

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA**  
**ANTONIO NARRO**  
**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO**  
**ESPECIALIDAD EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES**  
**DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS**



**ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FAUNA SILVESTRE EN EL NORTE DEL**  
**MUNICIPIO DE GUERRERO COAHUILA**

**Por:**

**Ana Laura Martínez Rosales**

**Reporte de Investigación**

**Presentado como requisito parcial para optar al diploma de:**

**Especialista en Manejo Sustentable de Recursos Naturales de Zonas**  
**Áridas y Semiáridas**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Enero del 2015**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

“ANÁLISIS ESPACIAL DE LA FAUNA SILVESTRE EN EL NORTE DEL  
MUNICIPIO DE GUERRERO COAHUILA”

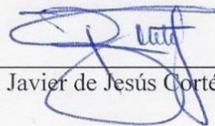
REPORTE DE INVESTIGACIÓN

ANA LAURA MARTINEZ ROSALES

Elaborado bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y Aprobada como  
requisito parcial para optar al Diploma de:

ESPECIALISTA EN MANEJO SUSTENTABLE DE RECURSOS NATURALES  
DE ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS  
COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal:

  
Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho

Asesor:

  
Dr. Luis Samaniego Moreno

Asesor:

  
Dr. Jorge Méndez González

  
Dr. Alberto Sandoval Rangel

Saltillo, Coahuila, Enero 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Gracias Edgar por apoyarme en todo, gracias a mis hijos Regina y Gael, gracias por ser mi familia y por ser los que me impulsan a seguir adelante, los amo.

A mis padres que nos han brindado de su apoyo, sin importar que se encuentren a varios kilómetros de distancia.

Y un especial agradecimiento a el Dr. Javier de Jesús Cortés Bracho, por la paciencia, comprensión, el tiempo dedicado y por compartir su conocimiento con esta servidora.

## **DEDICATORIA**

Regina, Gael y Edgar, mi trabajo y mis logros son por ustedes y para ustedes.

## Índice

I.	Introducción	1
II.	Objetivos	2
III.	Revisión de literatura	3
3.1.	Biodiversidad de México	3
3.1.1.	Tipos de vegetación en México	5
3.1.2.	Tipos de vegetación en Coahuila	7
3.1.3.	Tipo de Vegetación del municipio de Guerrero	8
3.2.	Fauna de México	8
3.3.	Fauna del estado de Coahuila	10
3.3.1.	Mamíferos de Coahuila	10
3.3.2.	Aves de Coahuila	10
3.3.3.	Reptiles de Coahuila	11
3.4.	Concepto de geoestadística	11
3.4.1.	Etapas para el análisis geoestadístico	12
3.4.2.	Variables regionalizadas	12
3.4.3.	Semivariograma	12
3.4.4.	Modelos matemáticos del semivariograma	13
3.4.5.	Kriging	15
3.4.6.	Tipos de kriging	15
IV.	Materiales y métodos	17
4.1.	Método de muestreo	17
4.2.	Método de interpolación	18
V.	Resultados y discusión	24
VI.	Conclusión	31
VII.	Resumen	32
VIII.	Literatura citada.	33

Índice de Tablas y Figuras	
Figura 3.4.3.1. Modelo de semivariograma esférico	14
Figura 3.4.3.2. Modelo de semivariograma circular	14
Figura 3.4.3.3. Modelo de semivariograma exponencial	14
Figura 3.4.3.4. Modelo de semivariograma gaussiano	15
Figura 3.4.3.5. Modelo de semivariograma lineal	15
Figura 4.1.2. Transectos lineales	17
Figura 4.2.1. Cuadrantes	19
Figura 4.2.3. Fauna por cuadrantes	19
Figura 4.2.4. Selección de información para el análisis de semivariograma	21
Figura 4.2.5. Análisis del semivariograma.	22
Figura 4.2.6. Kriging	23
Figura 5.1. Avistamientos de Fauna.	28
Figura 5. 2. Tipos de vegetación.	29
Figura 5.3. Kriging a partir de los avistamientos	30
Tabla. 4.2.1. Cuadrantes	20
Tabla 5.1. Aves observadas.	24
Tabla 5.2. Mamíferos identificados.	25
Tabla 5.3. Reptiles identificados.	25

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a la forma accidentada de su territorio y a su amplia variedad de climas México cuenta con diferentes tipos de ecosistemas encontrando bosques, selvas, matorrales, pastizales, vegetación acuática y subacuática, manglar, dunas, ecosistemas marinos, etc. (Rzedowski, 2006.), (Miranda y Hernández, 1963), (Sarukhán *et al.* 2009), (INEGI, 2013) los cuáles son hábitat de una gran diversidad de fauna, el país es reconocido por su gran riqueza en vertebrados, ocupando el segundo lugar mundial en cuanto a especies de reptiles, el doceavo en aves y el tercero en mamíferos.( Llorente y Ocegueda, 2008).

La fauna juega un papel primordial en los ecosistemas tomando diferentes roles dentro de la cadena alimenticia: son reguladores de poblaciones como cazadores o presas; los carroñeros son los limpiadores de la naturaleza (Markle, 2007); existen mamíferos, aves, insectos que son polinizadores, además de ser los mejores indicadores de las perturbaciones producidas en el ambiente. (Arita y Ceballos, 1997), (Rodríguez y Greene, 2009) y (Sekercioglu *et al.* 2004).

La fauna silvestre en México se ha visto amenazada por diversas actividades antropogénicas y actualmente diversos grupos de animales han mostrado una disminución en sus poblaciones, por lo que es importante el

censo para conocer mejor su distribución y composición en el ambiente. Actualmente el estudio de la distribución de las especies ha evolucionado con la utilización de la geoestadística y los sistemas de información geográfica que han venido a facilitar el estudio de los datos, a partir del análisis de la distribución espacial de una variable, respecto a las condiciones ambientales del área de interés, para conocer el comportamiento en los lugares donde no se cuenta con información de la variable investigada. (García, 2004).

## **II. OBJETIVOS**

### Objetivo General

- Evaluar la distribución espacial de la fauna silvestre en el área de estudio.

### Objetivos Específicos

- Identificar las especies presentes en el área.
- Determinar la dependencia espacial a partir del modelo de semivarianza utilizando ArcGis 10.0
- Utilizar el metodo Kriging para la interpolación de las variables.
- Identificar los lugares con mayor avistamiento de fauna.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. Biodiversidad de México**

A nivel mundial la concentración de mayor diversidad se centra en unos cuantos países dentro de los cuáles México forma parte, de esta manera junto a Brasil, Indonesia, Australia, México es considerado como un país megadiverso. Albergando aproximadamente el 10% de la biodiversidad del planeta (Mittermeier *et al.* 1997). Esperando para México entre 180 000 y 216 000 especies del total mundial 1.8 millones. (Llorente y Ocegueda, 2008).

México se encuentra dentro de los países con mayor diversidad del planeta, ubicándose como cuarto lugar en riqueza de especies (Sarukhán *et al.* 2009). Espinosa *et al.*, 2008 y segundo lugar en tipos de ecosistemas.

Por lo que debido a su peculiar fisiografía y diferentes tipos de climas, México es poseedor de una gran variedad de ecosistemas, los cuáles albergan a una gama de especies vegetales como animales. (Conabio, 2008) Ocupando el segundo lugar mundial para especies de reptiles, el doceavo en aves y el tercero en mamíferos. (Llorente y Ocegueda, 2008). En el caso de las plantas México ocupa el quinto lugar mundial en riqueza de especies con flores y el sexto en número de endemismos, (Rzedowski, 2006), (Toledo 1993) y (Villaseñor, 2003).

Dentro de los estados que cuentan con una mayor diversidad biológica se encuentra Oaxaca, seguido de Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán; y los estados que presentan mayor número de endemismos son los estados de Baja California y Oaxaca. (Mittermeier y Mittermeier, 1992), (Llorente y Ocegueda, 2008).

### **3.1.1. Tipos de vegetación en México**

En México se han descrito más de 25 000 plantas vasculares y más del 50 % de ellas son endémicas de nuestro país. (Sarukhán *et al.* 2009).

En México se encuentran representados gran parte de los ecosistemas de todo el mundo.

