



**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

Región Poza Rica – Tuxpan

---

---

Maestría en Ciencias del Ambiente

TRABAJO DE INTERVENCIÓN

**“Estudio poblacional de *Beaucarnea recurvata*  
(Lemaire, 1961) para su conservación en Chicontepec,  
Veracruz”**

P R E S E N T A

Biól. José Alfonso Espinoza Cruz

DIRECTORA

Dra. Consuelo Domínguez Barradas

CO-DIRECTOR

Dr. Carlos González Gándara

Tuxpan, Veracruz

Marzo 2019

Tuxpan de Rodríguez Cano, Veracruz, a 11 de marzo de 2019.

**Dr. José Luis Alanís Méndez**

Coordinador de la Maestría en Ciencias del Ambiente

El presente trabajo de investigación titulado “Estudio poblacional de *Beaucarnea recurvata* (Lemaire, 1961) para su conservación en Chicontepec, Veracruz”, realizado por el Biól. José Alfonso Espinoza Cruz, bajo la dirección de la Dra. Consuelo Domínguez Barradas y codirección del Dr. Carlos González Gándara, ha sido revisado y aprobado como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS DEL AMBIENTE

---

Dra. Consuelo Domínguez Barradas

Director

---

Dr. Carlos González Gándara

Codirector






Universidad Veracruzana

**UNIVERSIDAD VERACRUZANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DEL AMBIENTE**

Revisión del Trabajo de Intervención del alumno: Biol. **José Alfonso Espinoza Cruz**

**JURADO EXAMINADOR**

<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>	<b>DICTAMEN</b>	<b>FIRMA</b>
<u>Lisa Marcel Pech Conché</u>	<u>14 marzo 19</u>	<u>Aprobado</u>	
<u>Maribel Ortiz Dominguez</u>	<u>18 de Marzo 2019</u>	<u>Aprobado</u>	
<u>Liliana Cuervo Lopez</u>	<u>19 marzo 2019</u>	<u>Aprobado</u>	

En la presente revisión se acordó que el Trabajo de Intervención denominado "Estudio poblacional de **Beaucarnea recurvata** (Lemaitre, 1961) para su conservación en Chicontepac, Veracruz", que presenta el sustentante para obtener el Grado de Maestro está terminado por lo que puede proceder a su inmediata impresión.



## *Agradecimientos*

*Hoy quiero dar gracias a dios por brindarme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida, porque es el único que sabe lo que he vivido para llegar hasta donde estoy.*

*A la Universidad Veracruzana por brindarme la oportunidad de seguir preparándome profesionalmente.*

*Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por beca otorgada.*

*A mi directora de tesis Dra. Consuelo Domínguez Barradas por todo el apoyo brindado para la culminación de este trabajo. Gracias por ser mi maestra, amiga y sobre todo por estar ahí cuando más la necesito.*

*A mi codirector de tesis Dr. Carlos González Gándara por su tiempo y consejos acertados en la revisión del escrito.*

*A mi comisión revisora, Dra. Lilitiana Cuervo López, Dra. Maribel Ortiz Domínguez y Dr. Juan Manuel Pech Canché por su valioso tiempo en la revisión del documento y por todas las observaciones que ayudaron a mejorar el escrito.*

*A mi novia Melissa, por haberme apoyado durante mi estancia en la maestría, por su gran apoyo incondicional en los días buenos y malos.*

*A mis amigos de generación, fue grato conocerlos por su gran calidad humana, por todas esas ganas y entusiasmo que le ponían dentro de las aulas. Me llevo muy lindos recuerdos de todos.*

*Y por último a todas aquellas personas que me brindaron su amistad y confianza incondicional durante mi estancia en la Universidad.*

