5 Años en adelante	Hembra y macho con territorio definido

En contraste, estos estadios pueden tener cierta variabilidad. Aunque la mayor proporción de individuos dentro de las poblaciones de AR son sedentarios, existe una proporción que es migratoria, estas migraciones pueden ser desde Alaska hasta el centro de México, ocupando las llamadas áreas de invernación, donde en los

meses de noviembre y febrero se estiman números altos de individuos y bajos para los meses de abril y mayo, estas zonas de invernación están localizadas en México con mayor presencia en la frontera con Estados Unidos, en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Durango (Watson, 2010; PACE, 2015; Lozano-Román, com. pers. 2015).

2.12. Dieta del Águila Real.

La dieta del AR incluye una amplia gama de alimentos que van desde carroña hasta grandes mamíferos, esta composición ha sido bien documentada en países de la Unión Europea, E.U.A. y Canadá, no es el caso para México, donde esta información es escasa y se tiene poco conocimiento sobre este aspecto (Rodríguez, 2002; Watson, 2010).

Determinar la conformación de la dieta es esencial para entender las relaciones ecológicas con su hábitat, la amplitud del nicho alimenticio, frecuencia, biomasa ofrecida y preferencia permite conocer las interacciones de poblaciones dentro de una comunidad, la variabilidad espacio-temporal es un punto de partida para establecer estrategias de manejo para su conservación (Bravo *et al.*, 2015; Watson, 2010).

La alimentación del AR también está directamente relacionada con el éxito reproductivo, se ha encontrado que depredadores de ápice como el AR, en poblaciones que se encuentran en el límite de su distribución (periferias), tienen un menor éxito de reproducción comparado con aquellas que se encuentran en su área de distribución central, esto influenciado por la cantidad de energía que ofrecen las presas disponibles y preferidas en dichas áreas (Pedrini y Sergio, 2002; Moss *et al.*, 2014; De León, 2017). Por ende, una disminución o alteración en la cantidad y calidad de presas trae como consecuencia una modificación en su estrategia de alimentación, provocando que en los límites de su distribución las águilas sean más generalistas y especialistas en las partes centrales (Pedrini y Sergio, 2002; Moss *et al.*, 2014; De León, 2017).

El AR puede obtener alimentos de forma directa en su búsqueda o mediante el cleptoparasitismo (robo de presas, oportunismo, robo de nidos, canibalismo, pesca), aunque estas son poco comunes (PACE, 2015), el consumo de agua es ocasional, obteniendo la mayor parte de agua metabólica por medio de sus presas, regurgita restos de comida que no son asimilados en pequeñas bolas llamadas egagrópilas (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010).

En la provincia de Navarra España, se distinguen dos tipos alimenticios, el primero llamado “eurosiberiano” constituido principalmente de mamíferos (liebres, carnívoros, carroña, aves y mamíferos pequeños), el segundo tipo conocido como “mediterráneo” basado casi en su totalidad por conejos (Fernández y Purroy, 1990).

En América del Norte la dieta del AR es variada pero dominada por mamíferos de talla pequeña a mediana que ocupan entre el 80 y 90% del espectro alimentario, también incluye reptiles, peces, aves y mamíferos, obtiene presas relativamente grandes como grullas, ungulados silvestres, etc. Aunque las principales presas son pequeños mamíferos, liebres (*Lepus spp.*), conejos (*Sylvilagus spp.*), ardillas (*Spermophilus spp.*), perritos llaneros (*Cynomys spp.*) y marmotas (*Marmota spp.*) (Kochert *et al.*, 2002).

En el noreste de California y noroeste de Nevada, E.U.A. (Kochert *et al.*, 2002), reportaron que la dieta está conformada por 92 % mamíferos, 6 % aves, y 2.5 % de reptiles. Para la región de Idaho la liebre cola negra (*Lepus californicus*) es una de las presas preferidas, también se han hecho reportes de la dieta en invierno siendo de tipo oportunista cazando aves grandes como halcones cola roja (*Buteo jamaicensis*) y zopilotes aura (*Cathartes aura*).

En México de acuerdo a los estudios realizados por diversos autores, la mayor parte (90%) de la dieta se compone de conejos (*Sylvilagus spp.*), liebres (*Lepus spp.*), ardillas de tierra (*Spermophilus spp.*), así como de perritos llaneros (*Cynomys spp.*) estos últimos solo en los casos donde cohabita con ellos, también se puede alimentar de otras aves gallináceas o aves acuáticas y reptiles (Kochert *et al.*, 2002; Lozano y Villalobos, 2003; Bravo *et al.*, 2015; Rodríguez-Estrella, 2002; De León 2017).

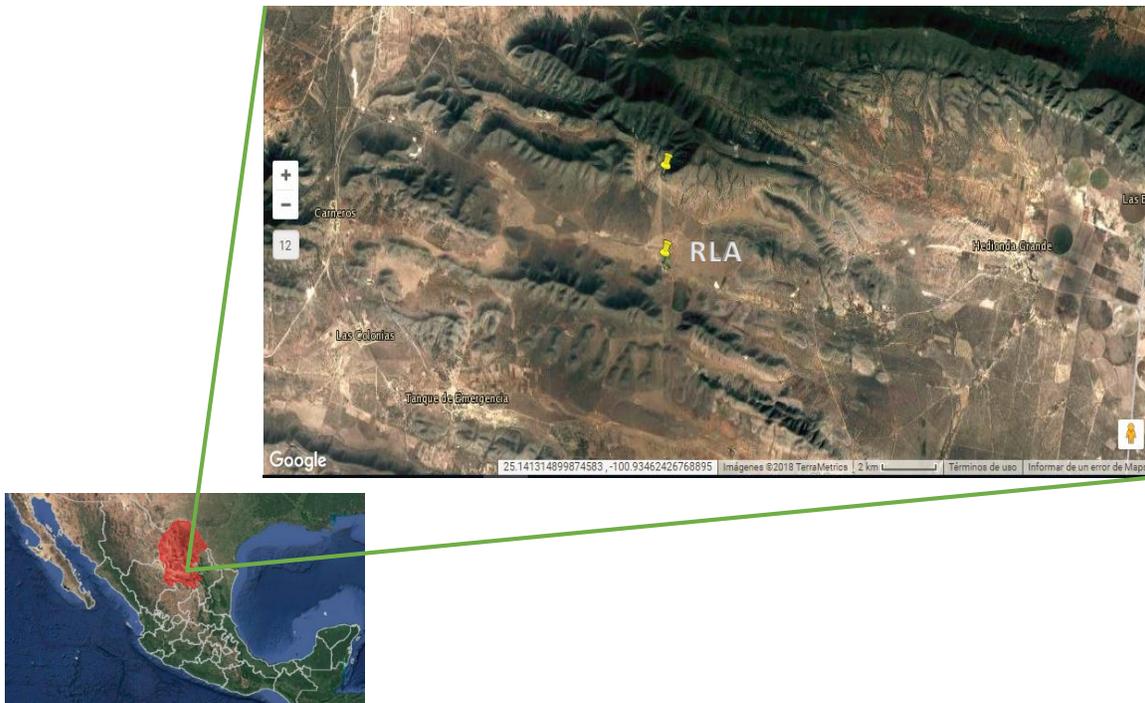
Cuando existe una alteración de sus presas potenciales y estas tienden a disminuir, el AR se ve forzada a cazar el ganado doméstico que se encuentra disponible, como cabras (*Capra hircus*), borregos (*Ovis aries*), becerros (*Bos taurus*) y potrillos (*Equus caballus*), de igual forma crías de venado (*Odocoileus spp.*), borrego cimarrón (*Ovis canadensis*), berrendo (*Antilocapra americana*), entre otros (Kochert *et al.*, 2002, Watson, 2010; PACE, 2015).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Ubicación y desarrollo del primer año de estudio.

El Rancho los Ángeles se localiza en el municipio de Saltillo Coahuila aproximadamente a 34 km al sur de la capital del estado por la carretera Saltillo-Concepción del Oro, Zacatecas (Figura 3). Las coordenadas geográficas entre las cuales se ubica son $25^{\circ}06'30.50''$ latitud norte y $100^{\circ}59'20.53''$ longitud oeste con una elevación de 2153 msnm (INEGI 2018).

Figura 3. Ubicación del área de estudio y casco del Rancho los Ángeles (UAAAN).



3.2. Criterios de selección para el sitio de estudio.

Para cada territorio identificado se realizó una matriz y se evaluaron seis criterios de selección que incluyen:

- 1) Conectividad a Internet de alta velocidad.
- 2) Accesibilidad del escalador.

- 3) Seguridad del personal.
- 4) Seguridad del equipo de la cámara.
- 5) Soporte de campo.
- 6) Facilidad de colocación de la cámara.

Con base en estos criterios de selección, se determinó que el nido del RLA en ese momento inactivo tenía las mejores características y el mayor potencial para la instalación de la cámara, por tal motivo se procedió a solicitar los permisos correspondientes, así como a platicar con las personas encargadas del rancho. Se continuaron monitoreando las tres áreas potenciales y una vez confirmado que el nido del RLA había sido ocupado por las águilas para esa temporada se procedió a organizar el plan de trabajo.

3.3. Organización del plan de trabajo.

A partir de la iniciativa realizada por el Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza (FMCN) para la instalación de una video cámara de grabación 24 h en el nido de un AR, siendo este el primer estudio en su tipo para México se tuvieron tres opciones para la ejecución de este proyecto, la primera era un nido ubicado en la reserva de la India que pertenece al museo de las aves de Saltillo, Coahuila, México. La segunda opción fue un nido ubicado en Peña del Águila, en Mazapil Zacatecas (MZP), y la última un nido ubicado dentro del Rancho los Ángeles (RLA) propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Saltillo Coahuila.

En una primera revisión de los tres principales sitios potenciales de anidación de forma remota y utilizando imágenes satelitales del sistema de información geográfica se comenzó a evaluar cuál sería el sitio óptimo para la realización del estudio.

En invierno se hicieron prospecciones de campo y reconocimiento previo a la instalación de los territorios el cual consistió en visitar sitios históricos de reproducción y nidos que en la última temporada reproductiva 2015 habían permanecido activos y que con un alto porcentaje de probabilidad en la temporada 2016 también lo estarían.

3.4. Cronología de la instalación del equipo.

El 19 de abril del 2016 arribó a Saltillo, Coahuila personal del servicio geológico de Estados Unidos (USGS) junto con integrantes del Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, además de la academia y estudiantes de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para iniciar el trabajo.

El 20 de abril comenzó la configuración del sistema de la cámara de video de grabación 24 h. Probando el correcto funcionamiento del equipo, se realizó una prueba en laboratorio para identificar equipo faltante y completar el ensamblaje. Una vez adquirido el equipo faltante, se procedió a armar el soporte del panel solar y se empacó en un vehículo para su traslado al día posterior. El cable categoría 5E X-100 se protegió con un conducto flexible de metal con el fin de hacer que este fuese menos susceptible a posibles robos o detecciones por parte de las águilas residentes. El conducto de metal que sirvió como protección y la caja electrónica fueron pintados con un tono al color de la tierra y vegetación con spray para el camuflaje, las baterías se conectaron al sistema electrónico junto con la computadora portátil para la prueba de la cámara y los sistemas informáticos.

El 21 de abril se instalaron el soporte, panel solar, y el cable que se situaron aproximadamente a 100 m de distancia por encima del nido en el acantilado. Se colocó desde la repisa justo encima del nido hasta la base donde quedaría el panel según los instruido por HDOnTap, el área donde quedaría montado el soporte solar se limpió de vegetación, se niveló y orientó para la captación optima de luz solar, se colocaron tallos, hojas de palma y otros residuos encima del conducto del cable para que pasara desapercibido. El personal del USGS utilizando tres pernos de expansión de 5 piezas de grado de construcción y un Black Diamond Camalot,

instaló dos sistemas de anclaje independientes en la parte superior del acantilado, preparándose para el descenso con rapel al nido para el día posterior. En ese día y de acuerdo con Driscoll (2010) se confirmó que el polluelo en el nido tenía aproximadamente entre 3 y 3.5 semanas de edad.

El 22 de abril (cuarto día de trabajo y segundo día en el nido), se montó la caja electrónica directamente sobre el soporte que sostiene al panel y se ajustó con tornillos y bisagras ambas partes, como el suelo era muy pedregoso y difícil de perforar se optó por reforzar poniendo piedras sobre el soporte en caso de fuertes corrientes de viento.

3.5. Componentes principales del sistema.

El sistema fue integrado por diversos componentes, dos baterías marinas de 12 voltios que se cargaban con un panel solar (Figura 4), las cuales, de ser necesario, tienen la capacidad de alimentar el sistema hasta por 100 horas sin recargar, en casos de inclemencias del tiempo bajo condiciones de poca luz, el panel solar fue soportado por un marco de acero que fue diseñado específicamente en un ángulo tal que recibiera una exposición óptima de luz solar, sobre el soporte fue montado mediante unos ganchos la caja electrónica y dentro del mismo se situaban las baterías, inyector POE, controlador de carga, regulador de voltaje, bloque de terminales, interruptor de red de 5 puertos, interruptor de corriente, disco duro de 3 TB y almacenamiento de área de red (NAS) (Figura 4).

De la estación solar (base) el cable 5E X-100 se ubicó cuesta abajo donde se encontraba la cámara, a 100 m de distancia. Sin embargo, hubo una variación en la distancia por la topografía, el cable fue protegido dentro de un conducto de aluminio y cubierto con vegetación seca (Figura 4).

La cámara de grabación 24 horas (De Red Axis P3343-ve 12mm HD Exterior Fija Domo) utilizó un lente estático de enfoque automático con luz infrarroja para la grabación nocturna y una tarjeta de micro SD de 124 GB la cual grabó imágenes fijas en intervalos programados cada 5 minutos (Figura 4).

Los videos se grabaron las 24 horas del día y se almacenaron en el disco de 3 TB conectado a la NAS en intervalos de una hora, estas grabaciones estaban disponibles para descargarse en cualquier momento, sin embargo, la recomendación por parte de los expertos fue que el sitio no debía visitarse más de una vez por semana evitando así perturbación, optando por visitar el nido cada 12 días para la verificación del equipo e ir creando un respaldo de la información grabada en caso de cualquier percance, en caso contrario toda la información debería estar almacenada en el disco interno conectado a la NAS en la caja electrónica.

Figura 4. Sistema de la cámara del nido de Águila Real que incluye panel solar y soporte (A), caja eléctrica (B), cable de categoría 5E-X100 m. (C) cámara (D).

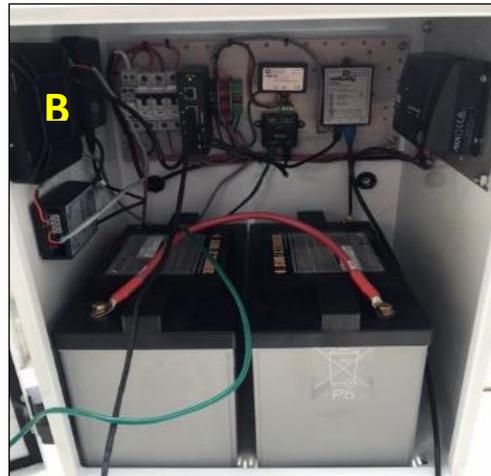
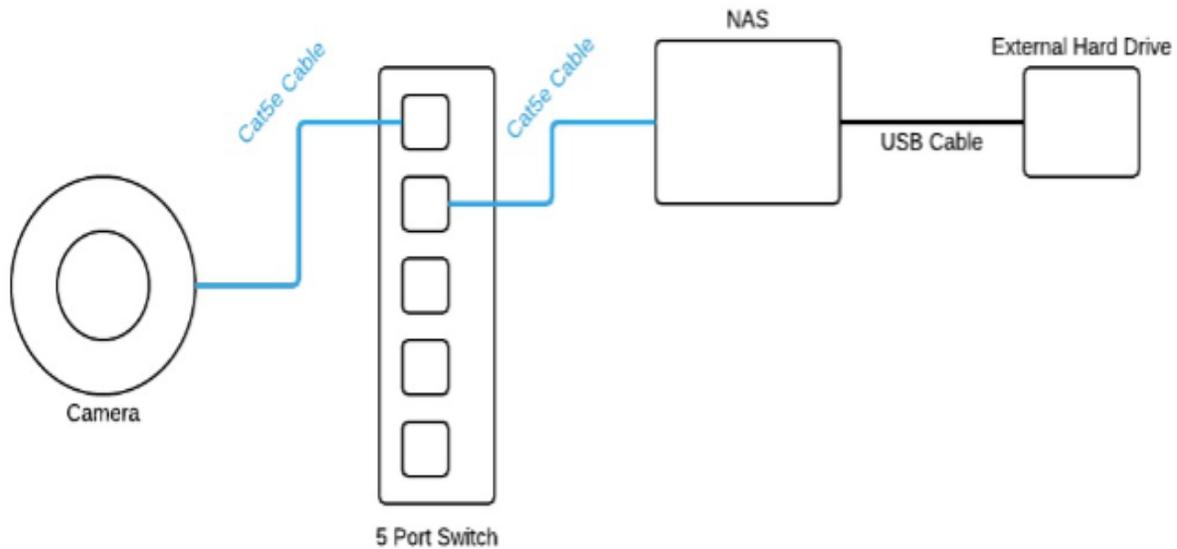


Figura 5. Representación esquemática de la integración del equipo de videograbación.