De acuerdo a INEGI en el país se encuentran representados más de 50 tipos de vegetación que van desde 13 diferentes formas de bosques (oyamel, cedro, de galería, cultivado, inducido, táscate, mesófilo de montaña, de pino, pino-encino, encino, encino-pino, de ayarín y de mezquital), diez diferentes tipos de matorral (crasicaule, desértico microfilo, desértico rosetófilo, espinoso tamaulipeco, rosetófilo costero, sarcocaule, sarco-crasicaule, submontano, sarco-crasicaule de niebla y subtropical), mezquital tropical y xerófilo, cinco tipos de pastizal (cultivado, halófito, inducido, natural y gipsófilo), chaparral, petén, once tipos de selvas (alta perennifolia, subperennifolia, baja caducifolia, baja espinosa caducifolia, baja perennifolia, baja espinosa subperennifolia, baja subcaducifolia, de galería, mediana caducifolia, mediana subperennifolia y

mediana subcaducifolia ), popal, sabana, palmar, tular, duna costera, manglar, vegetación de galería, vegetación halófila xerófila y vegetación halófila hidrófila.

Para Rzedowski 2006, la vegetación la clasifico en 10 tipos de vegetación agrupándola en Bosque tropical perennifolio, bosque tropical subcaducifolio, bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, matorral xerófilo, pastizal, bosque de quercus, bosque de coníferas, bosque mesófilo de montaña y vegetación acuática y subacuática. Mientras que para Miranda y Hernández (1963) Clasificaron 32 tipos diferentes de vegetación: 8 tipos diferentes de selvas (alta perennifolia, mediana o baja perennifolia, alta o mediana subperennifolia, alta o mediana subcaducifolia, baja subperennifolia, baja caducifolia, baja espinosa perennifolia, baja espinosa caducifolia), palmares, sabana, manglar, popal, tres tipos diferentes de matorral (espinoso con espinas laterales, espinoso con espinas terminales, inerme o subinerme parvifolio), cardonales, izotales, nopaleras, crasi-rosulifolios espinosos, tulares, pastizales, zacatonales, agrupación de halófitos, chaparral, tres tipos diferentes de bosque (de enebros, caducifolio, de abetos u oyameles), pinares, encinares, vegetación de duna costera, de desiertos áridos arenosos y vegetación de paramos de altura.

Los bosques de pino-encino de México son los más diversos de la tierra con 55 especies de pino 85% de los cuales son endémicos de México, seguido de los encinos con 138 especies, 70% de los cuales son endémicos del país. Por otro lado el desierto tiene a la mayor cantidad de cactáceas, la mayoría endémicas de la región. (Mittermeier y Mittermeier, 1992), (Toledo, 1994).

Las comunidades vegetales con mayor extensión en el territorio son los matorrales xerófilos, y los ecosistemas con una menor distribución y mayor vulnerabilidad a las perturbaciones son los bosques mesófilos y los humedales. (Martínez *et al.* 2014)

### **3.1.2. Tipos de vegetación en Coahuila**

De acuerdo a INEGI para el estado el Coahuila se clasifican más de 25 tipos diferentes de vegetación, predominando los matorrales los cuales se encuentran presentes en más del 80% del territorio (matorral crasicaule, matorral desértico microfilo, matorral desértico rosetófilo, matorral espinoso tamaulipeco y matorral submontano), seguido de los pastizales (pastizal cultivado, gipsófilo, halófilo, inducido y natural). (Flores y Gerez, 1994). Además de encontrar bosque de oyarín, bosque de encino, bosque de pino-encino, bosque de galería, bosque de mezquite, bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque de táscate, chaparral, mezquital xerófilo, palmar inducido, vegetación halófila xerófila, vegetación de galería, vegetación de desiertos arenosos y vegetaciones secundarias en transición. Dentro de los matorrales los de mayor presencia son el matorral desértico rosetófilo y el matorral desértico microfilo, seguido del matorral submontano y el bosque de pino-encino. Siendo estos donde se encuentran gran parte de los endemismo.

Para el estado de Coahuila se estima un 11.2% de plantas endémicas divididas en las familias Asteraceae, Cactaceae, Lamiaceae, Fabaceae,

Brassicaceae, Hydrophyllaceae , Agavaceae, Rosaceae y Acanthaceae .(Villarreal y Encina, 2005).

### **3.1.3. Tipo de vegetación del municipio de Guerrero Coahuila**

De acuerdo a la Carta de Uso de Suelo y Vegetación Serie V del INEGI para el municipio de Guerrero se clasifican las siguientes vegetaciones: Agricultura (riego, anual y temporal), bosque de encino, matorral espinoso tamaulipeco es el de mayor predominancia, mezquital xerófilo, pastizal (cultivado, halófilo, inducido) y vegetación secundaria (de matorral y pastizal)

## **3.2. Fauna de México**

La fauna de México se distribuye de acuerdo a el tipo de vegetación presente en el país, por lo que México es uno de los países con mayor diversidad de vertebrados y endemismos.

De acuerdo al tipo de vegetación, el bosque de encino es el que presenta mayor número de vertebrados en su hábitat, seguido por el bosque mesófilo de montaña, bosque de coníferas, el bosque tropical caducifolio y en quinto lugar se encuentra el matorral xerófilo. El matorral xerófilo es el hábitat con mayor número de especies restringidas a su hábitat, por lo que las especies son más susceptibles a las alteraciones. (Flores y Gerez, 1994).

Para el país se registran dentro del grupo de los mamíferos 545 especies de los cuales 169 son endémicos, cerca del 11% de las especies totales y 30 % de estas son endémicas (Caballos y Cabrales, 2012), (Arita y Ceballos,

1997), (Mittermeier *et al.* 1997). 13 órdenes de los cuales el orden Rodentia es el que presenta mayor número de especies 245, la diversidad se centra en mamíferos pequeños como son los roedores, murciélagos, musarañas y topos, casi un tercio de los mamíferos terrestres son endémicos de México, pertenecientes en su mayoría al orden Rodentia con 118 sp. (Arita y Paniagua, 1993), (Caballos y Cabrales, 2012)

Para el grupo de las aves se describen más de mil especies y 103 endemismos, 77% de estas se reproducen en México, la mayoría son residentes permanentes. (avibase), (Sigüenza, 2014), (AOU). En México se registran más de 200 AICAs (Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves.) (Contreras, 2008). La mayor concentración de especies se encuentra en las selvas alta perennifolia y baja caducifolia. Mientras que los endemismos se centran en los bosques de pino-encino, de pino y mesófilo de montaña. Los estados con mayor riqueza son Oaxaca, Chiapas, Veracruz. (Sigüenza, 2014).

El grupo con mayor representación son los reptiles con 864 especies 8.7 % de los reptiles del mundo y de estos 493 son endémicos de algunas regiones. Estados con mayor diversidad: Oaxaca, Chiapas y Veracruz. (Flores y García, 2014), (Meyer *et al.*, 2014).

Para México se encuentran representados tres de los cuatro órdenes de reptiles existentes (Crocodylia, Squamata y Testudines). Registrándose 417 lagartijas, 393 serpientes, 48 tortugas, 3 cecilias y 3 cocodrilos. (Flores y Vázquez, 2013).

### 3.3. Fauna del estado de Coahuila

Coahuila ocupa el 26° lugar en cuanto a especies de vertebrados en el país, sin embargo presenta alrededor de 22 sp. endémicas colocándolo como 9 lugar a nivel país. 17 sp. de peces y 5 de reptiles. Los bosques de coníferas y quercus son los hábitats con mayor diversidad de vertebrados para el estado. (Flores y Gerez, 1994).

#### 3.3.1. Mamíferos de Coahuila

8 órdenes (*Artiodactyla*, *Carnivora*, *Chiroptera*, *Cingulata*, *Didelphimorphia*, *Lagomorpha*, *Rodentia*, *Soricomorpha*), 24 familias (*Antilocapridae*, *Cervidae*, *Tayassuidae*, *Bovidae*, *Canidae*, *Felidae*, *Mephitidae*, *Mustelidae*, *Procyonidae*, *Ursidae*, *Molossidae*, *Mormoopidae*, *Phyllostomidae*, *Vespertilionidae*, *Dasypodidae*, *Didelphidae*, *Leporidae*, *Castoridae*, *Cricetidae*, *Erethizodontidae*, *Geomyidae*, *Heteromyidae*, *Sciuridae*, *Soricidae*)

Especies protegidas: *Sorex milleri* (musaraña de Sierra del Carmen), perrito de la pradera

#### 3.3.2. Aves de Coahuila

De acuerdo a Clements 2014, Coahuila cuenta con 405 especies de aves, de las cuáles siete especies se consideran endémicas de la región.