## *Dedicatorias*

*Para mis padres y hermanos*

*Para la doctora Consuelo y Gerardo*

*Para mi novia Melissa*

*Y para mis amigos..*



## ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. ANTECEDENTES</b> .....	3
2.1. Distribución y hábitat de <i>Beaucarnea</i> .....	3
2.2. Amenazas .....	3
2.2. Estudios poblacionales de <i>Beaucarnea</i> .....	5
2.4. Usos e importancia de la pata de elefante .....	6
2.5 UMAs y PIMVS con planes de manejo autorizados para aprovechamiento de <i>B. recurvata</i> .....	7
2.6. Estudios moleculares .....	8
<b>III. OBJETIVOS</b> .....	13
3.1. General .....	13
3.2. Particulares .....	13
<b>IV. ÁREA DE ESTUDIO</b> .....	14
4.1. Ubicación geográfica.....	14
4.2. Flora.....	14
4.3. Fauna.....	15
4.4. Suelo e Hidrografía .....	15
<b>V. MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	17
5.1. Caracterización del hábitat de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz .....	17
5.2 Estructura poblacional de <i>B. recurvata</i> .....	18
5.2.1 Parámetros morfométricos .....	18
5.2.2. Proporción de sexos.....	19
5.2.3. Densidad .....	19
5.2.4. Distribución espacial .....	19
5.3 Caracterización molecular de la pata de elefante .....	20

5.4. Fenología .....	23
5.5. Propuesta de plan de manejo para <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz	23
5.6. Análisis estadísticos .....	24
<b>VI. RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
6.1. Descripción del hábitat donde se desarrolla <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz.....	26
6.2. Estructura poblacional.....	30
6.2.1 Parámetros morfométricos .....	30
6.2.2 Relaciones alométricas .....	34
6.2.3. Densidad .....	39
6.2.4. Clases de tallas .....	39
6.2.5. Clases diamétricas .....	40
6.2.6. Proporción de sexos.....	42
6.2.7. Distribución espacial .....	42
6.3 Caracterización molecular de la pata de elefante .....	44
6.4 Fenología .....	46
<b>VII. DISCUSIÓN</b> .....	<b>48</b>
7.1. Estructura poblacional.....	48
7.1.1. Morfometría .....	48
7.1.2 Relaciones alométricas .....	49
7.1.3 Densidad .....	50
7.1.4 Clases de tallas .....	52
7.1.5 Clases diamétricas .....	53
7.1.6 Proporción de sexos.....	54
7.2 Análisis molecular .....	55
<b>XIII. CONCLUSIONES</b> .....	<b>57</b>
<b>X. ANEXOS</b> .....	<b>70</b>

Anexo 1. Propuesta del plan de manejo para <i>Beaucarnea recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz.....	70
Anexo 2. Protocolo para la extracción de ADN genómico.....	53
Anexo 3. Protocolo para la preparación del gel de agarosa al 1%.....	54
Anexo 4. Protocolo para la preparación del PCR.....	54
Anexo 5. Protocolo para la purificación del PCR .....	55
Anexo 6. Formato FF-SEMARNAT-011 para la elaboración del plan de manejo .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en el municipio de Chicontepec, Veracruz.....	16
Figura 2. Método de extracción de ADN genómico de <i>B. recurvata</i> .....	20
Figura 3. Preparación del gel al 1% de agarosa.....	21
Figura 4. Proceso de termociclado del PCR.....	22
Figura 5. Proceso de purificación del ADN.....	22
Figura 6. Hábitat donde se desarrolla <i>B. recurvata</i> . .....	27
Figura 7. Valores promedio de altura y desviación estándar de <i>B. recurvata</i> en el municipio de Chicontepec, Veracruz. ....	30
Figura 8. Valores promedio y desviación estándar del diámetro de <i>B. recurvata</i> en el municipio de Chicontepec, Veracruz. ....	31
Figura 9. Valores promedio y desviación estándar del número de ramas de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	31
Figura 10. Valores promedio y desviación estándar del número de rosetas de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	32
Figura 11. Valores promedio y desviación estándar de altura de la base al cuello de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	33