3.6. Proceso de instalación de la Cámara.

La instalación de la cámara fue aproximadamente a 3 m arriba del nido del AR, instalándose sobre una rampa de madera por debajo, utilizando los sistemas de anclaje previamente puestos para la realización del rapel en la parte superior del acantilado, con una computadora portátil cargada al 100% conectada directamente al sistema operativo NAS desde la caja electrónica. La caja electrónica enviaba las primeras imágenes de la cámara ya en el nido y con la ayuda de un par de radios bidireccionales de comunicación, se procedió a la orientación de la lente para tener el mejor ángulo de visibilidad posible dentro del nido, así como una zona considerable enfrente del nido para capturar a las águilas adultas cuando iban llegando y cuando se retiraban del nido. Siendo elegido el campo y ángulo correcto de visión deseado, se montó la cubierta de protección resistente para la cámara, detectándose otro problema, la carcasa limitaba el campo de visión por los reflejos de la luz solar con el montaje de forma perpendicular al nido, lo cual significó probar otra vez nuevas posiciones y buscar un ángulo que no limitara el campo de visibilidad orientando más hacia abajo la cámara para evitar los reflejos y

encontrando el punto de visión adecuado. Se aseguró que la cámara estuviera grabando y la caja electrónica fue cubierta con una manta camuflajeada para asemejarse al entorno natural y el personal descendió para que las águilas pudieran regresar al nido a alimentar al pollo.

Para garantizar la aclimatación de las AR a la cámara recién instalada, no se realizaron visitas al nido. Se recibió una capacitación por parte de los técnicos de instrucciones para exportar, descargar y extraer archivos del sistema operativo NAS, los manuales de uso del sistema fueron traducidos al español y se adquirió un disco duro de un 1 TB para almacenar las primeras horas de grabación.

Se ascendió a la estación base donde estaba ubicado el panel solar y la caja electrónica aproximadamente a 100 m del nido del AR, esto con el objetivo de verificar que el equipo estuviera funcionando correctamente, realizando las configuraciones finales del software y extrayendo las primeras horas de grabación.

Para tener la seguridad del óptimo funcionamiento del equipo, se realizó otra visita, se verificó que los videos, fecha y hora se continuaran grabando correctamente. La información acumulada hasta este punto se exportó y descargó a un disco duro externo por medio de la computadora, realizando nuevamente ajustes al sistema.

3.7. Procedimiento de extracción de información.

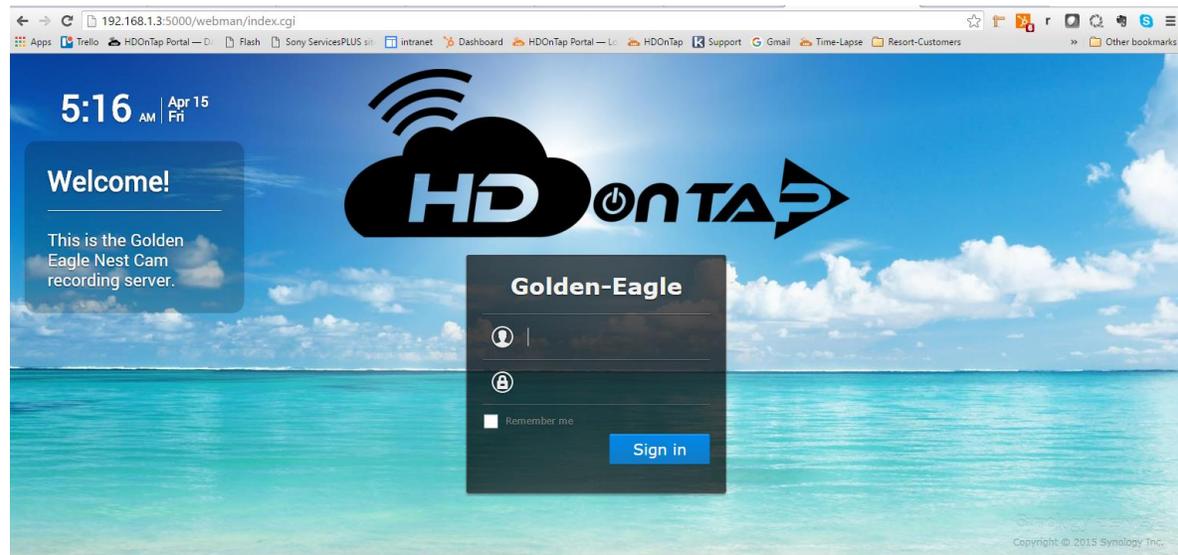
Posterior a todo el proceso de la instalación transcurridos los 12 días sugeridos por los expertos, el 7 de mayo se realizó la primera visita a la base para descargar la información y ver el funcionamiento que estaba teniendo el equipo. Debido a la complejidad que el sistema tuvo fue necesario seguir el protocolo establecido por HDOnTap para cada visita el cual consistía en lo siguiente:

Al abrir la caja electrónica se verificaba que la NAS estuviera encendida y esto se hacía observando el color de las luces que este emitía, donde el verde significaba encendido, amarillo detenido y ninguna luz prendida significaba apagado. Si lo anterior estaba correcto, se procedía a la verificación del inyector POE que recibía

la información de la cámara y enviaba corriente a la misma y esta debía estar representado por una luz color roja si estaba funcionando correctamente. Al estar en orden, lo siguiente se realizó con la ayuda de un voltímetro conectado al regulador de voltaje, se medía la cantidad de energía que estaba entrando del panel al regulador, cuanta de esa energía iba a las baterías y la cantidad que estaba usando el sistema para de esa forma calcular la eficiencia energética.

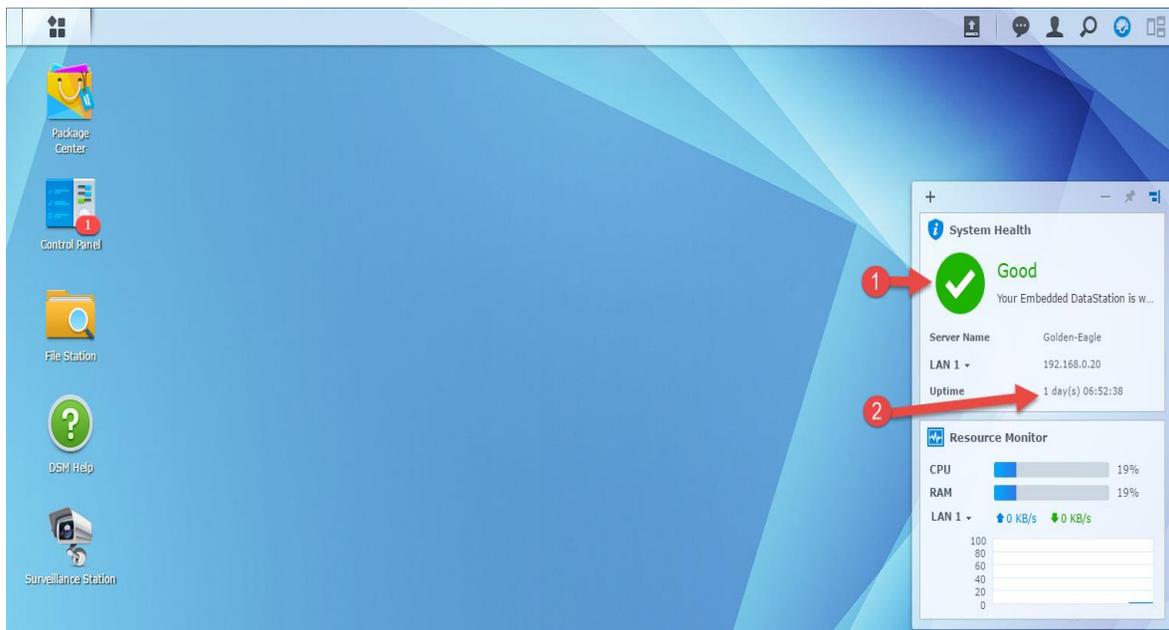
Para tener acceso a la cámara se conectó un cable UTP alámbrico que iba de la computadora portátil al interruptor de red y con el explorador de la computadora que en este caso fue “Google Chrome” escribiendo la dirección IP con la que fue configurado se obtuvo el acceso a una visualización directa siendo esto indicador que la cámara estaba funcionando con normalidad. De la misma manera para entrar al sistema de la NAS solo había que abrir otra pestaña y escribir la IP de la misma dando acceso a la ventana de inicio de HDOnTap.

Figura 6. Ventana de inicio de HDOnTap.



Se corroboró que la hora y fecha estuvieran correctos y en caso afirmativo no fue necesario ajustar, ingresando el usuario y contraseña asignados se logró acceder a la siguiente pantalla (Figura 7).

Figura 7. Pestaña con panel de control.



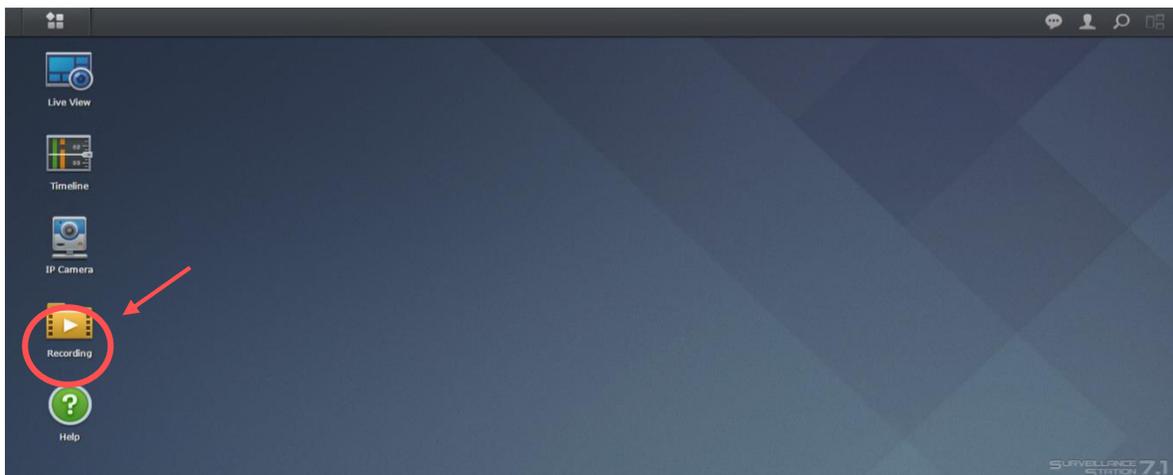
En esta parte se verificaron 2 indicadores:

1.- Estado del servidor de la NAS – verde indicaba bueno.

2.- Tiempo de actividad: registrando el tiempo de actividad, este es el tiempo desde que se inicia por última vez el sistema, una pérdida de potencia del sistema provoca un reinicio y esto indicaba si el sistema se había reiniciado, en caso afirmativo fue necesario buscar las causas y solucionar el problema.

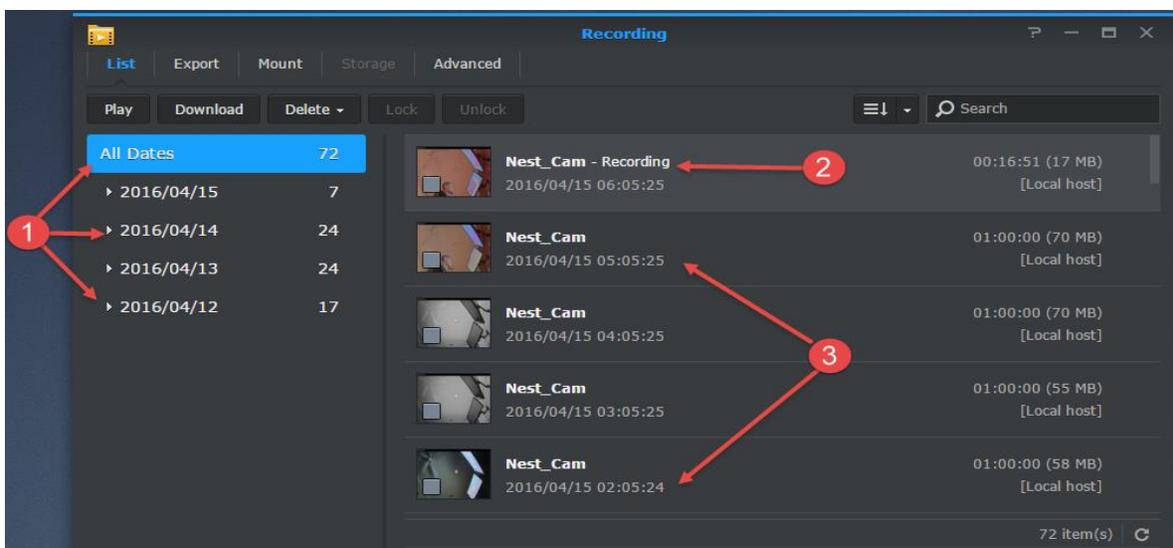
Para ver las grabaciones en el menú de inicio fue necesario seleccionar el ícono "Surveillance Station" abriéndose una nueva pestaña en el navegador, la pantalla se veía de la siguiente manera (Figura 8). Posteriormente se seleccionó el icono de "grabación".

Figura 8. Ícono de grabación.



Posteriormente se observó la siguiente pantalla (Figura 9).

Figura 9. Descripción de las etapas de grabación.



1.- Estas flechas indicaban la existencia de grabaciones.

2.- Grabación actual que estaba teniendo lugar.

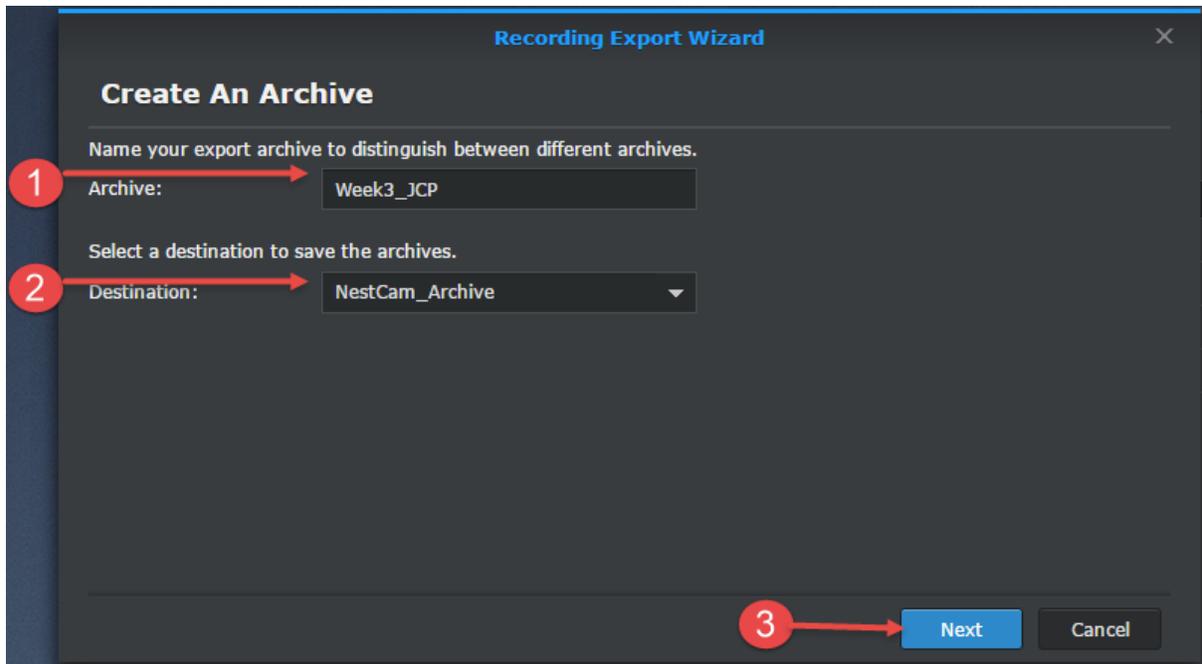
3.- Grabaciones recientes en segmentos de 1 hora.

Con estos elementos se lograba saber si la grabación hasta el momento estaba en orden, cuantos días de grabación se tenían a ese punto, enumeradas por fechas y en cada fecha 24 horas en segmentos de 1 hora. También se observaba la

grabación que estaba en curso indicando que el sistema continuaba funcionando como se esperaba.