Se registran para el estado 11 AICAs. (Berlanga *et al.* 2008). La avifauna se distribuye en cuatro ecorregiones: Bosque de coníferas y encino de la sierra madre occidental, Matorral xerófilo del desierto chihuahuense, Matorral

espinoso tamaulipeco, Matorral xerófilo del norte de la meseta central. De acuerdo a el tipo de vegetación, el bosque de coníferas y encino es el que presenta mayor número de especies, seguido de la vegetación riparia, acuática y subacuática, en tercer lugar se encuentra el matorral xerófilo que alberga un aproximado del 24% de las especies registradas para el estado. (De León *et al.* 2007), (Guzmán y Ramos, 1991).

20 órdenes y 64 familias, de los cuales el orden *Parulidae* registra 32 especies, emberizidae con 31 sp y *Tyrannidae* con 29 sp. También se registran siete especies endémicas de las registradas para el país. (avibase).

### **3.3.3. Reptiles de Coahuila**

(Lemos Espinal 200). Se encuentran dos órdenes: *Testudinae* y *Squamata*. Y 13 familias. De acuerdo a Villela y García (2014) se registran 96 especies para el estado.

### **3.4. Concepto de geoestadística.**

Matheron estableció el termino geoestadística como “la aplicación del formalismo de las funciones aleatorias al reconocimiento y estimación de fenómenos naturales”, es decir, que a partir del análisis de una variable espacial, se pueda predecir el comportamiento de esta en las áreas donde no se cuanta con información en base a su correlación. (Viera, 2002)

### **3.4.1. Etapas para el análisis estadístico:**

Análisis exploratorio de los datos. Recopilación de la información, la preparación y organización de los datos para saber el tipo de distribución, si tienen alguna tendencia o si existen valores atípicos.

Análisis estructural: la modelación de la función que describe la correlación espacial de las variables regionalizadas.

Modelos de semivariograma: modelación de la predicción en los lugares no muestrales (Kriging). Se calcula utilizando el variograma (semivarianza o covarianza) para determinar el modelo (esférico, exponencial, gaussiano, circular, etc.) que mejor se ajuste a la nube de puntos generada por el semivariograma.

### **3.4.2. Variables regionalizadas.**

Una variable regionalizada se puede definir como una variable aleatoria  $z$  distribuida en un punto del espacio  $x$  que presenta una estructura de correlación.

Función aleatoria. Al conjunto de variables aleatorias distribuidas en el espacio muestral.

### **3.4.3. Semivariograma**

El semivariograma está dado a partir del cálculo de la semivarianza, es decir el cálculo de la varianza entre pares separados por intervalos de distancia.

Así el semivariograma está definido por:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \left\{ \sum_{i=1}^{N(h)} [z(X_i + h) - z(X_i)]^2 \right\}$$

$\gamma(h)$  = la semivarianza de las todas las muestras separadas por los incrementos de las distancias

$N(h)$  = número de pares separado por la distancia, entre dos posiciones muestreadas

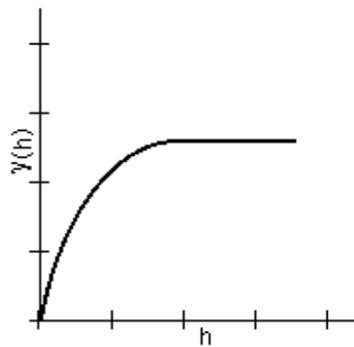
$z(X_i)$  = variable medida en la posición espacial (i)

$z(X_i + h)$  = variable medida en la posición espacial (i+h)

### 3.4.3. Modelos matemáticos de semivariograma

Es necesario ajustar una función, para cuantificar el grado y escala de variación espacial, existen diferentes modelos siendo los mas utilizados: el modelo esferico, circular, exponencial, gaussiano y lineal.

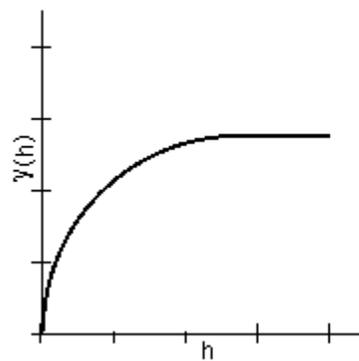
## SPHERICAL



$$\begin{aligned} \gamma(h) &= c_0 + c \left( \frac{3h}{2\alpha} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{\alpha} \right)^3 \right) & 0 < h \leq \alpha \\ \gamma(h) &= c_0 + c & h > \alpha \\ \gamma(0) &= 0 \end{aligned}$$

Figura 3.4.3.1. Modelo de semivariograma esférico

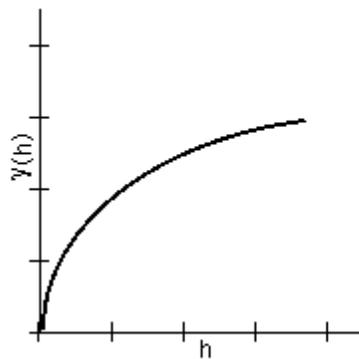
## CIRCULAR



$$\begin{aligned} \gamma(h) &= c_0 + c \left( 1 - \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left( \frac{h}{\alpha} \right) + \sqrt{1 - \frac{h^2}{\alpha^2}} \right) & 0 < h \leq \alpha \\ \gamma(h) &= c_0 + c & h > \alpha \\ \gamma(0) &= 0 \end{aligned}$$

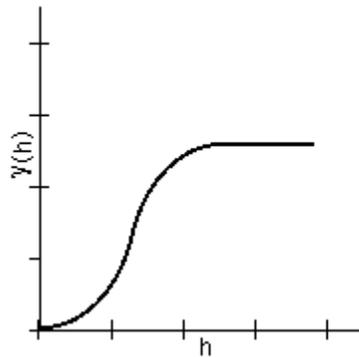
Figura 3.4.3.2. Modelo de semivariograma circular

## EXPONENTIAL



$$\begin{aligned} \gamma(h) &= c_0 + c \left( 1 - \exp\left(-\frac{h}{r}\right) \right) & h > 0 \\ \gamma(0) &= 0 \end{aligned}$$

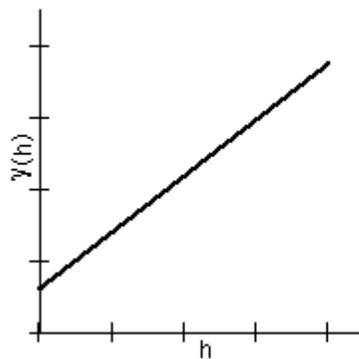
Figura 3.4.3.3. Modelo de semivariograma exponencial

**GAUSSIAN**

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left( 1 - \exp\left(-\frac{h^2}{\alpha^2}\right) \right) \quad h > 0$$

$$\gamma(0) = 0$$

Figura 3.4.3.4. Modelo de semivariograma gaussiano

**LINEAR**

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \left( \frac{h}{\alpha} \right) \quad 0 < h \leq \alpha$$

$$\gamma(\mathbf{h}) = c_0 + c \quad h > \alpha$$

$$\gamma(0) = 0$$

Figura 3.4.3.5. Modelo de semivariograma lineal

**3.4.4. Kriging**

Es un proceso geoestadístico de interpolación el cual predice el comportamiento en los lugares donde no se cuenta con información, a partir de un conjunto de puntos dispersos en el espacio.

### 3.4.5. Tipos de kriging

**Kriging simple.** La variable es estacionaria y se asume que la media de la función es conocida.

**Kriging ordinario.** La variable es estacionaria, pero la media es desconocida.

**Kriging universal.** La variable no es estacionaria.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Método de muestreo.

El trabajo de investigación tuvo lugar en el noreste del municipio de Guerrero Coahuila, se realizó en un polígono de 7.11 ha., con coordenadas  $28^{\circ}17'02.60''$  N y  $100^{\circ}22'26.16''$  O, la toma de datos se realizó en un recorrido dispuesto en transectos lineales de norte a sur y de este a oeste, con una separación de 280 m. entre una línea y otra, con el objetivo de conocer la composición faunística de la zona y poder obtener una muestra representativa (Painter *et al*, 2013).