Figura 12. Valores promedio y desviación estándar del diámetro del cuello de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	33
Figura 15. Relaciones alométricas de altura total, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de base de los individuos de <i>B. recurvata</i> en el Cerro de Ixcacuatitla. ....	38
Figura 16. Relación entre la altura total, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de base de los individuos de <i>B. recurvata</i> en Cerro de Ixcacuatitla....	39
Figura 17. Distribución de clases diamétricas de los individuos de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	41
Figura 18. Proporción de sexos de la población de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	42
Figura 19. Distribución espacial de las poblaciones de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz. ....	43
Figura 20. PCR (gen trnL-F) de <i>B. inermis</i> , Zapotal-Espinal, Cerro de Tepecxitla y Cerro de Ixcacuatitla. ....	44
Figura 21. PCR de (gen trnL-F) Tepecxitla, Zapotal, Ixcacuatitla, <i>B. recurvata</i> y <i>B. inermis</i> . ....	45
Figura 22. Gel de bandas purificadas de PCR de Zapota-Espinal, <i>B. recurvata</i> y <i>B. inermis</i> . ....	46
Figura 23. Etapas de la fenología de <i>B. recurvata</i> , a) Floración, b) Fructificación y c) Formación de la inflorescencia. ....	47
Figura 24. Morfología de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz: ....	72
Figura 25. Localización de los sitios que conforman la población de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec. ....	81
Figura 26. Vivero para el manejo de semilla de <i>B. recurvata</i> ....	84
Figura 27. Preparación del sustrato y siembra de semilla; a) tierra negra, b) Peat moss y c) siembra en charolas. ....	49
Figura 28. Diagrama de flujo para el cultivo de <i>B. recurvata</i> . ....	50
Figura 29. Localización de los sitios que conforman la población de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec ....	57
Figura 30. Vivero para la reproducción de <i>B. recurvata</i> . ....	57

Figura 31. Ubicación de las áreas de vivero y compostaje para la reproducción de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec, Veracruz.....	57
Figura 32. Etapas de la fenología de <i>B. recurvata</i> .....	57
Figura 33. Preparación del sustrato y siembra de semilla; 1) tierra negra, 2) Peat moss y 3) siembra en charolas.....	57
Figura 34. Preparación del sustrato y siembra de semilla.....	57
Figura 35. Diagrama de flujo para el cultivo de <i>B. recurvata</i> .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Marcador TrnL-F (Cloroplástico) como herramienta para determinación de especies.	8
Cuadro 2. Listado de especies asociadas a <i>B. recurvata</i> en la selva mediana subperennifolia de Chicontepec, Veracruz	28
Cuadro 3. Modelos alométricos de las variables vegetativas de <i>B. recurvata</i> . At. Altura total; Db. Diámetro de base; Nra. Número de ramas y Nrs. Número de rosetas.	39
Cuadro 4. Rangos de altura para la población de <i>B. recurvata</i> en tres sitios de Chicontepec, Veracruz (Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla).	40
Cuadro 5. Clasificación taxonómica de <i>B. recurvata</i> (Lemaire, 1861).	70
Cuadro 6. Distribución y estado de conservación de las especies del género <i>Beaucarnea</i> en México y Centroamérica.	74
Cuadro 7. Indicadores para el monitoreo de la población de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec.	86
Cuadro 8. Calendario de actividades para la propuesta de plan de manejo de <i>B. recurvata</i>	87
Cuadro 9. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 1. Programa de educación y capacitación ambiental dirigido a los pobladores de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, contribuyendo al establecimiento de estrategias de conservación de la especie.	42

Cuadro 10. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 2. Programa de conservación ex situ para *B. recurvata* en Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal, permitiendo la propagación de la especie en vivero, facilitando a mediano plazo repoblar los sitios que han estado sujetos a extracción ilegal. 46

Cuadro 11. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 4 y 5. Repoblación de *B. recurvata* en los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, a partir de las plántulas obtenidas del cultivo en vivero. Obtener incentivos económicos a partir de la venta de un porcentaje de plantas obtenidas de la producción en vivero. 51