Para la exportación de las grabaciones era necesario regresar al menú de inicio en la NAS y en esta sección abrir el software "Surveillance Station" después en exportar, dando acceso a esta ventana (Figura 10).

Figura 10. Ventana de selección de archivos y de destino.

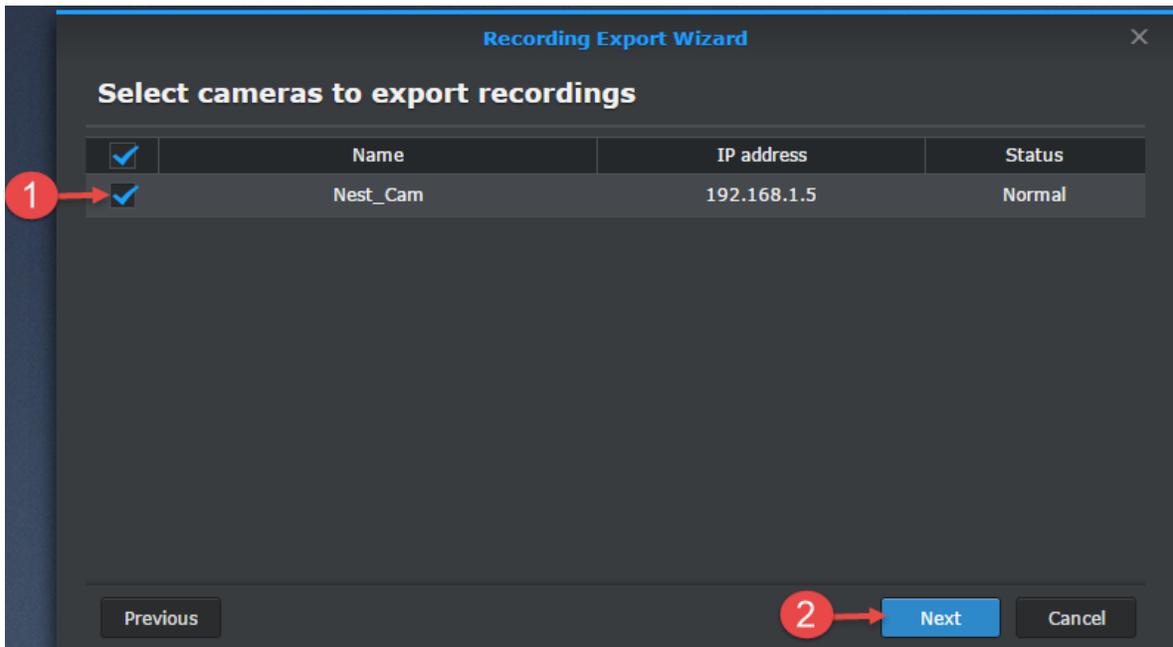


1.- Ahí se debía anotar el nombre de la exportación - usando una convención de nomenclatura consistente - semana # _fecha o nombre.

2.- Seleccionando "NestCam_Archive" del menú desplegable como destino.

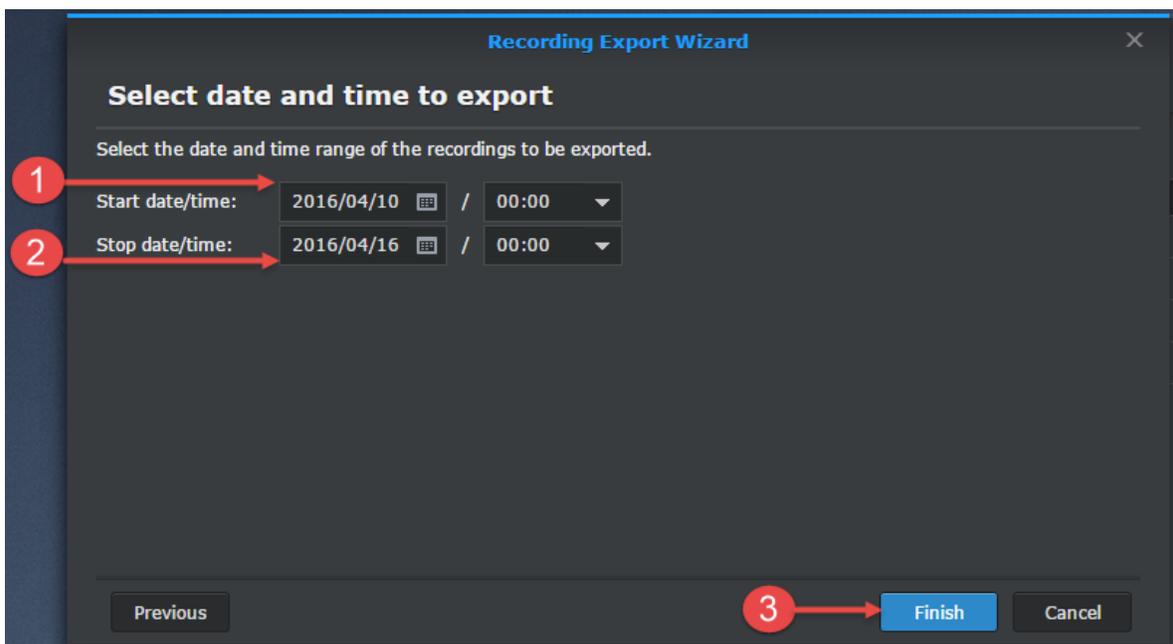
3.- Dando un clic en siguiente (Figura 11).

Figura 11. Ventana de selección de Nest Cam.



- 1.- Confirmando una marca de verificación aquí para seleccionar la Nest Cam.
- 2.- Haciendo clic en “siguiente” (Figura 12).

Figura 12. Ventana de selección de fecha y horas a exportar.

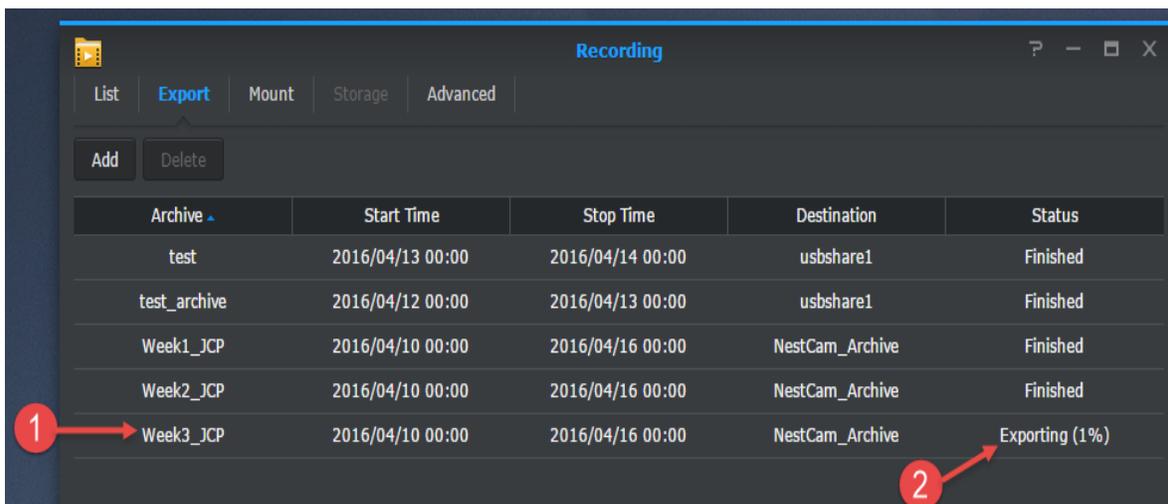


1.- Aquí se seleccionó la fecha / hora de inicio; esta debía ser la fecha de inicio posterior a la última vez que se realizó una exportación. Tomando la hora 00:00 para las 12:00 a.m.

2.- Seleccionando la fecha y hora de detención: para mayor facilidad se podía mantener las exportaciones divididas en semanas, lo que significaba que si la última exportación fue hace 3 semanas, debía haber 3 exportaciones por separado para cada una de las semanas desde la última exportación.

3.- Después hacer clic en “finalizar” (Figura 13).

Figura 13. Estatus de estado de descarga.



Archive	Start Time	Stop Time	Destination	Status
test	2016/04/13 00:00	2016/04/14 00:00	usbshare1	Finished
test_archive	2016/04/12 00:00	2016/04/13 00:00	usbshare1	Finished
Week1_JCP	2016/04/10 00:00	2016/04/16 00:00	NestCam_Archive	Finished
Week2_JCP	2016/04/10 00:00	2016/04/16 00:00	NestCam_Archive	Finished
Week3_JCP	2016/04/10 00:00	2016/04/16 00:00	NestCam_Archive	Exporting (1%)

1.- Esta es la exportación recientemente creada.

2.- Este es el estado de la exportación; donde se ve como el porcentaje aumenta hasta que se refiere finalizado.

Una vez concluida la exportación, la grabación de una o más semanas determinadas a la carpeta de archivo NAS se procedía a descargar la exportación de la NAS a la computadora portátil y posteriormente al disco duro.

Para descargar las grabaciones a la computadora portátil se seguían los siguientes pasos:

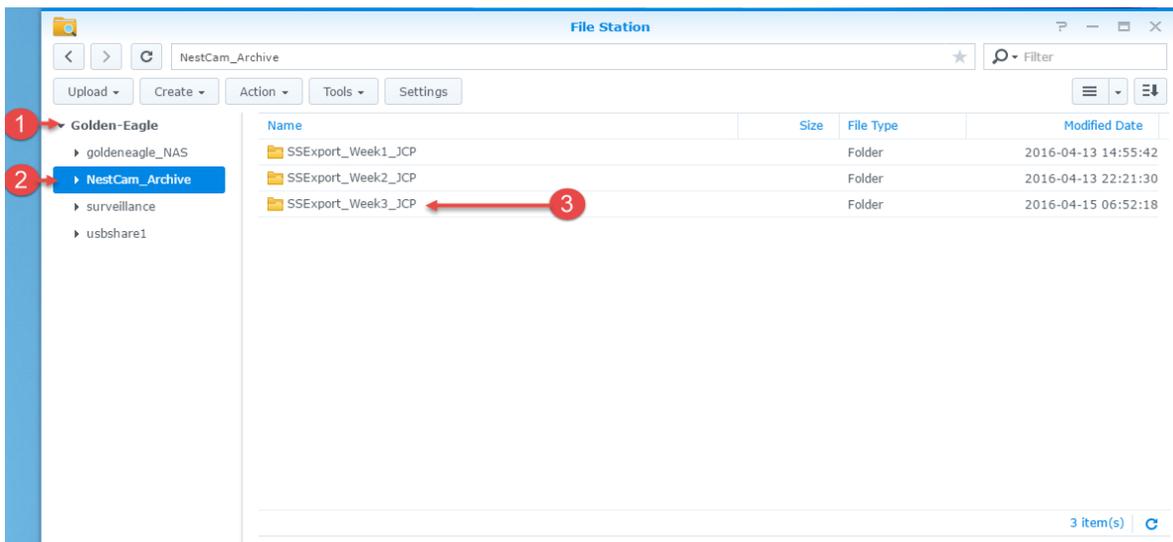
1.- Ir a la ventana de inicio del NAS.

2.- Hacer clic en el ícono “File Station” en el escritorio NAS (Figura 14).

Figura 14. Menú del NAS y carpeta del File Station.



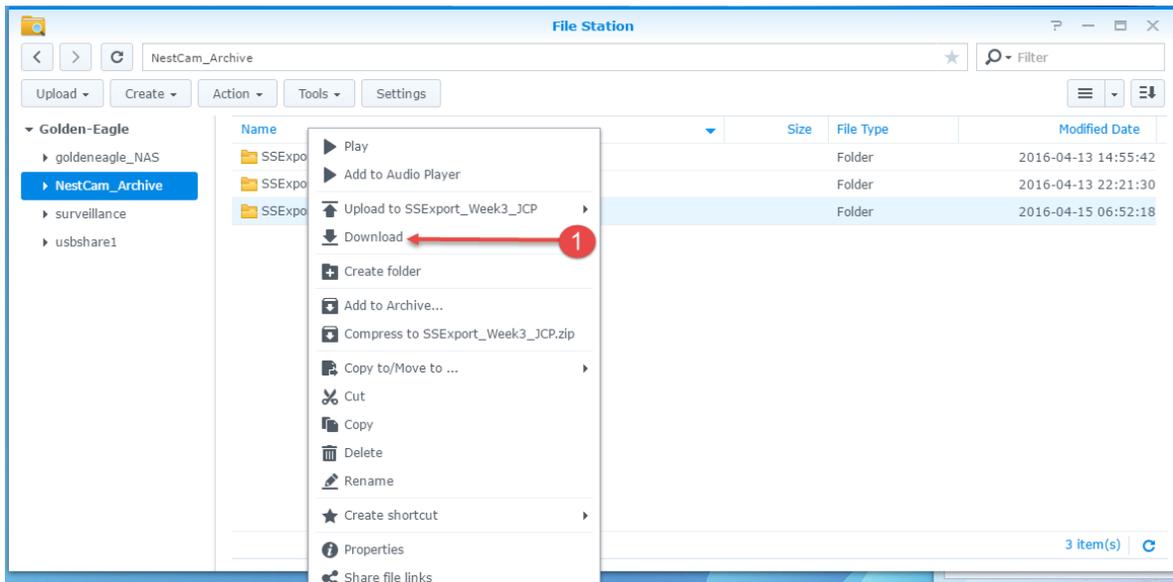
Figura 15. Pasos para descarga de información del File Station.



En esta ventana

- 1.- Haciendo clic en “Golden-Eagle”.
- 2.- Después clic en “NestCam_Archive”.
- 3.- Posteriormente clic con el botón derecho en la semana que desea descargar.

Figura 16. Apartado de descarga del File Station.



1.- Para finalizar desde el menú haciendo clic en “descargar” (Figura 16).

De esta forma las grabaciones exportadas eran descargadas a la computadora, el tiempo aproximado que demoraba descargar una semana era de 35 a 45 minutos donde había aproximadamente entre 15 y 20 GB de información. La ubicación donde era guardada la información en la computadora fue exactamente igual a cualquier archivo descargado de la web, cabe mencionar que muchos de los nombres asignados al software fueron previamente configurados.

Con la información ya descargada solo había que cerrar el sistema y verificar que todo estuviera funcionando con normalidad, procediendo a desconectar el cable de acceso y cerrando la caja electrónica. Se colocaba la manta de protección color camuflaje e iniciaba el descenso de la montaña. En el laboratorio se realizaba una copia de la información al disco duro y se procedía a la eliminación de la información de la computadora portátil, con el objetivo de no saturarla.

Este protocolo se siguió en las múltiples revisiones y descargas que se estuvieron haciendo en la temporada de crecimiento del pollo con intervalos de más menos 12 días dependiendo el día de la semana y las condiciones climatológicas. Para evitar la perturbación solo asistían dos personas a la base del nido y previo al ascenso se

realizaba un corto monitoreo con binoculares y telescopio aproximadamente a 500 metros de distancia.

Se grabaron 50 días efectivos de actividad, del 22 de abril, cuando se inició la grabación con una edad estimada del pollo de 3 semanas, al 10 de junio cuando el pollo voló del nido con una edad estimada de 10 semanas, acumulándose un total de 650 GB de información que fue doblemente respaldada. A partir del 10 de junio cuando ocurrió la salida del pollo la cámara continuó grabando con normalidad para ver si el volantón o alguno de los padres seguía teniendo actividad dentro del nido, procediéndose a desconectar el equipo en el mes siguiente.

Para la desinstalación del equipo no se requirió bajar al nido optando por dejar la cámara puesta, lo cual permitiría tener una película completa desde la restauración del nido hasta el momento del vuelo del pollo en la próxima temporada reproductiva si este nido era nuevamente activado. El resto del equipo: soporte, panel solar, caja electrónica y baterías se desmontaron y bajaron de la sierra para ser trasladadas a Saltillo donde fueron guardadas en una bodega para la próxima temporada.

Para la temporada 2017 igual que en el primer año se estuvieron monitoreando las águilas ubicadas en el RLA como primera opción y MZP Zacatecas como segunda alternativa, con diversas salidas al campo observando los lugares donde tenían mayor actividad, visitando los nidos que en la última época reproductiva habían permanecido activos. A mediados de noviembre de 2016 con la probabilidad que se activara el nido del RLA y grabar el ciclo reproductivo completo se procedió a subir el equipo a la base siguiendo el mismo protocolo, se realizó todo el montaje de panel solar, baterías, caja electrónica y se llevaron a cabo las primeras pruebas del sistema y software en campo porque la cámara permanecía instalada en el nido, se verificó que estuviera funcionando correctamente. Personal de la organización BioCórima, A. C. realizó el rapel para limpiar la cámara y verificar que estuviera en la posición correcta y de ser necesario realizar los ajustes pertinentes. Se verificó el correcto funcionamiento de la NAS así como de cada una de las partes de la caja electrónica, panel solar y una óptima carga de las baterías, como todo el equipo presentó un óptimo funcionamiento se continuó dando inicio a la grabación.