El recorrido se realizo en un total de 254 transectos lineales, con una longitud promedio de 20 Km.

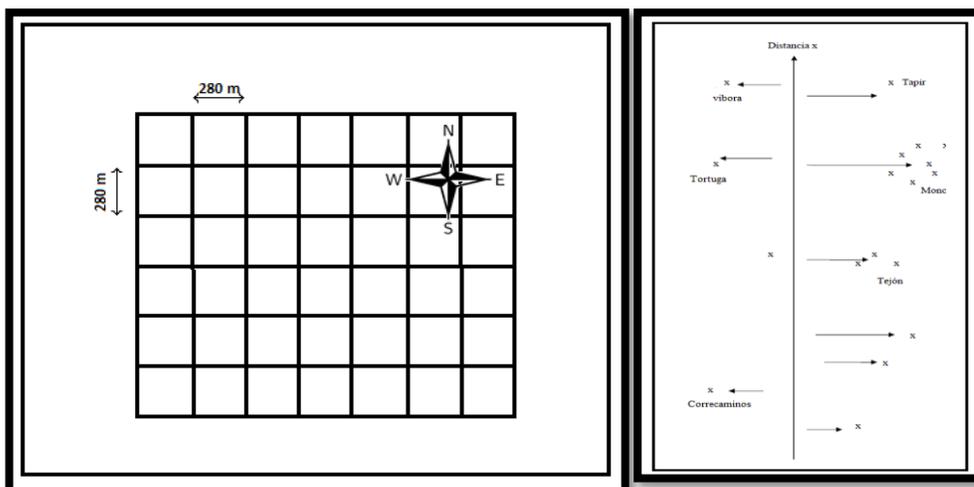


Figura 4.1.2. Transectos lineales

Una vez observada alguna especie, se clasifico por grupo: aves, mamíferos y reptiles, y se georreferenció el sitio del avistamiento

La identificación de vertebrados terrestres se realizó de acuerdo a Sobrevila y Bath (1992).

Para el grupo de aves la identificación se realizó de acuerdo a Stokes y Stokes (1996), Peterson (1980) y el National Geographic Society (1987).

Los reptiles fueron identificados de acuerdo a la clasificación propuesta por Flores (1993).

#### **4.2. Método de interpolación.**

Una vez obtenida la información se procedió a digitalizarla a través del Arcgis 10.0, para poder ingresar la información al software se creo una base de datos en excel con las coordendas geográficas de los 74 avistamientos, los nombres científicos de las especies identificadas y la categoría de riesgo de acuerdo a la NON-059-SEMARNAT-2010.

El polígono se subdividió en 34 cuadrantes como se observa en la Figura 4.2.1. a los cuales se les asigno un punto de referencia, esto para el manejo de los datos.

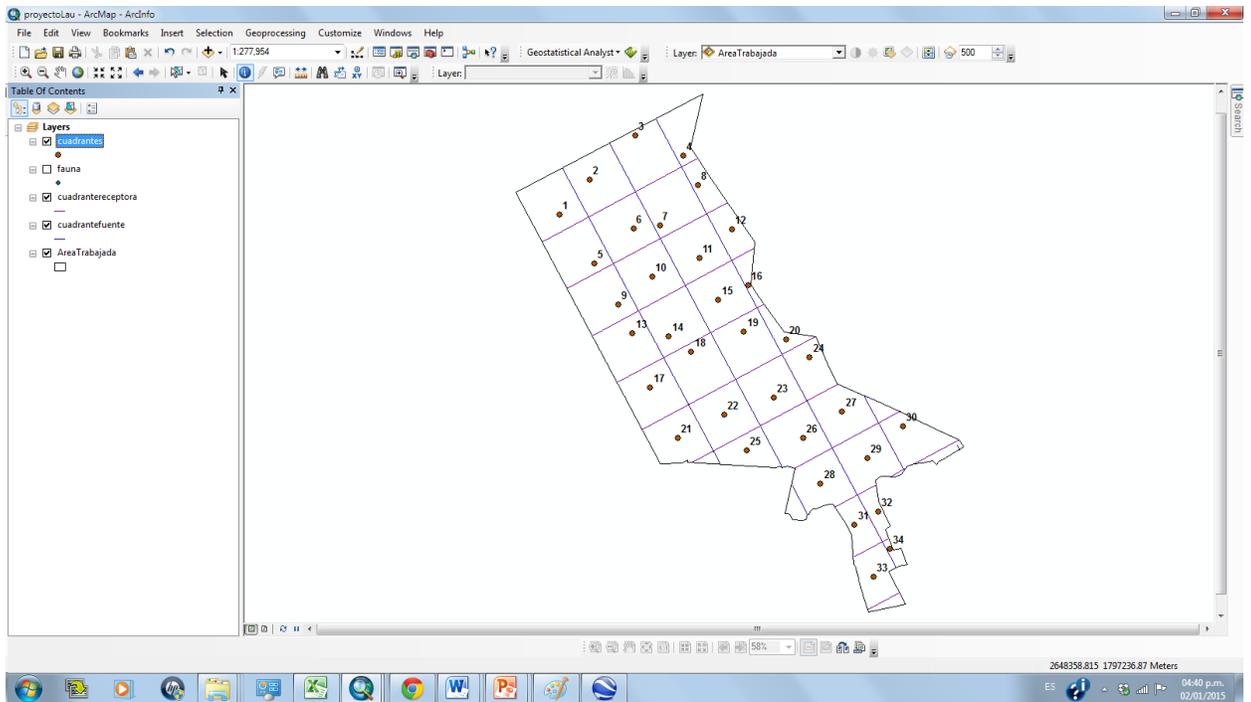


Figura 4.2.1. Cuadrantes

Se cargaron los puntos pertenecientes a la fauna observada en el programa y se contabilizaron los avistamientos por cuadrante. (Figura 4.2.2.)

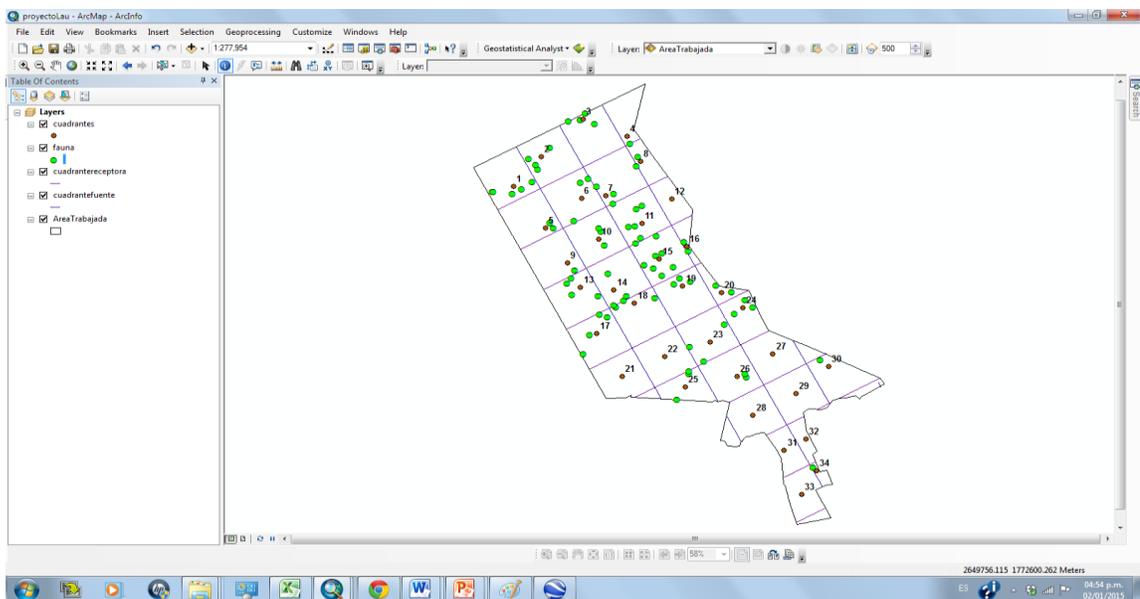
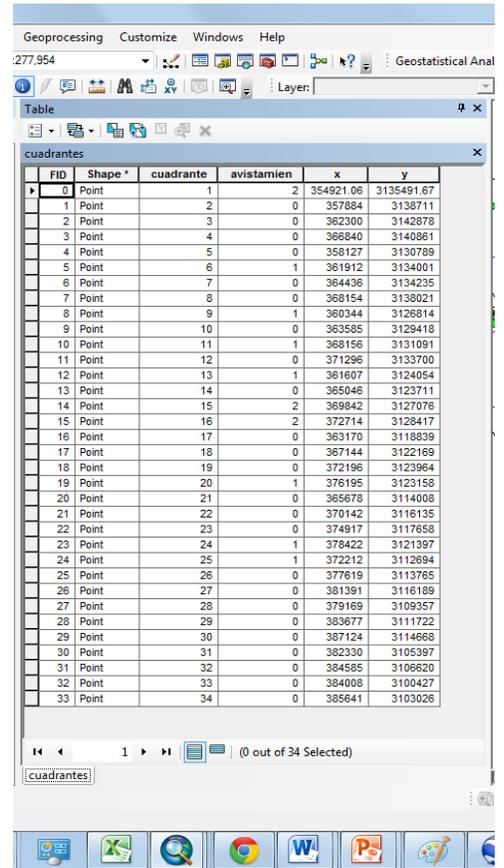