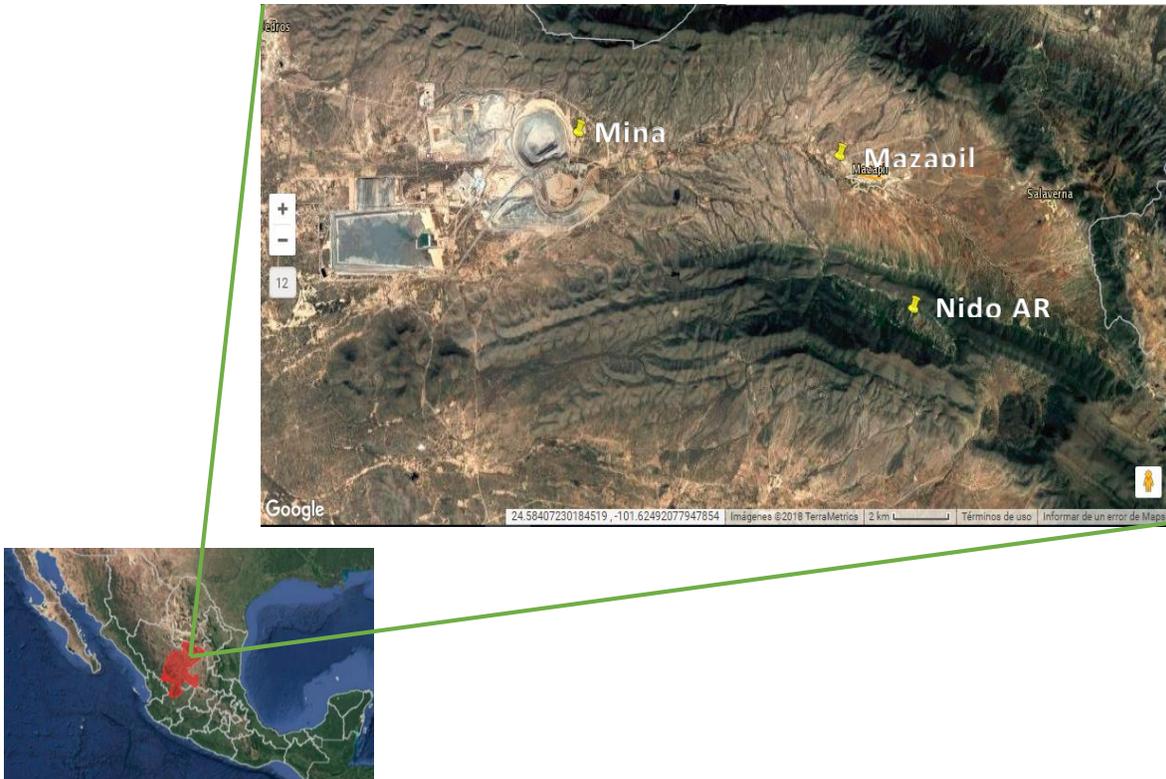
Durante el resto de los meses de noviembre, diciembre 2016, enero, febrero, marzo y abril del 2017 se estuvieron haciendo visitas aisladas al nido del RLA donde se encontraba el equipo de grabación. Una vez por mes se procedía a subir a la base para verificar que el equipo estuviera funcionando correctamente y ver si había actividad en el nido. Dos veces por semana con el apoyo del telescopio y binoculares se monitoreaba la actividad de las águilas en los territorios del RLA y MZP. En ambos territorios se observaron las parejas, pero fue en el nido de MZP en los primeros días de marzo cuando se observó llegar al nido a uno de los adultos y salir al otro. Se permaneció durante dos horas en un lugar oculto con trajes de camuflaje y pasadas las dos horas el adulto regresó nuevamente al nido haciendo el cambio, así se asumió que quien salió del nido fue la hembra para poder alimentarse mientras el macho cuidaba el nido. Después se procedió a desalojar el lugar. Tomando de referencia esta fecha 3 marzo como la primera semana de la incubación y dando por hecho que el nido ya estaba activo se organizó el plan de trabajo.

Los monitoreos continuaron y a principios del mes de abril, sin tener ningún tipo de actividad en el nido del RLA, se decidió retirar la cámara y todo el equipo de grabación ya que la época reproductiva estaba muy avanzada, y el monitoreo del nido de MZP estaba 100% confirmado. Se ascendió a la base del RLA, una parte del personal descendió al nido con rapel para quitar la cámara y todos los anclajes, y el resto del apagó el equipo y desinstaló todos los componentes, trasladando el equipo a la bodega en la ciudad de Saltillo que posteriormente sería usado en el nido de Mazapil.

3.8. Ubicación y desarrollo del segundo año de estudio.

El segundo sitio de estudio fue el municipio de Mazapil ubicado al norte de Zacatecas a 272 km de su capital, en la carretera Zacatecas-Concepción del Oro, a 142 km de la ciudad Saltillo, Coahuila. Las coordenadas geográficas en las que se encuentra son 24° 38' 20.40" latitud norte y 101° 33' 10.98" con una altitud de 2282 msnm (INEGI 2018).

Figura 17. Ubicación del nido, municipio de Mazapil y la cercanía con la Mina Peñasquito.



Continuando con el trabajo el 28 de abril llegó a la ciudad de Saltillo personal de FMCN, USGS y UAAAN para afinar los últimos detalles de la instalación y se realizó una última prueba de verificación del sistema incluyendo todas sus partes y se empacaron en un vehículo para su traslado a Peña del Águila MZP, Zacatecas.

Por la mañana, antes del amanecer del 29 de abril, el equipo de trabajo se trasladó al pie de la montaña donde se encontraba el nido y, debido al esfuerzo físico que implicaba subir el equipo por la topografía de la misma a la cima del acantilado, solo una parte de la tripulación ascendió para verificar que efectivamente el pollo o los pollos estuvieran en el nido. Una vez confirmado la presencia de pollo en el nido se inició el ascenso del resto del equipo. Una vez arriba se ubicó un área potencial que se usaría como base aproximadamente a 100 m del nido, se tendió el cable 5E X-100 y conducto de protección por la parte superior de la montaña. El anterior se

pintó con aerosol del color de las rocas para hacerlo menos llamativo y también se le colocó encima material seco. Con un par de pernos de expansión de hormigón de 5 piezas y 3 Black Diamond Camalots se instalaron 3 sistemas de anclaje independientes en la parte superior del acantilado para realizar el rapel y poder bajar al nido. En ese día, se confirmó que el polluelo tenía aproximadamente 3 semanas de edad de acuerdo a (Driscoll, 2010). Mientras esto se realizaba el equipo de electrónica instaló el soporte, panel solar y computadora para proceder a ubicar la cámara correctamente y tener una buena visibilidad, se conectó la computadora portátil a la NAS y con un par de radios bidireccionales se ajustó el ángulo y orientación del lente para observación clara de todo el nido, así como el ángulo de observación de entrada y salida de los adultos. La cámara y su soporte se instalaron a una distancia de 4 m por arriba a la izquierda del nido perforando tres agujeros en la roca y asegurando el soporte de la cámara con pernos de expansión de concreto. Ya elegido el campo de visión deseado, se montó la cubierta resistente a la intemperie y se inició la grabación de video 24 h, el personal recogió el material que se usó para la instalación y se procedió a bajar de la montaña.

El 30 de abril en la mañana un equipo de tres personas subió a la estación base del sistema para verificar que todo el equipo estuviera funcionando correctamente siguiendo el protocolo establecido por HDOntap. Se abrió el video con una visualización en vivo y se observó que el águila adulto hembra se encontraba en el nido asistiendo al pollo, corroborando de esta manera que la cámara no estaba molestando a las águilas evitando así el abandono. En ese momento los primeros videos fueron exportados, descargados y se extrajeron en el equipo portátil de campo, se realizaron modificaciones en la configuración final y se aseguró que todo el equipo estuviera en su correcto funcionamiento, después descendimos de la montaña.

Como en el primer año de la instalación para la descarga de información y verificación del sistema las visitas se realizaron cada 12 días con el objetivo de interferir en la menor medida posible con las águilas, las descargas se estuvieron realizando con las guías de HDOntap igual que en el año anterior realizando

pequeños ajustes. Durante todo el desarrollo del pollo el equipo en su totalidad mantuvo un óptimo desempeño, dos personas estuvieron a cargo de estas verificaciones para menor perturbación, antes de cada ascenso se monitoreaba con binoculares y telescopio.

En esta temporada reproductiva se grabaron 48 días de actividad, iniciando el 29 de abril con una edad estimada de 3 semanas al 15 de junio con una edad estimada de 10 semanas de edad del pollo, se almacenaron 640 GB de información la cual se respaldó.

Después de la salida del pollo el equipo continuó la grabación para ver si se presentaba actividad posterior y 15 días después se llevó a cabo la desinstalación del mismo. En el proceso de la desinstalación la tripulación arribó a la estación base y procedió al desmonte de todo equipo incluyendo la cámara y todos los anclajes que se hicieron para el rapel, cámara y cable, dejando el lugar sin ningún disturbio y el equipo fue trasladado a la ciudad de Saltillo.

3.9. Medidas preventivas del trabajo en ejecución.

Durante los dos años de investigación y trabajo de campo para ambos territorios RLA y MZP todos los procesos que se llevaron a cabo fueron cuidadosamente evaluados y ejecutados conforme a la planificación y preparación del proyecto, obteniendo los permisos correspondientes de la SEMARNAT para la intervención de los nidos, la salud y seguridad de las águilas fueron siempre la principal prioridad. Se tomaron todas las medidas para garantizar que la presencia del personal durante la instalación, así como de los equipos de grabación y cámara de video no afectaran el proceso natural de los pollos y adultos.

El personal involucrado en el proyecto ha estado accediendo a los nidos por más de 30 años, sin embargo, al hacerlo, se debe considerar la sensibilidad de las aves rapaces a la perturbación humana, particularmente para AR que son altamente susceptibles a la influencia humana llegándose a provocar el abandono del nido en el peor de los casos (Bird y Bildstein, 2007; Driscoll 2010). Para minimizar las

molestias de las AR del RLA y MZP se tomaron diversas medidas de seguridad para limitar el potencial de perturbación o abandono de los nidos.

En primera instancia y de acuerdo a la literatura, cualquier persona que acceda a un nido de rapaces deberá tener una buena comprensión de la cronología de anidación, el momento preciso para el acceso al nido determina mitigar en gran medida el potencial de perturbación (Bird y Bildstein, 2007). De acuerdo a lo que menciona (Driscoll, 2010), aproximadamente a las tres semanas de edad los pollos pueden autorregular su temperatura siendo menos susceptibles al frío o al calor cuando los adultos no están presentes, además, resulta menos improbable que los adultos abandonen los pollos a esta edad porque ya están fuertemente involucrados en el proceso de anidación. Por lo anterior es recomendable no acceder a los nidos demasiado tarde.

Para tener precisión en la cronología de anidación es importante realizar un constante monitoreo, ya que hay variaciones en tiempos de un año a otro. En el caso de RLA y MZP se logró identificar con gran exactitud la fecha cuando comenzó la incubación y determinar con precisión la fecha en que llegaría el polluelo a las tres semanas de edad.

Por otra parte, el acceso a los dos nidos fue realizado por biólogos con experiencia en técnicas seguras de escalada pertenecientes al (USGS) para garantizar el bienestar de los polluelos. Los anclajes del rapel fueron puestos a un costado del nido para reducir el riesgo de caída de rocas o equipo sobre el nido o pollo, el material y equipo que se empleó era de alta calidad para tener la durabilidad suficiente para toda la época reproductiva.

La cámara y el conducto del cable fueron pintados como medida preventiva de disturbio al color del entorno natural evitando así colores reflectantes o antinaturales, la cámara, una vez instalada y configurada permaneció fija durante todo el ciclo de anidamiento permitiendo a las águilas familiarizarse con ella. La ubicación de la misma también es importante, dando una distancia adecuada para que se oculte y permitiendo tener videos de alta calidad.

Todo esto se instaló lo más rápido posible, completando el trabajo por la mañana para brindar a los adultos la oportunidad de regresar al nido una o dos horas después de la instalación para asistir al pollo. Con la estación base ubicada a 100 metros del nido se consiguió visualizar en vivo a los padres asistiendo en tiempo real lo cual fue indicativo de perturbación mínima.

3.10. Análisis de la información.

El análisis de la información se llevó a cabo en el Departamento de Recursos Naturales Renovables de la UAAAN, se reunieron los paquetes de información de ambos años juntándose un total de 2352 h de video con actividad para analizar en los dos sitios (RLA, MZP), los datos fueron evaluados de dos formas:

- 1.- Dieta: riqueza de especies presa, frecuencia y hora de entrega de presas.
- 2.- Variables etológicas: cuidado parental general, tiempo empleado por los padres para alimentar a pollos, autoconsumo por pollos, termorregulación de pollos, restauración del nido por padres, limpieza de nidos por padres y, la presencia y/o ausencia de padres por la noche en el nido.

Para la evaluación de la dieta se hizo lo siguiente: a través de la observación minuciosa de los videos reproducidos en la computadora por día y por hora, se identificó cuantas veces el águila llevó alimento al nido, el tipo de especie que ofreció y la hora a la que fue llevada durante los 50 y 48 días en RLA y MZP, respectivamente.

En la evaluación de las variables etológicas se contabilizó la cantidad de tiempo en minutos por hora que se empleó para cada actividad, tales como alimentación, rehabilitación de nidos, termorregulación, etc.

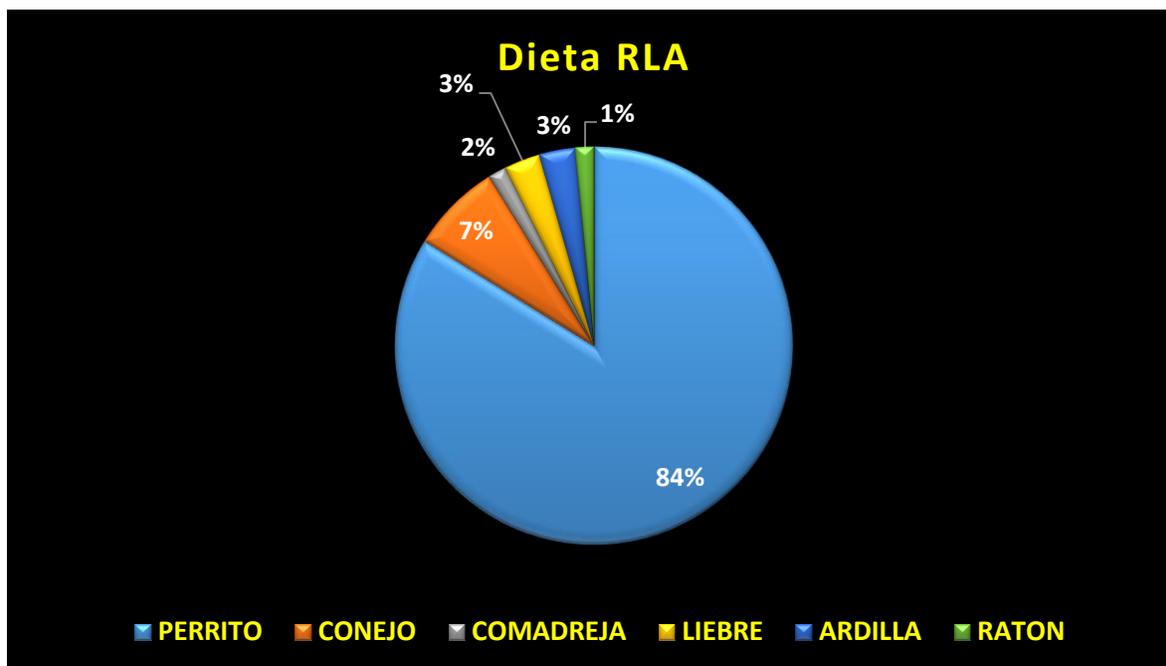
Estos valores fueron capturados y organizados en una base de datos de Excel, para obtener los porcentajes y frecuencias de las actividades, así como la hora a la que eran realizadas. Se realizó un gráfico de porcentajes de la dieta del RLA y MZP donde se describió cuáles fueron las presas que usaron con más frecuencia.