Figura 4.2.3. Fauna por cuadrantes

Se creó una tabla donde se colocaron para cada cuadrante una coordenada de referencia y el número de avistamientos (Tabla 4.2.1. Cuadrantes). A partir de la base de datos se realizara el análisis geoestadístico por medio de la herramienta Geostatistical Analyst. Utilizando la extensión Geostatistical Wizard: Kriging/Cokriging. Se seleccionara el atributo que serán los cuadrantes y la variable que se evaluara será para este caso los avistamientos (Figura 4.2.4.).



FID	Shape *	cuadrante	avistamien	x	y
0	Point	1	2	354921.06	3135491.67
1	Point	2	0	357884	3138711
2	Point	3	0	362300	3142878
3	Point	4	0	366840	3140861
4	Point	5	0	358127	3130789
5	Point	6	1	361912	3134001
6	Point	7	0	364436	3134235
7	Point	8	0	368154	3138021
8	Point	9	1	360344	3126814
9	Point	10	0	363585	3128418
10	Point	11	1	368156	3131091
11	Point	12	0	371296	3133700
12	Point	13	1	361607	3124054
13	Point	14	0	365046	3123711
14	Point	15	2	369842	3127076
15	Point	16	2	372714	3128417
16	Point	17	0	363170	3118839
17	Point	18	0	367144	3122169
18	Point	19	0	372196	3123964
19	Point	20	1	376195	3123158
20	Point	21	0	365678	3114008
21	Point	22	0	370142	3116135
22	Point	23	0	374917	3117658
23	Point	24	1	378422	3121397
24	Point	25	1	372212	3112694
25	Point	26	0	377619	3113765
26	Point	27	0	381391	3116189
27	Point	28	0	379169	3109357
28	Point	29	0	383677	3111722
29	Point	30	0	387124	3114668
30	Point	31	0	382330	3105397
31	Point	32	0	384585	3106620
32	Point	33	0	384008	3100427
33	Point	34	0	385641	3103026

Tabla. 4.2.1. Cuadrantes

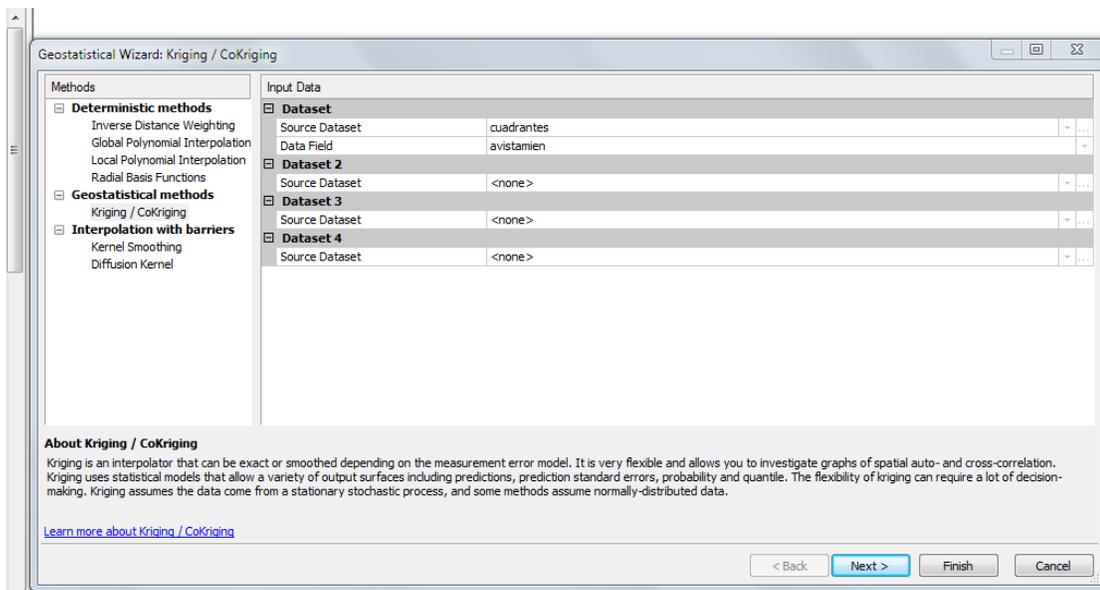


Figura 4.2.4. Selección de información para el análisis de semivariograma.

El kriging a realizar será de tipo ordinario, y se procederá a calcular el semivariograma, ajustandolo a diferentes modelos (esférico, circular, gaussiano, exponencial, etc.), hasta encontrar el que se ajuste mejor al semivariograma, la anisotropía para este caso será verdadera, ya que las condiciones del área son heterogéneas.

El semivariograma se calculara a partir de

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \left\{ \sum_{i=1}^{N(h)} [z(X_i + h) - z(X_i)]^2 \right\}$$

$\gamma(h)$  = la semivarianza de las todas las muestras separadas por los incrementos de las distancias.

$N(h)$  = número de pares separado por la distancia, entre dos posiciones muestreadas

$z(X_i)$  = variable medida en la posición espacial (i)

$z(X_i + h)$  = variable medida en la posición espacial (i+h)

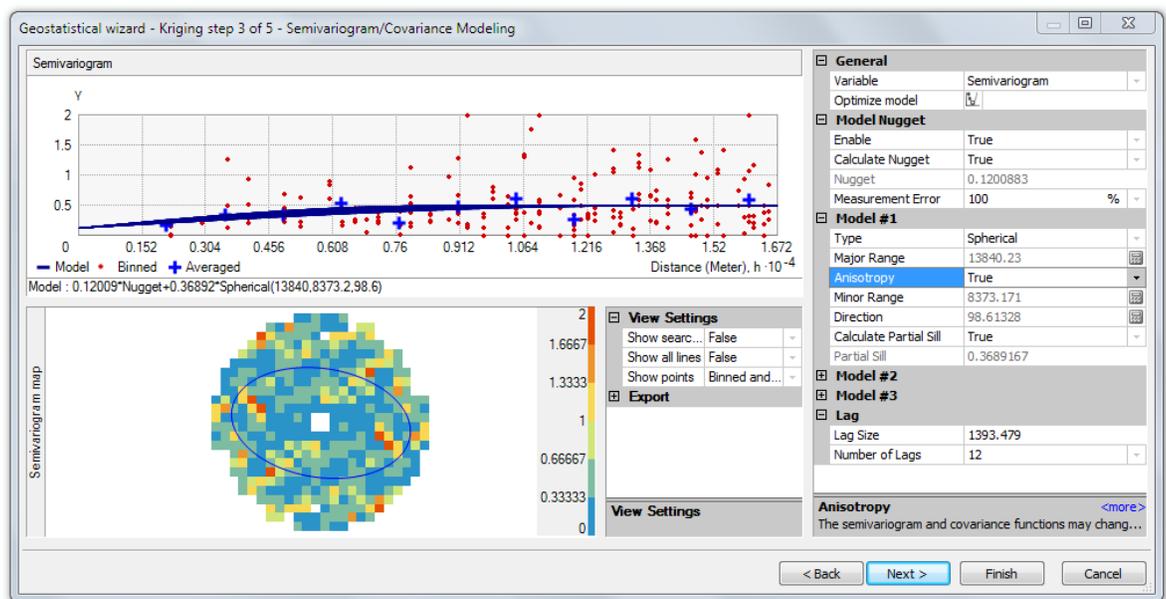


Figura 4.2.5. Análisis del semivariograma.

Una vez obtenido el semivariograma y el modelo que se ajusta mejor, se procede a krigar, para la obtención de información en áreas no muéstrales.

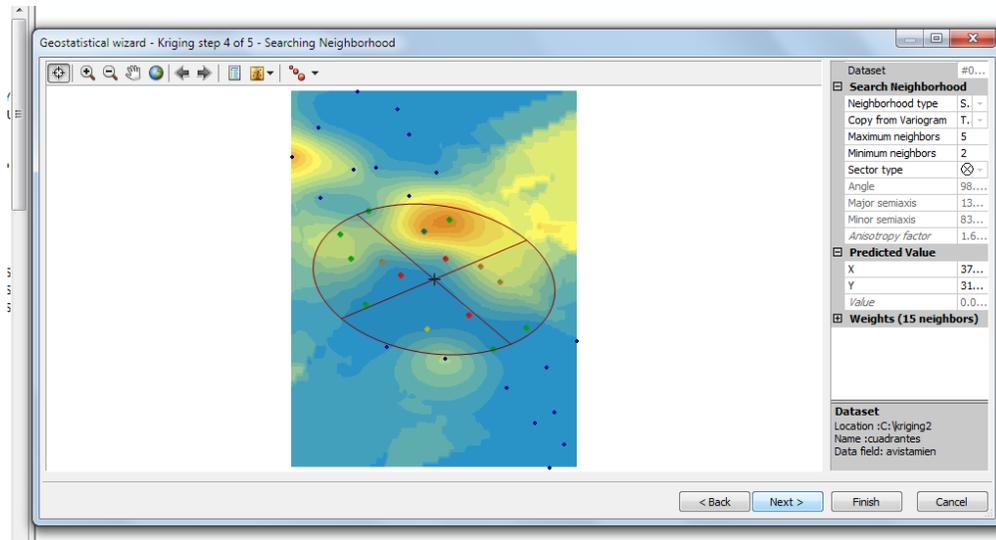


Figura 4.2.6. Kriging

Una vez obtenido el kriging, se realizaron los mapas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Se registraron 74 avistamientos, divididos en tres grupos: aves, mamíferos y reptiles.

Para el grupo de aves se registraron 13 avistamientos, de las cuales la de mayor frecuencia fue el *Caracara plancus*, encontrando una especie protegida de acuerdo a la NON-059-SEMARNAT-2010 *Parabuteo unicinctus*.

Tabla 5.1. Aves observadas.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo
Halcón Harris	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Protegida
Quebrantahuesos	<i>Caracara plancus</i>	S/C
Guajolote silvestre	<i>Meleagris pallopavo</i>	S/C
Correcaminos	<i>Geococcyx californianus</i>	S/C

El grupo de los mamíferos fue el más representativo con 44 avistamientos, la especie con mayor avistamientos fue el *Odocoileus virginianus texanus*, seguido por el *Pecari tajacu* y el *Canis latrans*. Se encontraron tres especies con algún estatus de protección, la liebre (*Lepus californicus*) que se encuentra protegida, el perrito de la pradera (*Cynomys ludovicianus*) y la zorra nortea

(*Vulpes macrotis*), las cuales se encuentran amenazadas, esto de acuerdo a la NON-059-SEMARNAT-2010

Tabla 5.2. Mamíferos identificados.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo
Jabali	<i>Pecari tajacu</i>	S/C
Venado cola blanca	<i>Odocoileus virginianus texanus</i>	S/C
Liebre	<i>Lepus californicus</i>	Protegida
Perrito de la pradera	<i>Cynomys ludovicianus</i>	Amenazada
Coyote	<i>Canis latrans</i>	S/C
Zorra nortea	<i>Vulpes macrotis</i>	Amenazada

Dentro del grupo de reptiles, se registraron 17 avistamientos, la vivora de cascabel fue la especie con mayor avistamientos, sin embargo, todas las especies observadas cuentan con alguna categoría de riesgo de acuerdo a NON-059-SEMARNAT-2010.

Tabla 5.3. Reptiles identificados.

Nombre común	Nombre científico	Categoría de riesgo
Culebra listonada	<i>Thamnophis mendax</i>	Amenazada
Culebra ratonera	<i>Masticophis flagellum</i>	Amenazada
Falso camaleon	<i>Phrynosoma cornutum</i>	Protegida
Falso coralillo	<i>Lampropeltis triangulum</i>	Amenazada
Lagartija de collar	<i>Crotaphytus collares</i>	Amenazada

Serpiente alicante	<i>Pituophis deppei</i>	Amenazada
Vivora de cascabel	<i>Crotalus atrox</i>	Protegida

De los modelos utilizados se obtuvo que el modelo esférico fue el que presento mayor correlación con 0.97 y una continuidad espacial de 8 Km, la mayor concentración de especies es de 5 a 6 individuos concentrandose en la parte Noreste del polígono, esto debido a el tipo de vegetación presente en esta área ya que es aqui es donde se encuentran representados los diferentes tipos de vegetación del área, ademas de encontrar aquí la unica zona de mezquital, la fauna tienden a ser en muchos de los casos especies restringidas, es decir que solo se encontraran en un determinado tipo de habitat, la funa tiende a buscar como zona de refugio, anidacion y de descanso las áreas provistas de vegetación. (Flores y Gerez, 1994). La estructura de la vegetación tiende a modificarse hacia la parte sur del poligono, donde la predomina el matorral espinoso tamaulipeco y el pastizal. De esta manera al modificarse la estructura vegetal, la distribución de la fauna mostro cambios en su abundancia disminuyendo de 2 a 3 individuos.

La avifauna observada se encuentra concentrada en la parte noroeste en las áreas con vegetación de tipo matorral espinoso, mezquital y pastizal, esto ya que la zona les proporciona refugio, áreas de anidación y de descanso, ademas de alimentación.

Para el caso de los mamíferos se encontraremos en las áreas provistas de mayor vegetación, mientras que para el caso de los reptiles , no se encontro un área determinada de concentración, esto puesto que al ser especies de un menor tamaño y tener hábitos terrestres se pueden adaptar a un rango mas amplio.

Las principales amenazas para las especies son la destrucción y la fragmentación de su hábitat, ya que al irse restringiendo su hogar, paulatinamente las especies tienden a desaparecer. . (Arita y Ceballos, 1997), (Rodríguez y Greene, 2009) y (Sekercioglu *et al.* 2004).