Asimismo, se realizaron graficas descriptivas de las variables etológicas donde se pudo apreciar las horas en que realizaban dichas actividades. Lo anterior se realizó a través de los 50 y 48 días monitoreo en RLA y MZP, respectivamente. La principal diferencia entre los sitios RLA y MZP fue que en el primero sitio estuvo influenciado por la presencia de colonias de perritos de la pradera (*Cynomys mexicanus*) y en el segundo sitio por una vegetación de pino-encino cerca de sitios con perturbación minera.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

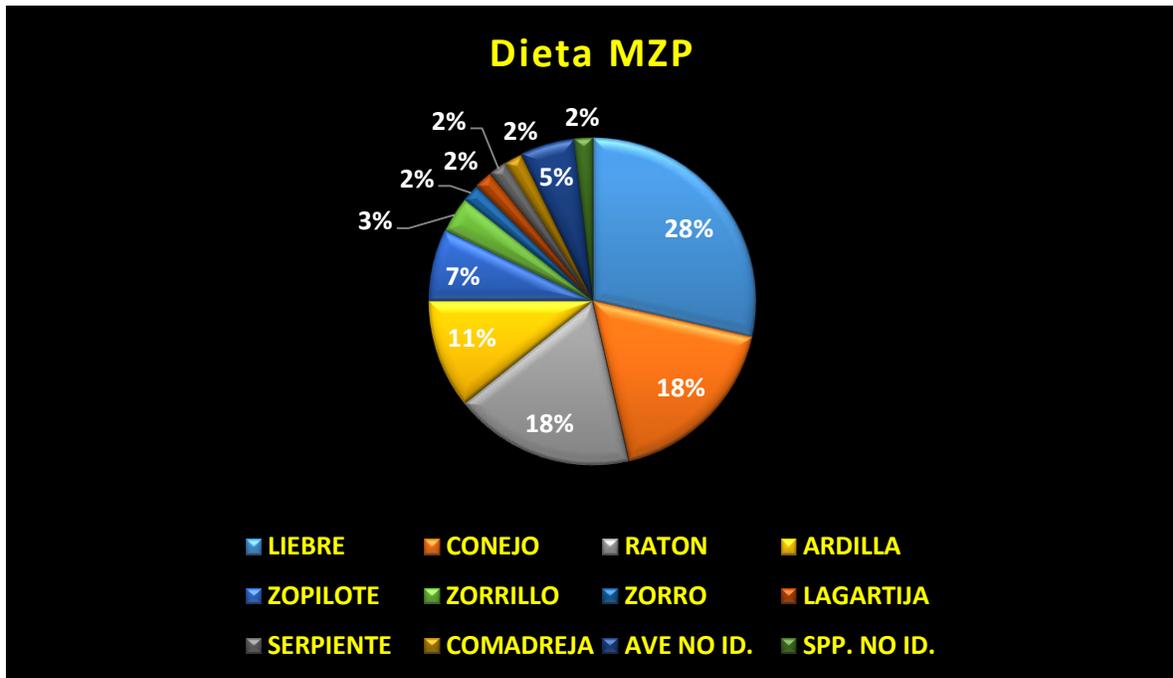
4.1. Composición de la dieta del AR.

Figura 18. Porcentajes de artículos de la dieta en RLA.



La figura 18 muestra la composición de la dieta del AR en RLA, la cual estuvo altamente representada por el perro de la pradera ocupando el 84 %, mientras que los lagomorfos ocuparon el segundo lugar en preferencia con 10 %, que en total conforman el 94 %. La comadreja, ardilla y ratón representaron el 2, 3 y 1 %, respectivamente. Lo anterior evidencia que el AR en este sitio tiene un consumo especialista debido a la alta disponibilidad de presas (perritos), lo cual difiere con otros reportes hechos por diversos autores que mencionan que el principal componente de su dieta es de 90 % conejos (*Sylvilagus spp.*), liebres (*Lepus spp.*), y ardillas de tierra (*Spermophilus spp.*), (Kochert *et al.*, 2002; Lozano y Villalobos, 2003; Bravo *et al.*, 2015; Rodríguez-Estrella, 2002; De León 2017). Los resultados obtenidos en este estudio muestran claramente la tendencia que tienen las águilas en cuanto a la alimentación de su polluelo en un hábitat conservado, a pesar que este hábitat se encuentra en la parte sureña de su distribución, donde diversos autores reportan que las águilas presentan una alimentación más generalista (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010; De León, 2017).

Figura 19. Porcentajes de artículos de la dieta en MZP.

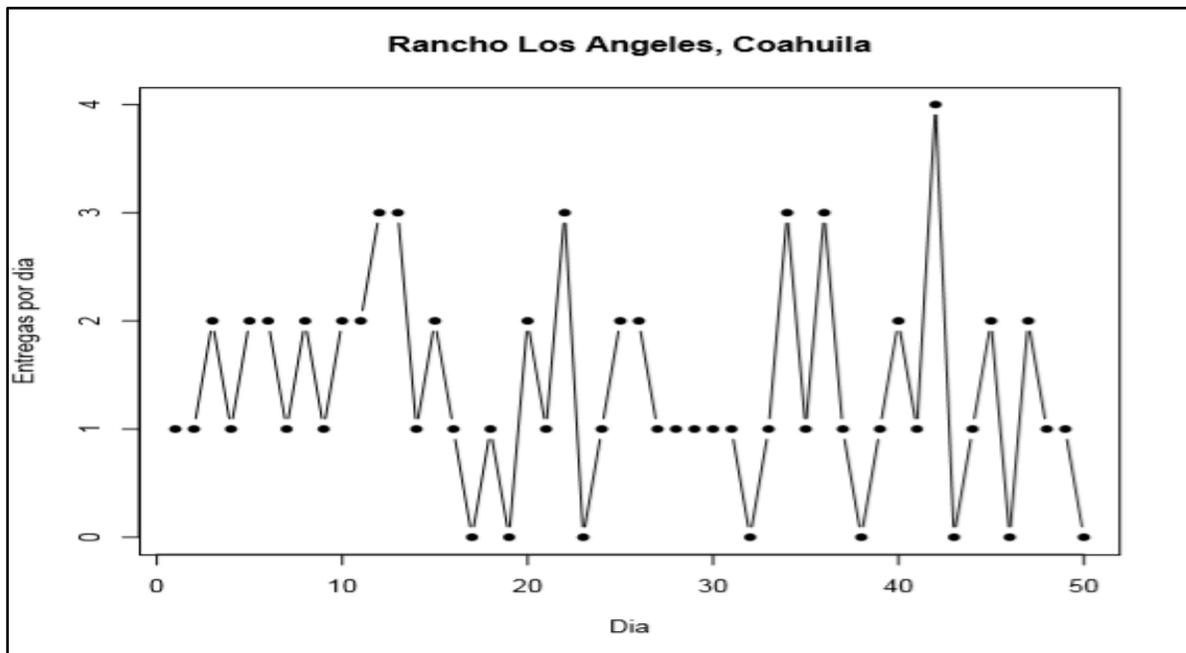


Para el sitio de Mazapil, Zacatecas la alimentación fue más diversa ocupada con 46 % por lagomorfos (liebre y conejo), 29 % pequeños mamíferos (ratón y ardilla), lo cual representa el 75 % de su alimentación. El 25 % restante estuvo conformada por zopilote, zorrillo, zorro, lagartija, serpiente, comadreja, aves no identificadas y Spp. no identificadas con 7, 3, 2, 2, 2, 5 y 2%, respectivamente (Figura 19). Lo anterior, coincide con lo reportado para México por (Kochert *et al.*, 2002; Lozano y Villalobos, 2003; Bravo *et al.*, 2015; Rodríguez-Estrella, 2002; De León 2017), quienes refieren que la dieta del águila real es compuesta por 90 % de conejos, liebres, ardillas de tierra y aves. Por su parte (Kochert *et al.*, 2002), reportan una dieta compuesta por 92% mamíferos, 6% aves, y 2.5% de reptiles en California y Nevada E.U.A. Lo anterior, es similar a los resultados del presente estudio. En este sentido, RLA representa un sitio con consumo generalista lo cual también coincide con lo reportado por (Kochert *et al.*, 2002; Watson, 2010; De León, 2017). Lo anterior puede estar influenciada por la escasez de presas, incluyendo en su dieta especies detritívoras (zopilote), que emplean el mismo gasto energético en la búsqueda, pero

ofrecen un porcentaje de biomasa menor, además, del tiempo que se emplea para poder limpiar (desplumar) a la presa para posteriormente consumirla.

4.2. Distribución de la frecuencia de entregas en días para RLA.

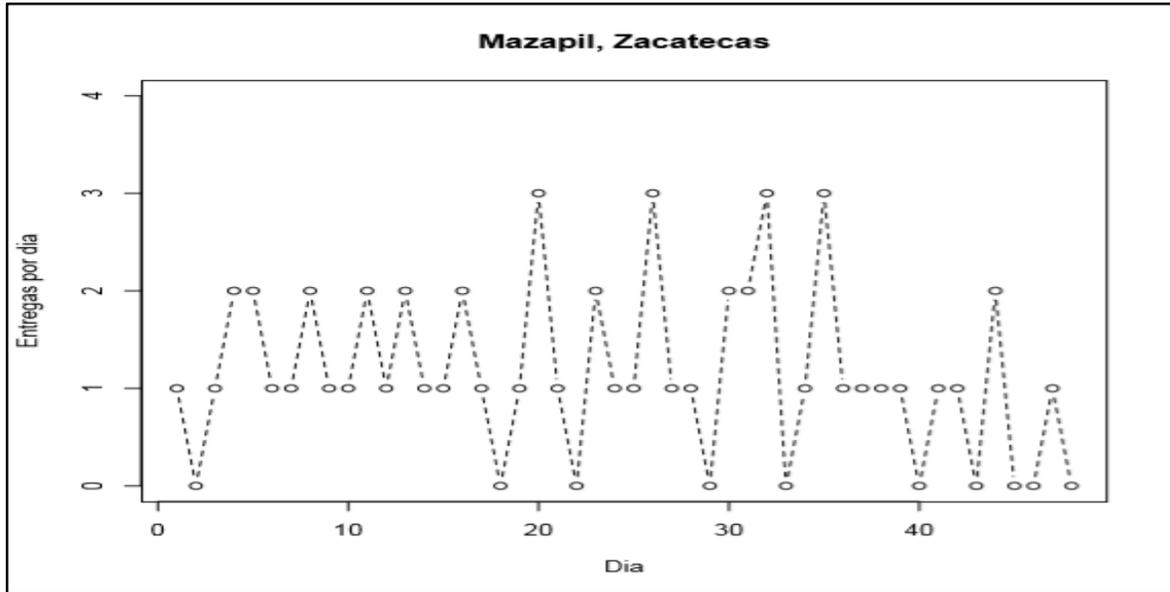
Figura 20. Distribución de cantidad de entregas de alimento en RLA durante la temporada reproductiva 2016.



La figura 20 muestra como estuvo conformada la distribución de la entrega de 68 presas para el sitio de RLA, comenzando por el día 17 de desarrollo (tercera semana) al día 66 (decima semana) cuando abandona el nido. La figura muestra la cantidad de entregas diarias que oscila entre cero y 4 entregas diarias durante 50 días. La frecuencia de entregas de una sola presa por día fue del 46 %. Para el caso de la frecuencia de entrega de 2,3 y 4 presas por día fue de 26, 10 y 2 %, respectivamente. El 16 % estuvo representado por cero entregas de presas en el nido.

4.3. Distribución de la frecuencia de entregas en días para MZP

Figura 21. Distribución de cantidad de entregas de alimento en MZP durante la temporada reproductiva 2017.



La figura 21 muestra como estuvo conformada la distribución de la entrega de 56 presas para el sitio de MZP, comenzando por el día 17 de desarrollo (tercera semana) al día 64 (decima semana) cuando abandona el nido. La figura muestra la cantidad de entregas diarias que oscila entre cero y 3 entregas diarias durante 48 días. La frecuencia de entregas de una sola presa por día fue del 50 %. Para el caso de la frecuencia de entrega de 2 y 3 por día fue de 20.8 y 8.4 %, respectivamente. El 20.8 % estuvo representado por cero entregas de presas en el nido. Los valores reportados para este estudio en RLZ y MZP no coinciden con lo reportado por De León y Estrella (2017), quienes encontraron en tres nidos de Baja California, en los sitios Valle de Guadalupe, San Vicente y Santo Domingo con 23, 21 y 28 presas totales, respectivamente.

4.4. Amplitud del nicho trófico y biomasa.

Tabla 3. Frecuencia y biomasa de presas en nidos de águila real RLA durante la temporada reproductiva 2016.

Saltillo				
Presa	Taxón	Frecuencia relativa		
		n	(%)	Biomasa (%)
1	Perrito de la pradera	57	83.82	75.54
2	Lagomorfos	7	10.29	21.72
3	Comadreja	1	1.47	0.50
4	Ardilla	2	2.94	1.96
5	Ratón	1	1.47	0.28
		68	100	100

La tabla 3 muestra las 5 especies que fueron ofrecidas como alimento para el pollo de AR en el RLA. De 68 entregas total ofrecidas en el nido por las águilas adultas, 57 fueron de perrito de la pradera lo cual representó un 83.82 % de frecuencia total en la dieta. Los lagomorfos ocuparon un 10.29 % de la dieta con 7 entregas. La comadreja, ardilla y ratón representaron un 1.47, 2.94 y 1.47 % de la dieta mediante 1, 2 y 1 entregas, respetivamente. En términos generales, el perro de la pradera representó un 75.54 % de la biomasa consumida y los lagomorfos el 21.72 %. La comadreja, ardilla y ratón representaron menos del 2 % de la biomasa, respetivamente.

Tabla 4. Frecuencia y biomasa de presas en nidos de águila real de MZP durante la temporada reproductiva 2017.

Zacatecas				
Presa	Taxón	n	Frecuencia relativa (%)	Biomasa (%)
1	Lagomorfos	26	46.43	70.28
2	Ratón	10	17.86	2.45
3	Ardilla	6	10.71	5.11
4	Zopilote	4	7.14	10.30
5	Zorrillo	2	3.57	4.89
6	Zorro	1	1.79	4.89
7	Lagartija	1	1.79	0.02
8	Serpiente	1	1.79	1.54
9	Comadreja	1	1.79	0.44
10	Ave No Id.	3	5.36	0.07
11	Spp. No Id.	1	1.79	0.00
		56	100	100

La tabla 4 muestra las 11 especies que fueron ofrecidas como alimento para el pollo de AR en el MZP. De 56 entregas total ofrecidas en el nido por las águilas adultas, 26 fueron de lagomorfos, lo cual representó un 46.43 % de frecuencia total en la dieta. Los ratones ocuparon un 17.86 % de la dieta con 10 entregas. La ardilla y el zopilote ocuparon el tercer y cuarto lugar con 10.71 y 7.14 % de la dieta a través de 6 y 4 entregas por los padres en el nido, respectivamente. El zorrillo, zorro, lagartija, serpiente, comadreja, ave y especie no identificada representaron menos del 5.5 % de frecuencia cada una en la dieta. Por su parte los lagomorfos, zopilotes y ardillas representaron un 70.28, 10.30 y 5.11 % de la biomasa

consumida por los pollos de AR, representando alrededor de un 85 % y el resto de las especies representaron menos del 5 %.

Amplitud de nicho trófico propuesto por Levins (1968)

$$B = \frac{1}{\sum p_i^2}$$

Donde P_j es la proporción con la cual cada categoría de la presa j contribuye a la dieta. Los valores obtenidos fueron estandarizados con el método de Hurlbert (1978) para ser expresados en una escala de 0 a 1.0 con la siguiente fórmula:

Tabla 5. Amplitud de nicho trófico de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente.

Recurso	Águila MZP				Águila RLA				
	# utilizaciones	# ²	p	p^2	# utilizaciones	# ²	p	p^2	$p_1 * p_2$
LAGOMORFOS	26	676	0.464286	0.215561	7	49	0.102941	0.010597	0.047794
RATON	10	100	0.178571	0.031888	1	1	0.014706	0.000216	0.002626
ARDILLA	6	36	0.107143	0.01148	2	4	0.029412	0.000865	0.003151
ZOPILOTE	4	16	0.071429	0.005102	0	0	0	0	0
ZORRILLO	2	4	0.035714	0.001276	0	0	0	0	0
ZORRO	1	1	0.017857	0.000319	0	0	0	0	0
LAGARTIJA	1	1	0.017857	0.000319	0	0	0	0	0
SERPIENTE	1	1	0.017857	0.000319	0	0	0	0	0
COMADREJA	1	1	0.017857	0.000319	1	1	0.014706	0.000216	0.000263
AVE	3	9	0.053571	0.00287	0	0	0	0	0
Sp no ID	1	1	0.017857	0.000319	0	0	0	0	0
PERRITO	0	0	0	0	57	3249	0.838235	0.702638	0
Y =	56	846	1	0.26977	68	3304	1	0.714533	0.053834
n =	11				n =	5			
B =	3.706856				B =	1.399516			
B_A =	0.270686				B_A =	0.099879			
M₁₂ =	0.199555				M₂₁ =	0.075342			
O =	0.122616				O =	0.122616			

La tabla 5 muestra la amplitud de nicho trófico propuesto por Levins (1968), para los sitios MZP y RLA con la diversidad total de alimento ofrecido para ambos sitios, el número de utilizaciones y los valores de amplitud.