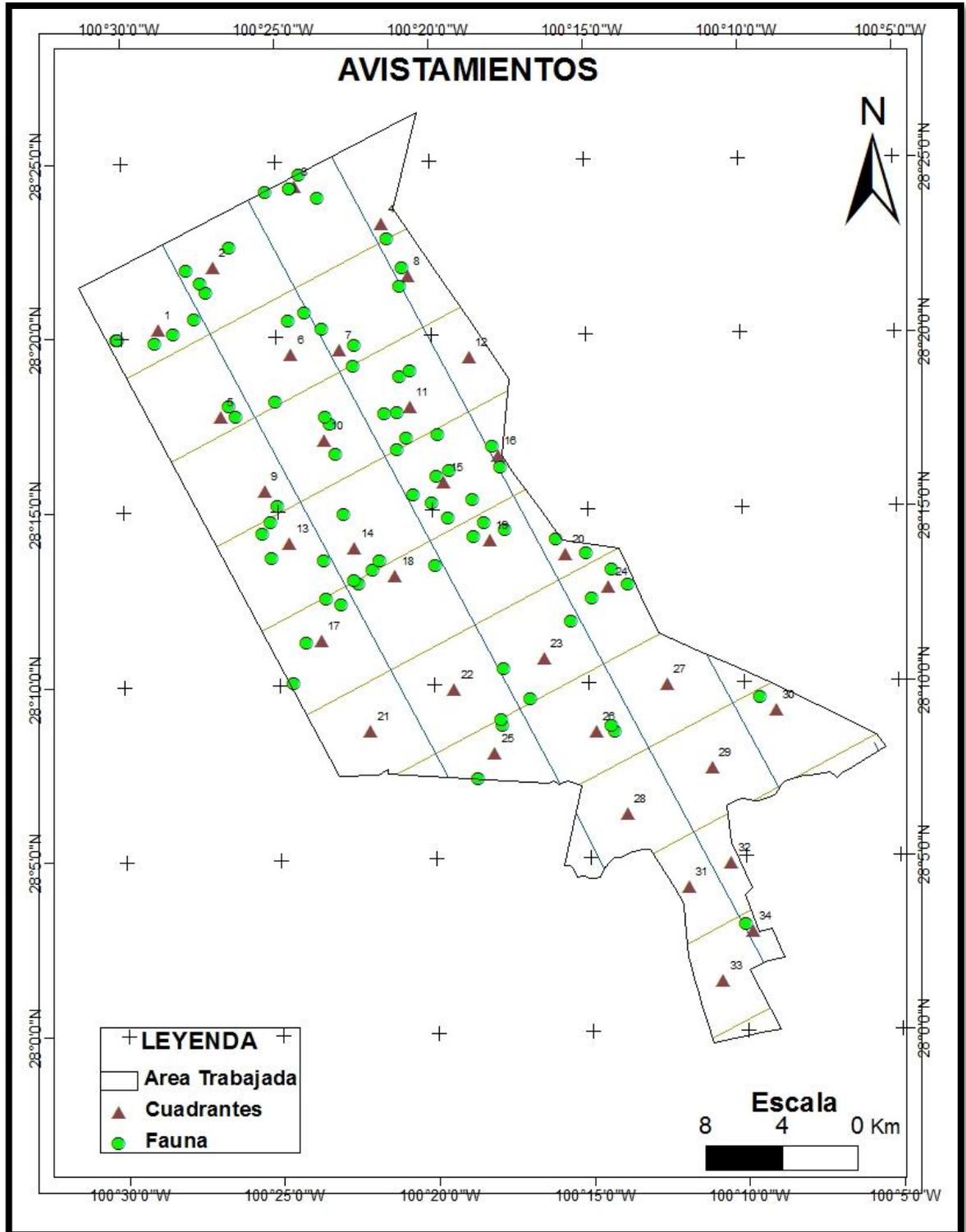


Figura 5.1. Avistamientos de Fauna.

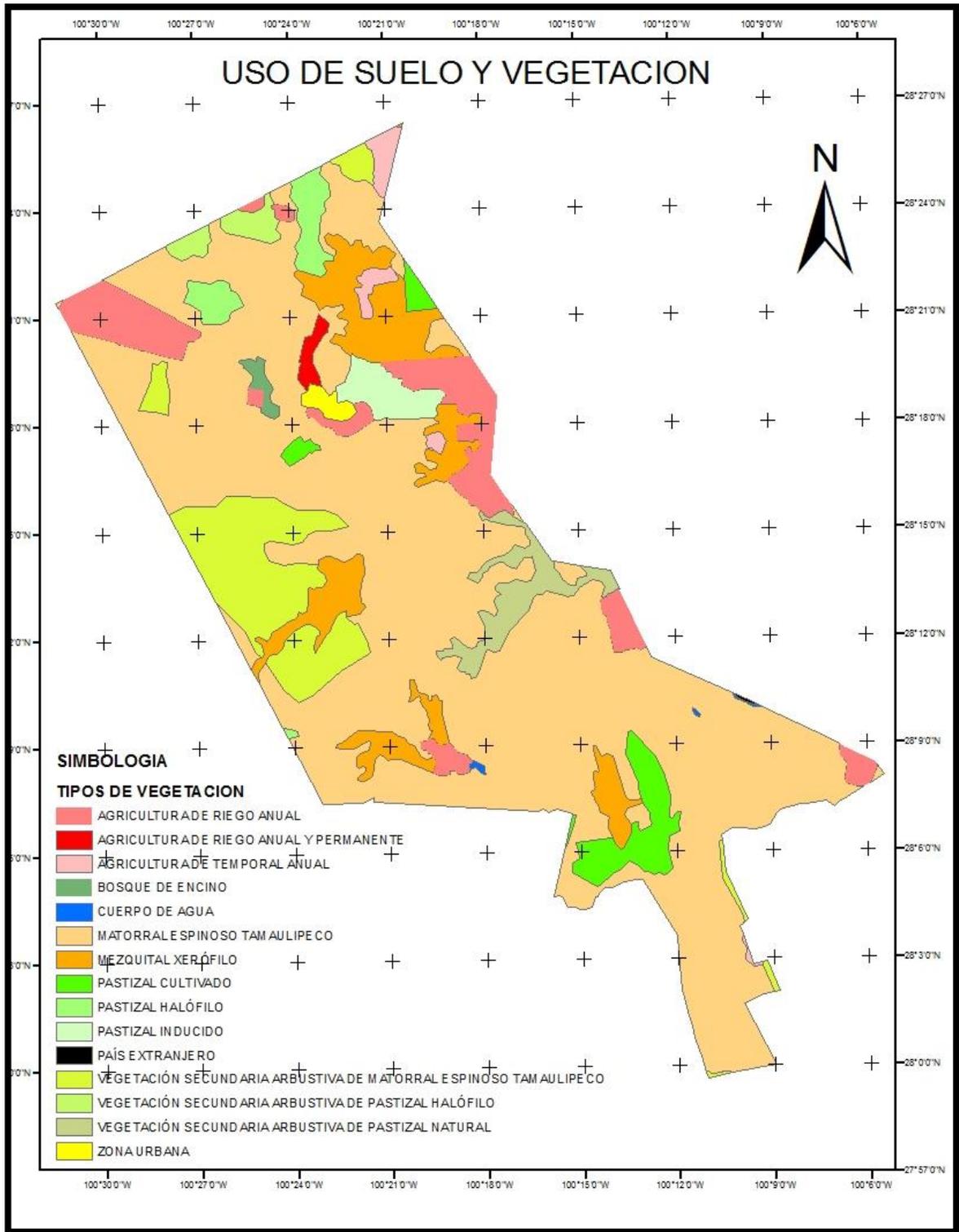


Figura 5.2. Tipos de vegetación.

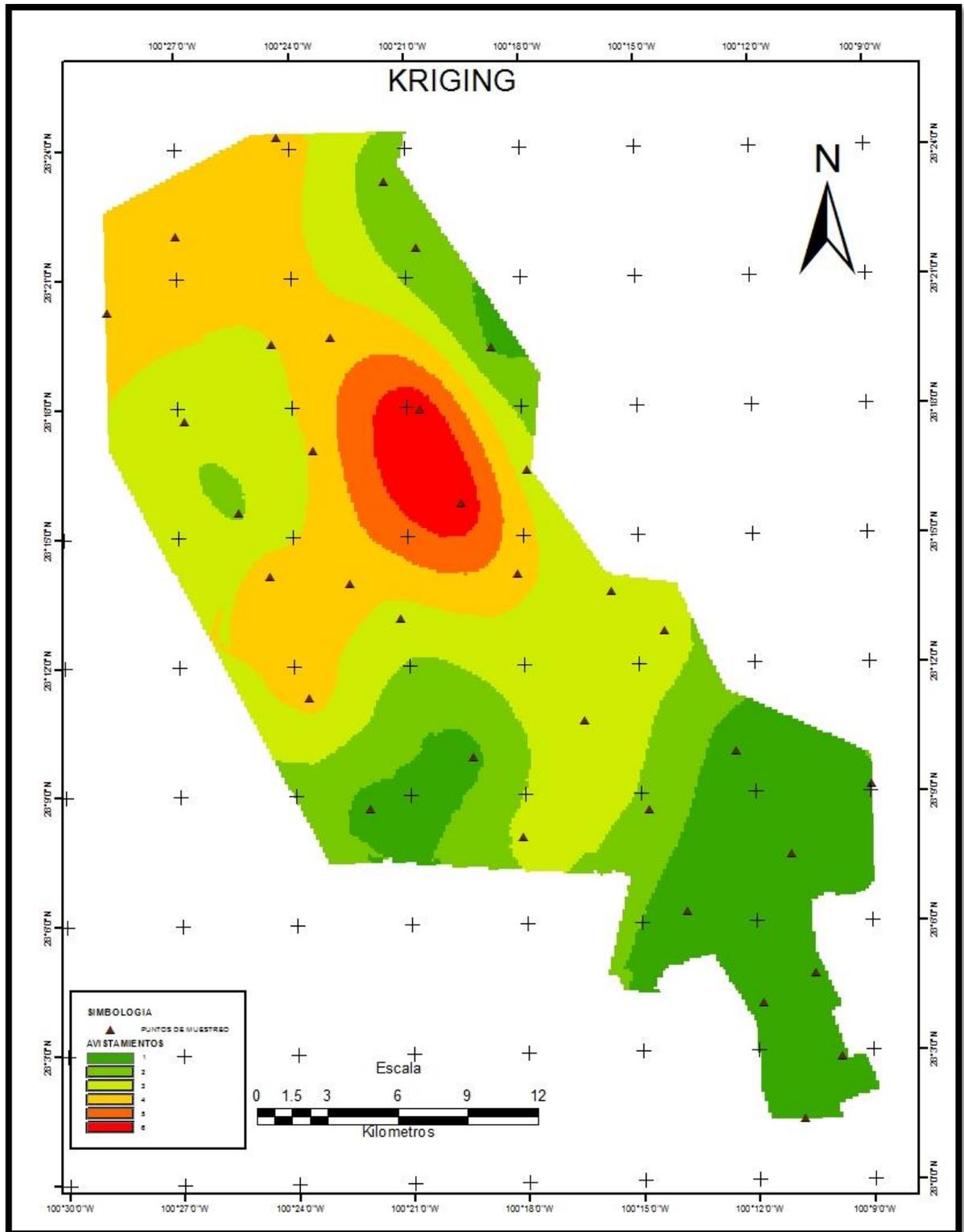


Figura 5.3. Kriging a partir de los avistamientos.

## **VI. CONCLUSIÓN**

Se encontro para el area de estudio, gran diversidad de fauna, siendo los de mayor predominancia los mamiferos, los reptiles fueron el grupo que presentaron categoria de riesgo en todas las especies identificadas.

La modelacion atraves de Argis 10.0 fue una herramienta fundamental, para poder ajustar el mejor modelo al semivariograma, ademas de permitir la cracion de los mapas que muestran la interpolacion realizada, apartir de los puntos conocidos.

La fauna tendera a concentrarse en los lugares donde encuentre mayor concentración de vegetación para poder tener refugio, alimentación y un lugar de anidamiento, las actividades antropogénicas han venido fragmentando el hábitat de muchas especies, por lo que es importante conocer la distribución de las especies para monitorear de una manera más específica las alteraciones que las especies puedan tener en su hábitat.

## VII. RESUMEN

Se realizó el análisis espacial a partir de un semivariograma para conocer la correlación que presentaban los puntos muestreados el cual se realizó a partir de transectos lineales, tomando como punto de georreferenciación el lugar del avistamiento de la fauna, se agruparon en aves, mamíferos y reptiles, de los cuáles el grupo de mamíferos fue el más representativo, se registraron un total de 74 avistamientos. Del semivariograma obtenido, se ajustó el modelo esférico el cual obtuvo una correlación de 0.97 y una continuidad espacial de 8 Km, la mayor concentración de especies va de 5 a 6 individuos concentrándose en las áreas de mayor vegetación. Actualmente la principal amenaza para la fauna silvestre es la fragmentación de su hábitat por actividades antropogénicas, por lo que es importante conocer los patrones de distribución de las especies dentro de su hábitat

Palabras clave: Kriging, Fauna silvestre, SIG, Mamíferos, Aves, Reptiles.

## VIII. LITERATURA CITADA

American Ornithologists' Union (AOU). 1983. Check-list of North American birds, 6th ed. American Ornithologists' Union, Washington, D. C. 877 p.

Arita H. T. y Ceballos G, 1997. Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación. *Revista Mexicana de Mastozoología* 2: 33-71, 1997.

Arita H y Paniagua L. L. 1993. Diversidad de mamíferos terrestres. *Ciencias. Número especial*. p. 13-22.

Avibase. Lista de aves del mundo. 2003. Consultado 01-11-2014. <http://avibase.bsc-eoc.org/checklist.jsp?region=mxco&list=clements>

Berlanga, H., Rodríguez-Contreras, V., Oliveras de Ita, A., Escobar, M., Rodríguez, L., Vieyra, J., Vargas, V. 2008. Red de Conocimientos sobre las Aves de México (AVESMX). CONABIO.

Caballeros G. y Cabrales A. J. 2012. Lista Actualizada de los Mamíferos de México. *Revista Mexicana de Mastozoología Nueva época*. Año 2 Num 1: 27-80.

Conabio. 2008. Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad.

Espinosa O.D., S. Ocegueda et al. 2008. El conocimiento biogeográfico de las especies y su regionalización natural, en *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. Conabio, México, pp. 33-65.

Flores V. O. 1993. Herpetofauna Mexicana. Special Publications Carnegie Museum of Natural History, (17): 1-73.

Flores V.O. y Gerez P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, Vegetación y uso de suelo. UNAM - CONABIO. México. Garza de León., I., Valdéz, F. y Tinajero, R. 2007. Coahuila. En Ortiz-Pulido., Navarro-Sigüenza, A., Gómez de silva, H., Rojas-Soto, O. y Peterson, T.A. (Eds.), Avifauna Estatales de México. CIPAMEX. Pachuca, Hidalgo, México. Pp. 98-136.

García Moral F.J. 2004. Aplicación de la geoestadística en las ciencias ambientales. Enero. Ecosistemas 13 (1): 78-86.

Guzmán J.A. y Ramos Z. M. 1991. Caracterización biológica de sierra maderas del Carmen, Coahuila, México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Consultado 20-08-2014 en <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx>

INEGI. 2011a. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1: 250 000. Serie V (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes

Llorente-Bousquets J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital Natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.

Martin A. Díaz Viera. 2002. Instituto de geofísica, UNAM, instituto de geofísica y astronomía, CITMA, Cuba.

Martínez M. E., Sosa E. J. E. y Álvarez F. 2014. El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? Revista mexicana de Biodiversidad, supl.85:S1-S9.

- Markle, S. 2007. Animales Carroñeros. Ediciones Lerner. Minneapolis, EUA.
- Miranda F. y E. Hernández X. 1963. Los Tipos de Vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-17
- Mittermeier, R., y C.G. Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México, en J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), México ante los retos de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 63-73.
- Mittermeier, R. C. Goettsch y Robles Gil P. 1997. Megadiversidad. Los Países Biológicamente Más Ricos del Mundo. Cemex. México.
- National Geographic Society. 1987. Field Guide to the Birds of North American. Segunda Edición National Geographic Society. Washington, D.C.
- Painter L., Rumiz D., Guinart D., Wallace R., Flores B. y Townsend W. 2013. Técnicas de investigación para el manejo de fauna Silvestre. Guzlop. Lima, Perú.
- Rodríguez J. S. y Greene H. W. 2009. Landscape change and conservation priorities: Mexican Herpetofaunal perspectives at local and regional scale. Revista Mexicana de Biodiversidad 80:231-240.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición Digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Sarukhán, J., et al. 2009. Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

- Sekercioglu C. H., Daily G. C. y Ehrlich P.R. 2004. Ecosystem consequences of bird declines. PNAS. Vol.101. No.52. p.18042-18047.
- Sigüenza N. A., Gallardo R. F., Martínez G. A., Peterson T., García G. B., y González S.L. 2014. Biodiversidad de aves en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S476-S495.
- Sobrevila, C. y P. Bath. 1992. Evaluación Ecológica Rápida. Programa de Ciencias para América Latina, The Nature Conservancy-Universidad Central del Ecuador.
- Stokes, D. y L. Stokes. 1996 a. Stokes Field Guide To Birds: Eastern Region. Little, Brown and Company. Boston, New York.
- Toledo V.M. 1993. La riqueza florística de México: un análisis para conservacionistas, en S. Guevara, P. Moreno-Casasola y J. Rzedowski (eds.), Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI. Instituto de Ecología, A.C.-Sociedad Botánica de México, Xalapa, pp. 109-123.
- Toledo V.M. 1994. La diversidad biológica de México. Nuevos retos para la investigación en los noventa. Ciencias. No. 34 Abril – Junio. p.43-57
- Villarreal Quintanilla José Á. y Encina Domínguez Juan A. 2005. Plantas vasculares endémicas de Coahuila y algunas áreas adyacentes, México Acta Botánica Mexicana, núm. 70, enero, pp. 1 – 46.
- Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México Interciencia 28: 160-167.