El águila real de MZP utilizó para su alimentación 11 presas distintas, mientras que el águila de RLA 5. En la amplitud de nicho B según Levins (1968), sugiere que el águila de MZP tiene un nicho dietético más amplio que de RLAo ($B=3.70$ Vs $B=1.39$), además la amplitud de nicho estandarizado (B_A) sugiere que el AR de MZP tiene casi el triple de amplitud de nicho que el de RLA. Respecto al traslape (O) propuesto por Pianka (1973) entre las dos águilas es de 0.12, la cual puede interpretarse como 0 sin traslape y 1 traslape completo. Por lo anterior, el resultado sugiere un traslape débil entre la dieta del águila en los dos sitios de estudio. Por su parte, el grado de traslape sugerido por MacArthur-Levins (M), indica que el grado en que la dieta del AR de RLA se traslapa con la dieta del águila de MZP (0.070) es menor que el grado en que la dieta del águila de RLA se traslapa con la de MZP.

Lo anteriormente expuesto está sujeto a la disponibilidad de las presas en espacio y tiempo, dicho de otra forma, se asume que dichas presas presentes en ambas dietas están sujetas a diversos factores entre los que pudiera destacar la presencia, abundancia poblacional o mayor visibilidad de la presa y con esto una mayor probabilidad de encuentro con el depredador, como es el caso de los lagomorfos en MZP y perros de la pradera en RLA.

Traslape de nicho propuesta por Pianka (1973)

$$O_{jk} = \frac{(\sum p_{ij} p_{ik})}{\left(\sqrt{\sum p_{ij}^2 \sum p_{ik}^2} \right)}$$

Dónde:

O_{jk} = traslape en una de las dimensiones del nicho entre las especies j y la especie k

p_{ij} = valor de importancia del recurso i para la especie j

p_{ik} = valor de importancia del recurso i para la especie k

El resultado del traslape de nicho alimentario entre los nidos de Saltillo y Zacatecas es de:

$O_{jk} = 0.12$, lo que significa un traslape mínimo entre los alimentos que consumieron en este año.

Cuando se analiza el traslape entre cada tipo de alimento se obtienen los resultados la siguiente tabla:

Tabla 6. Traslape de nicho trófico de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente.

Tipo de alimento	Traslape
Lagomorfos	0.52
Aves	0.00
Reptiles	0.00
Perrito llanero	0.00
Otros mamíferos	0.45
Presa no identificada	0.00

La tabla 6. Muestra el traslape de nicho trófico de las especies utilizadas como alimento para ambos sitios, evidenciando un traslape débil entre los mismos.

Tabla 7. Diferencias significativas entre alimentos de águila real en nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017, respectivamente.

Nombre	Categorías de la variable independiente			Límites de confianza al 95% para α
	Águila Zacatecas	Águila Saltillo	Totales	Valor p de Chi-test
Presas	56	68	124	
Lagomorfos	26	7	33	0.00010
Ratón	10	1	11	0.00230
Ardilla	6	2	8	0.08991
Zopilote	4	0	4	0.02753
Zorrillo	2	0	2	0.11914
Zorro	1	0	1	0.27049
Lagartija	1	0	1	0.27049
Serpiente	1	0	1	0.27049
Comadreja	1	1	2	0.89063
Ave no ID.	3	0	3	0.05631
Spp no ID.	1	0	1	0.27049
Perrito	0	57	57	0.00000

La tabla 7 muestra los límites de confianza al (95%) en forma descendentes con respecto a la mayor utilización de presas para el AR en los sitios de Mazapil, Zacatecas y Saltillo, Coahuila.

4.5. Preferencias alimenticias.

Las preferencias por las águilas de los dos nidos se analizaron a través del índice de α Manly, este nos muestra la selectividad hacia las presas acarreadas a los nidos indicando la proporción en que son seleccionadas más que su abundancia en el área de forrajeo. Las especies preferidas presentaron un valor igual o mayor al α de Manly en el periodo de tiempo ocurrido. Se calculó con el programa HaviStat V2.0, 2013 (Aplicación para Inferir Preferencia, Uso, Selección y Amplitud de Nicho). Alpha Manly et al (1972) / Chesson (1978); Recursos Const.*

$$\alpha_i = \frac{PU_i}{PN_i} \left[\frac{1}{\sum \left(\frac{PU_i}{PN_i} \right)} \right]$$

Tabla 8. Índice de preferencia de las presas de águila real en los nidos de RLA y MZP durante las temporadas reproductivas 2016 y 2017 (años combinados).

Nombre	Águila	Águila
	Zacatecas	Saltillo
# Presas	56	68
LAGOMORFO	0.8	0.2
RATON	0.9	0.1
ARDILLA	0.8	0.2
ZOPILOTE	1	0
ZORRILLO	1	0
ZORRO	1	0
LAGARTIJA	1	0
SERPIENTE	1	0
COMADREJA	0.5	0.5
AVE NO ID.	1	0
SPP. NO ID.	1	0
PERRITO	0	1

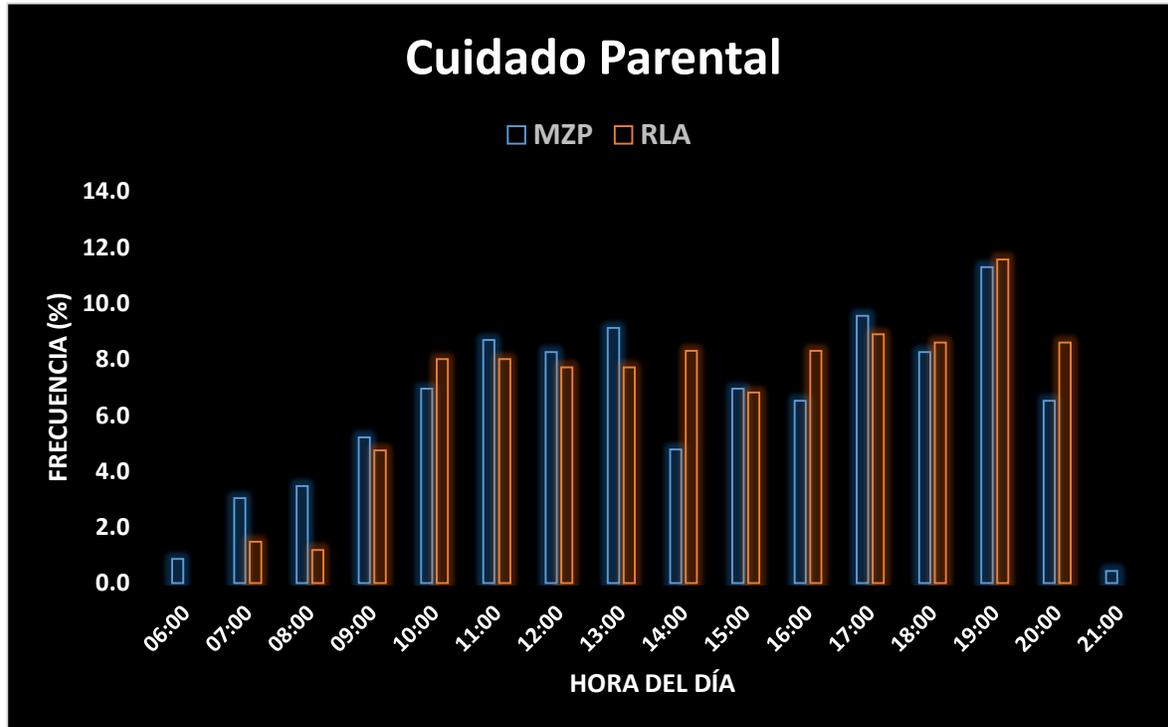
La tabla 8 muestra la selectividad de las presas acarreadas para ambos MZP y RLA, donde se encontró que los lagomorfos, ratón, ardillas y Perritos de la pradera tienen un índice de preferencia significativo con respecto a otras especies ofrecidas.

Criterio: si el valor del índice es mayor que 0.5 es que prefirió el tipo de alimento, si es menor lo evitó.

Los valores de preferencia arrojados por el análisis muestran que las águilas en RLA prefieren solamente perro de la pradera ($\alpha=1.0$, $P= .0000007$) sobre otras presas, lo anterior comparado con el nido de MZP el cual tuvo preferencia por los lagomorfos ($P= .0001$), seguido por los ratones ($P= .0023$). Lo anterior denotó la disponibilidad de alimento en los dos sitios, debido que el área de forrajeo en el nido de RLA se encuentra dentro del área de influencia de colonias de perrito llanero, mientras que en el nido de MZP la disponibilidad alta estuvo concentrada en los lagomorfos los cuales aportaron en gran medida la biomasa alimenticia. Por otra parte, en los resultados se pueden observar valores también de 1. Sin embargo, no son preferenciales debido que fue solo una unidad (individuo) la que se registró en el nido de MZP, adicionalmente que no existe diferencia significativa entre la frecuencia de este tipo de alimento entre nidos. Por su parte (Bravo *et al.*, 2015) reporto que la dieta es poca diversa en el estudio realizado para la zona de Chihuahua, encontrando 7 taxones presentes, siendo uno el que aporta más del 50% de la frecuencia de presas y más del 70% de la biomasa, la composición de la dieta fue similar en ambos territorios evaluados ($t=0.73$, $P<0.05$), mientras que la amplitud también fue similar ($t=0.86$, $P<0.05$), la amplitud total reportada para esta área es de 3.13.

4.6. Evaluación de variables etológicas en el nido del AR.

Figura 22. Histograma de distribución comparativa del cuidado parental general durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.

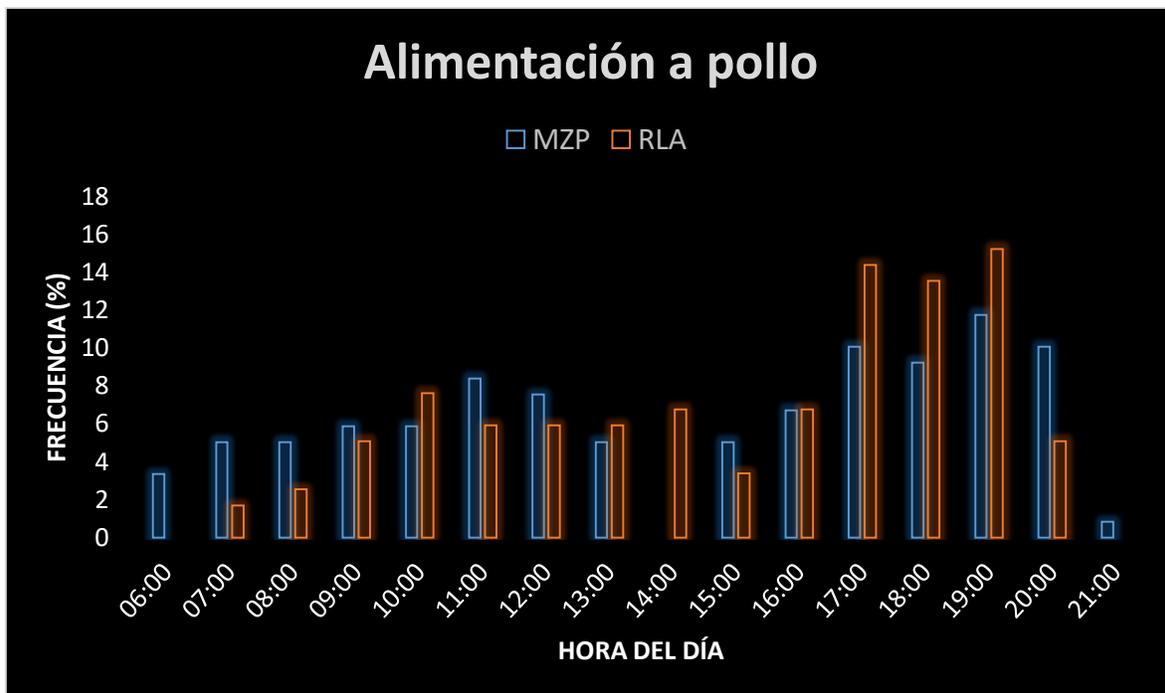


La figura 22 refiere de manera general el porcentaje de actividad durante el día por alguno de los adultos para realizar cualquier actividad en el nido (alimentar, termorregular etc.). Como muestra la gráfica el porcentaje de actividad durante el día fue similar entre los sitios RLA y MZP, sin embargo, la actividad fue mayor a partir de las 10:00 horas y se mantuvo constante hasta las 20:00 horas, reduciendo significativamente la misma a partir de las 21:00 horas. Cabe mencionar que en los cuidados parentales generales analizados, el macho tuvo actividad solo en la entrega de alimento, vigilancia y defensa del territorio, mientras que la hembra estuvo más fuertemente involucrada en todos los cuidados. De acuerdo a Collopy (1984), reporta que la hembra realizó la mayor parte de los cuidados tales como incubaciones nocturnas y diurnas, limpieza, restauración, alimentación, etc. Por su parte, (Ellis, 1979; Collopy, 1984; Watson, 2010) mencionan que durante el desarrollo de los pollos ambos padres llevan presas al nido, pero el macho rara vez

alimentó a los jóvenes directamente. En otro estudio en Idaho los machos pasaron el 74% del tiempo perchados en lugares lejos del nido (Ellis, 1979; Collopy, 1984). Esto coincide con lo encontrado en este estudio donde nunca se observó al macho alimentando a los pollos. En ambos sitios de estudio el comportamiento del macho fue similar.

4.7 Alimentación a pollo.

Figura 23. Histograma de distribución comparativa de la alimentación a pollos por adultos durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.



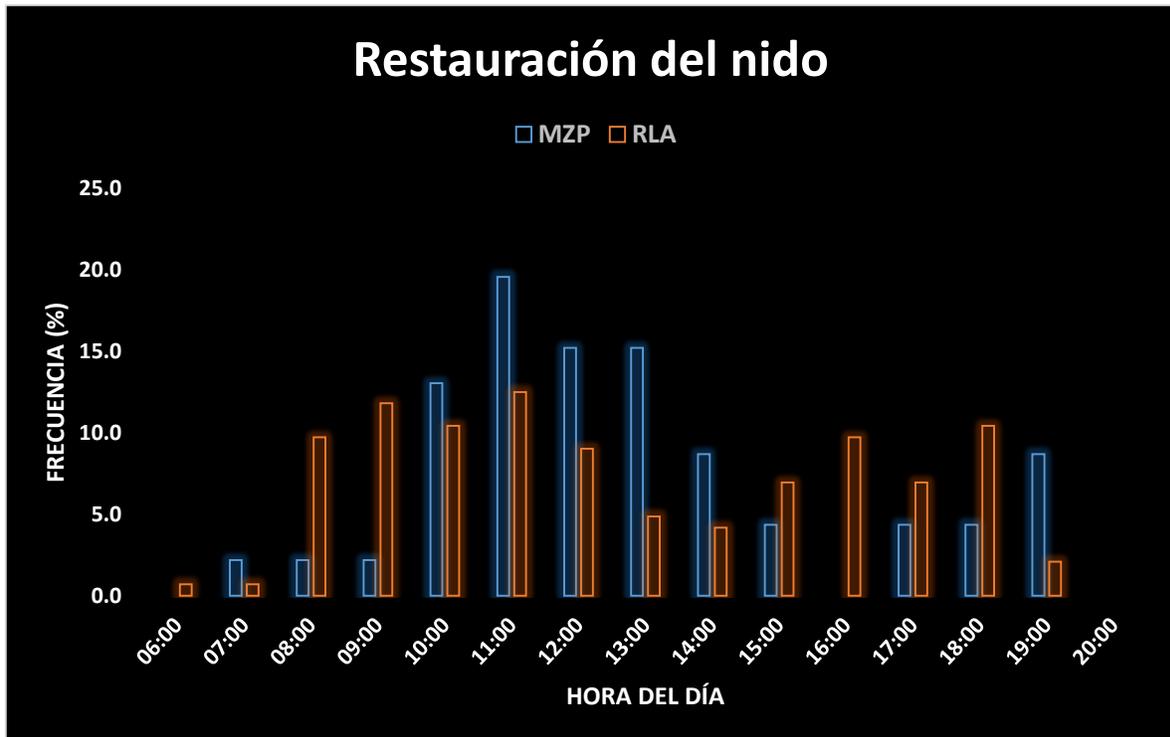
La figura 23 refiere de manera general el porcentaje de actividad durante el día de los adultos para alimentar al pollo en el nido. Como muestra la gráfica el porcentaje de actividad durante el día fue similar entre los sitios RLA y MZP, sin embargo, la actividad fue mayor a partir de las 17:00 horas y se mantuvo constante hasta las 20:00 horas, reduciendo significativamente la misma a partir de las 21:00 horas.

Lo anterior coincide con lo reportado por (Ellis, 1979; Collopy, 1984; Watson, 2010), quienes mencionan que es la hembra quien realiza esta actividad. Aún y cuando esta actividad fue similar entre los sitios de estudio, existió una pequeña variación

en el RLA, donde se empleó una mayor cantidad de horas totales alimentando al polluelo, por lo cual se asume que esta variación está en función de la disponibilidad de presas, teniendo más tiempo el AR del RLA para alimentar comparada con la de MZP.

4.8. Restauración del nido.

Figura 24. Histograma de distribución comparativa de restauración del nido por adultos durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.



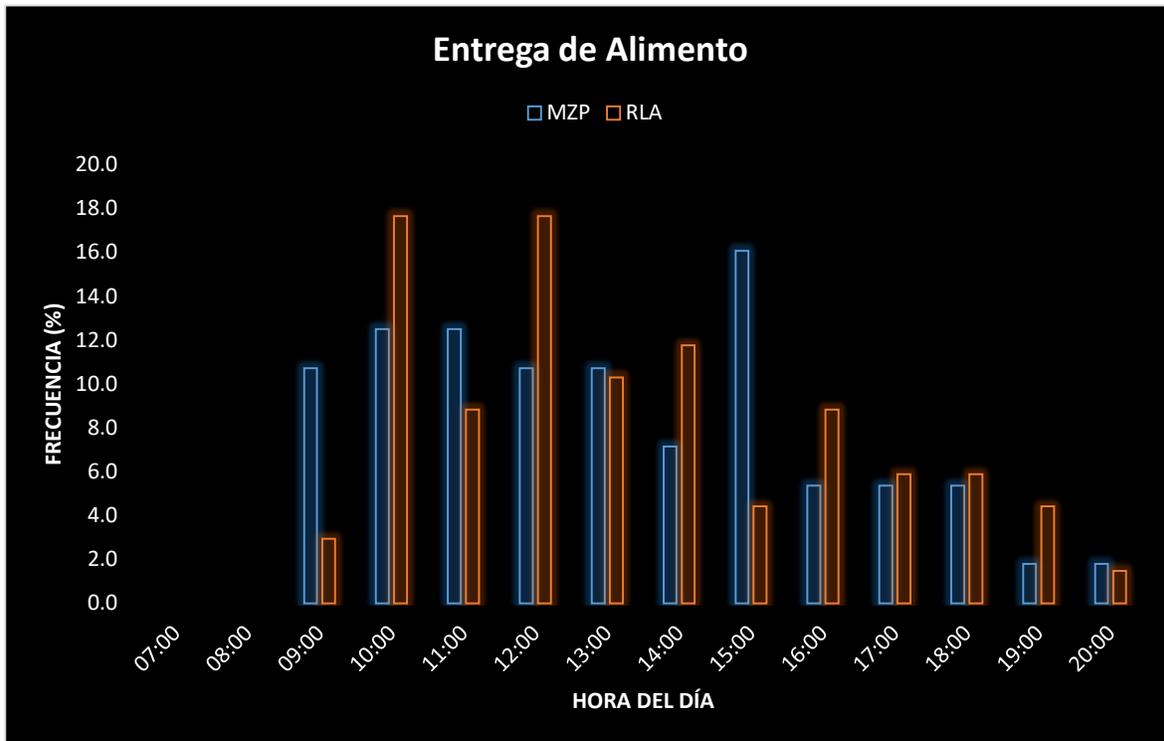
La figura 24 muestra los horarios del día más utilizados por cualquiera de los dos adultos para restaurar el nido (acarreo de ramas), en los sitios MZP y RLA. Para el caso de MZP la restauración del nido fue a través de las 10:00 a 13:00 horas, mientras en RLA fue desde las 8:00 hasta las 12:00 horas, aún y cuando el resto del día siempre hubo actividad pero menor significativamente respecto al horario previamente mencionado. Algunos autores mencionan que al traer material vegetal ayuda a cubrir desechos y repeler ectoparásitos (Wimberger, 1984; Watson, 2010).

Las especies de material utilizadas fueron distintas para ambos sitios, en el RLA se identificaron especies vegetales tales como Quercus Spp., Yucca filifera, Agave Lechuguilla, mientras que en MZP las especies acarreadas fueron Pinus cembroides, Yucca filifera, Quercus Spp., y Agave lechuguilla. De acuerdo con (Hickman, 1968) la vegetación siempre es variada y suele reflejar la flora de proximidad inmediata, que fue el caso para los sitios de estudio RLA y MZP. También se tiene registros de materiales como: pastos, hojas secas de Yucca, corteza exterior, ramas verdes y muertas, ramas de abeto, musgos suaves, líquenes, etc. (Dixon 1937; Jollie, 1943; Gabrielson y Lincoln, 1959; Kochert *et al.*, 2016).

Las variaciones encontradas en estos dos sitios de estudio obedecen a la ubicación biogeográfica de ambos puntos, MZP es un terreno montañoso, quebrado y escarpado, con presencia de bosque de pino-encino en mayor proporción, así como chaparral y escasas zonas abiertas en la parte alta, comparado con el RLA el cual es un área principalmente representada por valles de pastizal mediano abierto, matorral microfilo, matorral submontano, izotal, y bosque de pino encino, pero en menor proporción.

4.9. Entrega de alimento.

Figura 25. Histograma de distribución comparativa de entrega de alimento por adultos al nido durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.



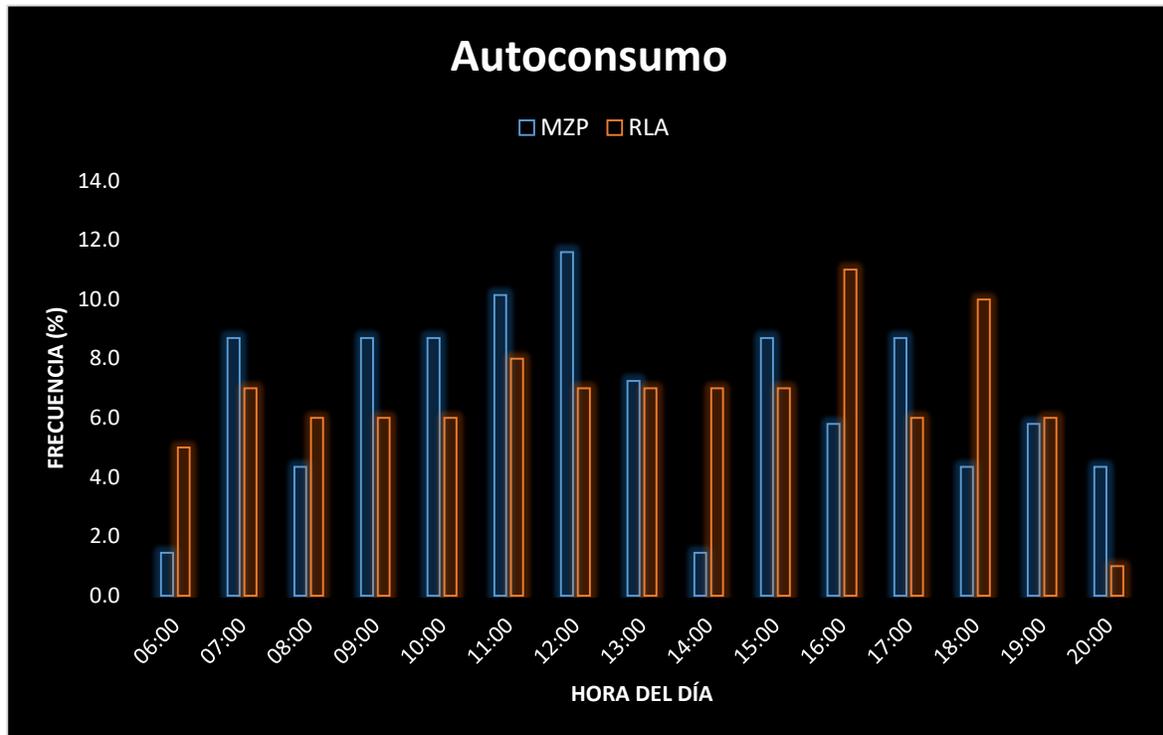
La figura 25 muestra los horarios más utilizados en la entrega de alimentos a los pollos por los adultos en ambos sitios MZP y RLA. Para el caso del sitio MZP ésta actividad inicia a las 9:00 hasta las 15:00 horas, reduciendo su actividad después de éste período. Para el caso del sitio RLA inicia desde las 10:00 hasta las 16:00 horas. Lo anterior también evidencia que esta actividad es baja para ambos sitios durante las horas crepusculares.

El número total de entregas fue mayor para el RLA con 68, debido a que éste hábitat representó una mayor disponibilidad de alimento, por ende, los adultos cazaban con mayor facilidad que en sitio MZP el cual registro 56 entregas. En ambos sitios los dos padres estuvieron involucrados en la entrega de alimento lo cual coincide con lo reportado por (Ellis, 1979 y Collopy, 1984, Watson, 2010), quienes mencionan que la entrega de alimento la realizan los dos adultos. La entrega de alimento se vio disminuida en la octava semana para RLA y en la novena semana para MZP, lo cual también coincide por lo reportado por (Kochert, *et al.* 2002; Lozano y Villalobos,

2003; Watson, 2010), quienes notaron un decremento a partir de la octava semana. Lo anterior lo realizan los adultos con la finalidad de que los pollos se vean forzados abandonar el nido.

4.10. Autoconsumo.

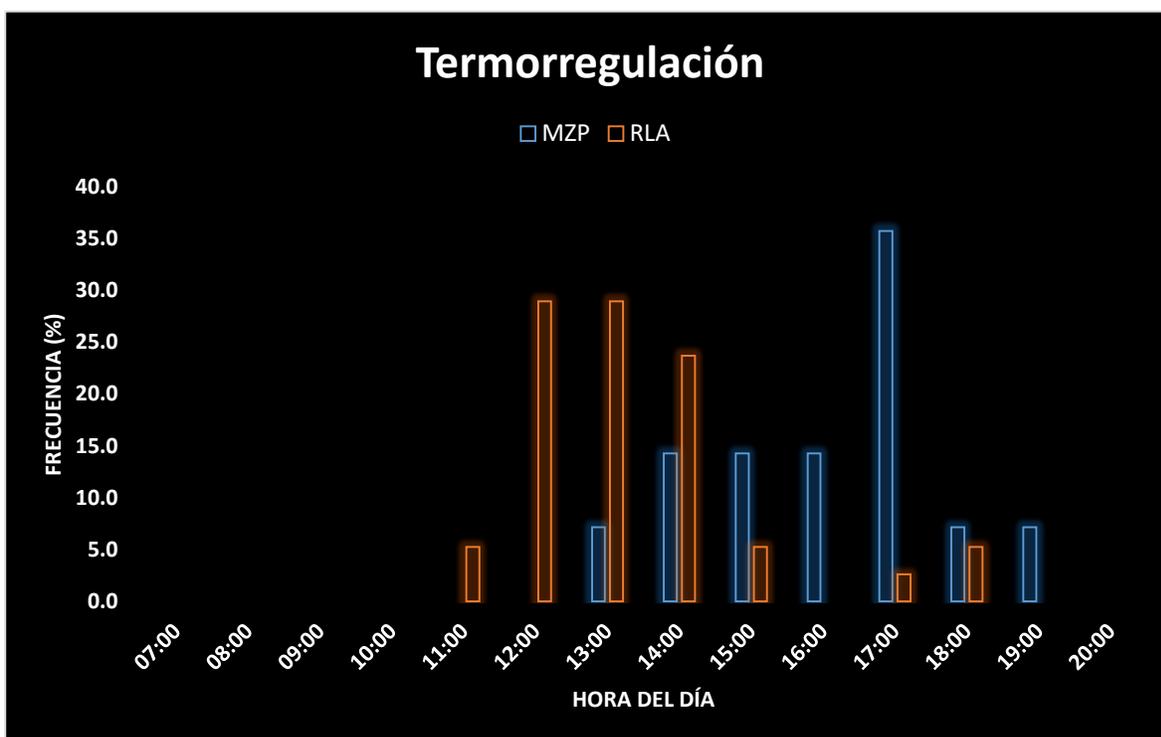
Figura 26. Histograma de distribución comparativa de autoconsumo de alimento por el pollo durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.



La figura 26 muestra la distribución de horas más utilizadas por los pollos durante el día para la realización de esta actividad en ambos sitios, en el histograma se puede apreciar que no existe diferencia marcada en las horas del día para los dos lugares de estudiados MZP y RLA. El autoconsumo inicio el día (37) sexta semana para RLA y día (30) quinta semana para MZP, lo cual coincide con lo reportado por (Ellis, 1979; Collopy, 1980; Kochert, et al. 2002; Watson, 2010), quienes reportan que los jóvenes comienzan alimentarse por sí mismos entre los 34 y 37 días de edad y que arrancan con éxito las canales entre los 45 y 55 días, esto puede verse afectado si el pollo se queda sin alimento por mucho tiempo, en ocasiones los padres se ausentan del nido por un periodo largo de horas para forzar a pollos a autoconsumir las presas.

4.11. Termorregulación.

Figura 27. Histograma de distribución comparativa de termorregulación durante el día en los nidos de AR en RLA y MZP.

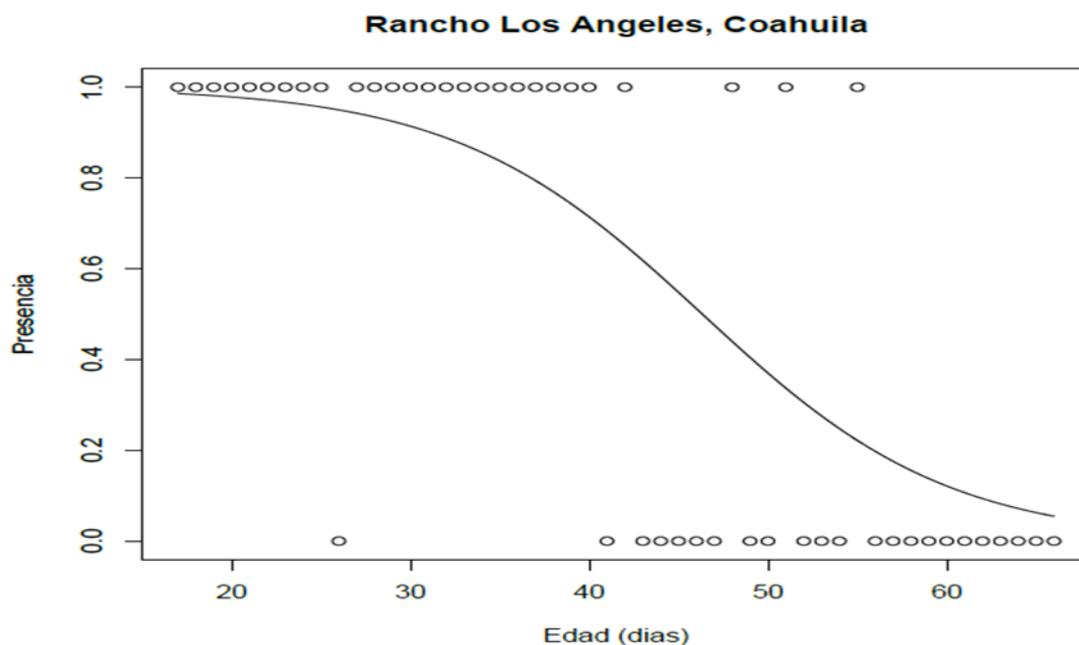


La figura 27 muestra los horarios del día utilizados por los adultos para realizar la actividad de termorregular a los polluelos. Lo anterior se llevó a cabo durante las primeras semanas de nacidos cuando los pollos no regulan su propia temperatura (Driscoll, 2010; Watson, 2010). En este sentido, la hembra se posa encima o a un costado de ellos para hacer una pequeña sombra y estos no mueran de insolación o hipotermia cuando el clima es frío. La actividad de termorregulación en el sitio RLA fue desde las 11:00 hasta las 18:00 horas con la mayor actividad entre las 12:00 y 14:00 horas. Para el caso del sitio MZP el horario de esta actividad fue de las 13:00 hasta las 19:00 horas, con mayor actividad entre 14:00 y 17:00 horas. La diferencia de horarios de termorregulación entre sitios de estudio radica principalmente en la exposición de los nidos. Para el caso del nido en RLA, éste tuvo una orientación hacia el suroeste, mientras que el nido de MZP hacia el oeste.

La tendencia de estas exposiciones coincide con otros estudios realizados, (Mosher y White, 1976) quienes mencionan que la exposición puede ser un factor en la selección del sitio de anidación teniendo influencia directa con el éxito reproductivo. Ciertas exposiciones pueden proteger a los pollos de las inclemencias del clima (Watson y Dennis, 1992; Morneau et al., 1994). En climas templados los nidos construidos en acantilados por lo general están orientados hacia el sur (Mosher y White, 1976; Ritchie y Curatolo, 1982). De 423 nidos estudiados en USA, Montana (McGahan, 1968; Baglien, 1975), Wyoming (Schmalzried, 1976), Idaho (Hickman, 1968; USGS no publicado), Oregon (Hickman, 1968) y Nevada (Kochert *et al.*, 2016), el 37% fue orientado al sur, 22% orientado al norte, 21% orientado al este y 20% orientado al oeste.

4.12. Presencia y ausencia de los adultos en el RLA.

Figura 28. Gráfico de regresión lineal logística de presencia y ausencia por las noches de los padres en RLA.

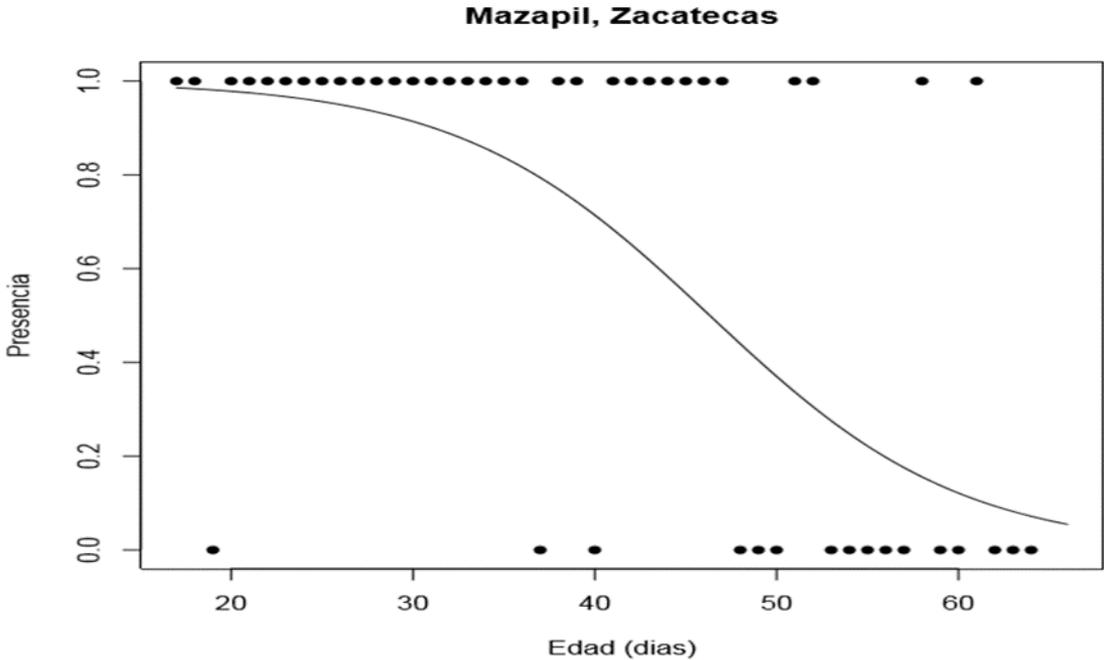


En la figura 28 se representa la distribución de la presencia y ausencia durante la noche como parte de los cuidados del pollo por AR adulta. Lo anterior denota una

marcada presencia de los adultos durante las primeras semanas de desarrollo del pollo y su ausencia a partir de los 41 días de muestreo conforme el desarrollo del pollo se incrementaba.

4.13. Presencia y ausencia de los adultos en MZP.

Figura 29. Gráfico de regresión lineal logística de presencia y ausencia por las noches de los padres en MZP.



En la figura 29 se representa la distribución de la presencia y ausencia durante la noche como parte de los cuidados del pollo por AR adulta. Lo anterior denota una marcada presencia de los adultos durante las primeras semanas de desarrollo del pollo y su ausencia a partir de los 48 días de muestreo conforme el desarrollo del pollo se incrementaba. Los valores de ausencia de los dos sitios de estudio anteriormente mencionados, pueden estar en función del tamaño del pollo en el nido, en relación a su desarrollo y del mismo tamaño del nido, lo cual puede influir en la presencia de los adultos en el nido por la noche.

V. CONCLUSIÓN.

La instalación de cámaras de video grabación 24/7 en los nidos de AR constituyen una herramienta útil para caracterizar en forma casi precisa la dieta y aspectos de etología de esta especie. El presente estudio representa el primer esfuerzo en México en describir distintos aspectos de la ecología respecto a su riqueza de especies presas, abundancia de las anteriores, amplitud del nicho alimenticio y biomasa, así como la evaluación de aspectos de comportamiento a través del desarrollo del pollo en el nido hasta el abandono del mismo.

El resultado de este estudio contrasta la importancia de la comunidad de especies presa dentro de la ecología trófica del águila real y el papel fundamental de una especie clave como el perro de la pradera y los lagomorfos en sitios degradados en la misma. Asimismo, las variables evaluadas en este estudio en dos sitios ecológicos distinto, pero dentro de la misma ecoregión del Desierto Chihuahuense, evidencian la importancia de la riqueza y abundancia de especies y su posible impacto en aspectos de sobrevivencia del AR en términos de metapoblaciones a través del paisaje. Lo anterior representa una buena herramienta a ser considerada en proyectos de restauración de hábitats, programas de conservación de la especie y finalmente en modelos de viabilidad poblacional de la especie a mediano y largo plazo.

Las hipótesis alternativas planteadas en este estudio prácticamente todas fueron aceptadas, donde se resalta que la riqueza de especies presas fue menor en el área del RLA respecto a MZP, así como la frecuencia de entregas de las presas, debido probablemente a una mayor disponibilidad de alimento y una mayor biomasa. Respecto a los cuidados parentales generales se comportaron de manera similar en ambos sitios por tanto también se aceptan las hipótesis. Es necesario llevar a cabo más trabajos de esta misma naturaleza para poder caracterizar y contrastar distintas comunidades de presas potenciales y su posible efecto en la distribución potencial a nivel regional y así poder identificar sitios de conservación prioritarias para proveer de mejores herramientas en la conservación de esta especie.

VI. LITERATURA CITADA.

- Arroyo, B. (2017). Águila real – *Aquila chrysaetos* (Linnaeus 1758) Bernardo Arroyo. Enciclopedia Virtual de Los Vertebrados, 2017, 151–153.
- BEECHAM, J. K., & KOCHERT, M. N. (1975). BREEDING BIOLOGY OF THE GOLDEN EAGLE IN SOUTHWESTERN IDAHO. Retrieved November 29, 2018, from Searchable Ornithological Research Archive website: <https://sora.unm.edu/>
- BirdLife International. (2016). *Aquila chrysaetos*. The IUCN Red List of Threatened Species.
- Bravo, V., Mireles, M., Zuñiga, M., & Carreón, H. (2015). Composición y amplitud de la dieta del águila real en Chihuahua, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(1), 116–119.
- Collopy, M. W. (1984). Parental care and feeding ecology of golden eagle nestlings. *The Auk*, 101(October), 753–760.
- Collopy, M. W. (1983). A Comparison of Direct Observations and Collections of Prey Remains in Determining the Diet of Golden Eagles. *The Journal of Wildlife Management*, 47, 360–368.
- CONABIO. (2011). Fichas de especies prioritarias. Águila real (*Aquila chrysaetos canadensis*). México.
- CONABIO. (2018). La Biodiversidad de Coahuila. In Volumen 1.
- CONANP. (2015). Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE) Águila Real (*Aquila chrysaetos*) Programa de Acción para la Conservación de la Especie (PACE): Águila Real (*Aquila chrysaetos*). <https://doi.org/10.1016/j.comppsyh.2014.03.009>

- De León Girón, G. (2017). Abundancia, ecología reproductiva, dieta, uso de hábitat y amenazas del águila real (*Aquila chrysaetos canadensis*) en Baja California, México. Propuestas para su conservación. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C.
- de León-Girón, G., Rodríguez-Estrella, R., & Ruiz-Campos, G. (2016). Estatus de distribución actual del águila real (*Aquila chrysaetos*) en el noroeste de Baja California, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1328–1335. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.10.003>
- Driscoll, D. E. (2010). Protocol for Golden Eagle Occupancy, Reproduction, and Prey Population Assessment. American Eagle Research Institute, 55, 55.
- Dunn, J. L., & Aldefer, J. (2006). Field guide to the birds of North America. National Geographic Society.
- Eccardi, F. (2008). El águila real, simbolo de la identidad mexicana. *Biodiversitas*, 77, 1–6.
- Federación, D. O. de la. (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059. 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México, DF. 78.
- Ferguson-Lees, J., & Christie, D. A. (2001). *Raptors of the World* (p. 986). p. 986.
- FERNÁNDEZ, C. y PURROY, F. (1990). Tendencias geográficas en la alimentación del Águila Real (*Aquila chrysaetos* L.) en Navarra. *Ardeola*.
- Franson, J. C., Sileo, L., & Thomas, N. J. (1995). Causes of eagle deaths. In E. T. LaRoe, G. S. Farris, C. E. Puckett, P. D. Doran, & M. J. Mac (Eds.), *Our living resources: A report to the nation on the distribution, abundance, and health of U.S. plants, animals, and ecosystems* (p. 68). Retrieved from <http://pubs.er.usgs.gov/publication/94693>

- Gabrielson, I. N., & Lincoln, F. C. (1959). *The birds of Alaska*. Stackpole Company.
The Birds of Alaska.
- Garza de León, A. (2003). *Aves de Coahuila*. México: Museo de las aves en México.
- Gibert, I. S., & Gaona, O. (2014). *Programa de conservación de especies en riesgo*. México: SEMARNAT.
- Good, R. E., Nielson, R. M., Sawyer, H. H., & McDonald, L. L. (2004). Population Level Survey of Golden Eagles (*Aquila chrysaetos*) in the Western United State.
- Gracida Olvera Gabriel. (n.d.). "ÁGUILA REAL, ICONICIDAD Y HERMENÉUTICA EN LA PROTECCIÓN JURÍDUCA DE UNA ESPECIE DE FAUNA SILVESTRE MEXICANA." Universidad Autónoma de México UNAM.
- H., W. P. (1994). The Use of Green Plant Material in Bird Nests to Avoid Ectoparasites. *American Ornithologists' Union*, 101, 615–618. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4086620>
- HICKMAN, G. L. (1968). The ecology and breeding biology of the golden eagle in southwestern Idaho and southeastern Oregon.
- HIRALD, F. S. & F. (2008). Intraguild predation in raptor assemblages: a review. *British Ornithologists' Union*, 14.
- Howell, S. N., & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press.
- INEGI. (2018). Mapas de México. Retrieved December 2, 2018, from www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=05
- James, D. B. (1937). The Golden Eagle in San Diego County, California. *Cooper Ornithological Society*, 39, 49–56.

- JERRY, M. (1968). ECOLOGY OF THE GOLDEN EAGLE (University of Montana). Retrieved from <https://scholarworks.umt.edu/etd/6571>
- John, W. B. (1975). Biology and habitat requirements of the nesting golden eagle in southwestern Montana by. Montana State University.
- Jollie, M. T. (1943). The golden eagle: its life history, behavior and ecology. University of Colorado.
- Karen Steenhof, M. N. K. and T. L. M. (1997). Interactive Effects of Prey and Weather on Golden Eagle Reproduction. *Journal of Animal Ecology*, 66.
- Kochert, M. N., & Steenhof, K. (2002). Golden eagles in the U.S. and Canada: status, trends, and conservation challenges. *Journal of Raptor Research*, 36, 32–40. <https://doi.org/10.2307/3539326>
- Kochert, M. N., Steenhof, K., McIntyre, C. L., & Craig, E. H. (2016). Annual cycle of breeding, migration, and molt, Alaska.
- Lack, P. C., & Newton, I. (1981). Population Ecology of Raptors. In *The Journal of Animal Ecology* (Vol. 50). <https://doi.org/10.2307/4081>
- Lee, W. A. (1971). The Golden Eagle and its economic status. In *The Conservationist*. Fish and Wildlife Service.
- Levins, R. (1968). *Evolution in Changing Environments*. University Press. Princeton.
- Lozano, L.F., V. V. 2003. (2003). Productividad del águila real (*Aquila chrysaetos*) en la serranía Juan El Grande, Aguascalientes.
- Madero-Farias, A., & Sada, M. (2015). *Guía del observador de aves de Nuevo León*. Fondo Editorial de Nuevo León.

- McGRADY, M. J., GRANT, J. R. A., BAINBRIDGE, I. P., & MCLEOD, D. R. A. (2002). MODEL OF GOLDEN EAGLE (*AQUILA CHRYSAETOS*). *Journal Raptor Research*, 36, 62–69.
- Menkens, G. E., & Anderson, S. H. (1987). Nest Site Characteristics of a Predominantly Tree-Nesting Population of Golden Eagles. *Journal of Field Ornithology*, 58(1), 22–25. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/4513180>
- MORNEAU FRANGOIS, BRODEUR SERGE, D. R. (1994). ABUNDANCE AND DISTRIBUTION OF NESTING GOLDEN EAGLES IN HUDSON BAY, QUIBEC. The Raptor Research Foundation, Inc.
- Mosher, J. A., & White, C. M. (1976). Directional exposure of Golden Eagle nests. 356–359.
- Moss Edward H.R. (2014). Home-Range Size and Examples of Post-Nesting Movements for Adult Golden Eagles (*Aquila chrysaetos*) in Boreal Sweden. *J. of Raptor Research*, 93–105. Retrieved from <https://doi.org/10.3356/JRR-13-00044.1>
- Newton, I. (1979). *Population Ecology of Raptors*. T. & A. D. Poyser. Berkhamsted.
- Newton, I. (2011). Migratory flight. In Elsevier (Ed.), *The migration ecology of birds* (1st ed., p. 49). <https://doi.org/10.1016/B978-012517367-4.50028-0>
- Paolo Pedrini, F. S. (2002). Regional conservation priorities for a large predator: golden eagles (*Aquila chrysaetos*) in the Alpine range. ELSEVIER. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00116-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00116-1)
- Pianka, E. R. (1973). The structure of lizard communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*.

- Poole, K. . G., & Bromley, R. G. (1988). Interrelationships within a raptor guild in the central Canadian Arctic. *Canadian Journal of Zoology*, 66(10), 2275–2282. <https://doi.org/10.1139/z88-338>
- Portes-Vargas, G. (1993). Aves rapaces de Coahuila y su relación con diferentes tipos de vegetación. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro.”
- Ritchie R.J, C. J. A. (1982). Notes on Golden Eagle productivity and nest site characteristics, Porcupine River, Alaska, 1979-1982. 16, 123.
- Rodríguez-Estrella, R. (2002). A SURVEY OF GOLDEN EAGLES IN NORTHERN MEXICO IN 1984 AND RECENT RECORDS IN CENTRAL AND SOUTHERN BAJA CALIFORNIA PENINSULA. The Raptor Research Foundation, Inc., 36, 3–9.
- Rodríguez-Estrella, R., & Necedal-Moreno, J. (1985). El Águila Real (*Aquila chrysaetos* L.) en México: Prospección de su distribución y hábitos.
- Rodríguez-Estrella, R., & Rivera-Rodríguez, L. (2005). Ficha técnica de *Aquila chrysaetos*. In CONABIO.
- Rodríguez-estrella, R., Lilinas-Gutiérrez, J., & Cancino, J. (1991). New Golden Eagle Records from Baja California. *The Raptor Research Foundation, Inc*, 25(3), 68–71. <https://doi.org/10.1186/gb-2013-14-6-123>
- Schmalzried, J. T. (1976). Nesting and food habits of the Golden Eagle on the Laramie plains. University of Wyoming.
- SEMARNART. (2008). Proyecto de recuperación de las poblaciones de águila real (*Aquila chrysaetos canadensis*) y su hábitat en México.
- SERGIO, F., NEWTON, I. ., MARCHESI, L., & PEDRINI, P. (2006). Ecologically justified charisma: preservation of top predators delivers biodiversity

conservation. *Journal of Applied Ecology*, 43(6), 1049–1055.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01218.x>

Tapia, L., Kennedy, P., & MANNAN, B. (2007). *Habitat sampling-Raptor Research and Management Techniques Manual*.

Tavizon-García, J. P. (2014). Dinámica poblacional y viabilidad espacio temporal del águila real (Universidad Autónoma de Nuevo León).
<https://doi.org/10.1192/bjp.205.1.76a>

Wallace, P. E., Gregory, D. J., & David, P. Y. (2002). A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. In T. D. Ralph, C. John; Rich (Ed.), *Bird Conservation Implementation and Integration in the Americas: Proceedings of the Third International Partners in Flight Conference*. (pp. 1029–1042). Asilomar, California: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

Watson, J. (2010). *The Golden Eagle (Second)*. London: T. & A.D. Poyser.

Watson, J. (1992). Golden Eagle *Aquila chrysaetos* breeding success and afforestation in Argyll. *Bird Study*, 203–206.