# “Estudio de *Beaucarnea recurvata* (Lemaire, 1961) en Chicontepec, Veracruz para su conservación”

José Alfonso Espinoza Cruz

## Resumen

En los relictos de selva mediana subperennifolia que se encuentran en Chicontepec, Veracruz, se describió una población silvestre de *B. recurvata*, la cual es un nuevo registro para el norte del estado al habitar en un ecosistema diferente a lo reportado anteriormente en Veracruz. Bajo este contexto, se describió el hábitat, estructura poblacional, caracterización molecular y fenología. Para tal fin se establecieron tres sitios de muestreo, en los que se trazaron tres cuadrantes de 100 x 50 m. La morfometría mostró una altura promedio de 7.6 m, el diámetro de la base fue de 2.40 m, el número de ramas y rosetas fue de 11.1 y 35.3 respectivamente; la densidad tuvo un rango de 7.5 a 38.6 ind/ha entre sitios. Se describieron 137 individuos de estos 130 fueron adultos y siete juveniles; se describieron 11 clases diamétricas donde las más representativas fueron de 151 a 200 cm. La proporción de sexos entre sitios fue de 11:1 para Cerro de Tepecxitla, 7:1 en Zapotal-Espinal y 4.6:1 en Cerro de Ixcacuatitla. La distribución espacial fue aleatoria para los tres sitios. Las pruebas alométricas mostraron una relación positiva entre las variables, es decir, la altura total, el número de ramas y número de rosetas tienden a aumentar conforme lo hace el diámetro de base. La estructura poblacional revela un desequilibrio en la dinámica poblacional, debido a la ausencia de germinación, establecimiento de plántulas y a el bajo número de individuos juveniles registrados. Estos valores se relacionan con la extracción de semillas, plántulas e individuos juveniles, daños por herbivoría e insectos, ocasionando bajas tasas de reclutamiento natural. De acuerdo con los resultados obtenidos se redactó una propuesta de plan de manejo para la población de *B. recurvata* que se encuentra en Chicontepec, Veracruz.

**Palabras clave:** *Beaucarnea recurvata*, plan de manejo, fenología, Chicontepec, estructura poblacional.

# I. INTRODUCCIÓN

Veracruz es uno de los estados más biodiversos de México solo después de Chiapas y Oaxaca (Castillo-Campos *et al.*, 2007; 2011), presenta 19 tipos de vegetación que van desde los ecosistemas de altas montañas hasta los propios de zonas costeras (Vázquez-Torres *et al.*, 2010; Castillo-Campos *et al.*, 2011; Villaseñor y Ortiz, 2014). Estos ecosistemas registran un alto índice de deforestación calculado en un 71.43 % de su cobertura total, debido a que han sido transformados para actividades agropecuarias (Hernández-Gómez *et al.*, 2011). Uno de los ecosistemas afectados es la selva baja caducifolia (SBC), la cual, para 2013 contaba con alrededor de 33.5 millones de hectáreas distribuidas en 21 estados de México (Durán *et al.*, 2006; Osorio-Rosales *et al.*, 2011; SEMARNAT, 2013).

El género *Beaucarnea* se encuentra ampliamente distribuido en la selva baja caducifolia y está compuesto por 11 especies, de las cuales ocho son endémicas de México (Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval, 2009; Osorio-Rosales *et al.*, 2011; Pérez-Farrera *et al.*, 2012). Las especies de este género habitan montañas o acantilados, en zonas con una altitud que oscila entre los 350 y 420 msnm (Cardel *et al.*, 1997). *Beaucarnea recurvata* es endémica de Veracruz y Oaxaca (Contreras *et al.*, 2008 y CITES, 2015) y bajo condiciones silvestres es arborescente con una altura que va de 4 a 15 m (Osorio-Rosales *et al.*, 2008).

La mayoría de las poblaciones de *B. recurvata* se encuentran sometidas a fuertes presiones debido a la fragmentación y la destrucción del hábitat, causada por la expansión de la frontera agrícola y ganadera (Osorio-Rosales *et al.*, 2011). Por otra

parte, la extracción de semillas, plántulas e individuos juveniles para fines ornamentales al parecer ha afectado el tamaño poblacional y la proporción de sexos, reduciendo las tasas de fertilidad y por consiguiente la producción de semillas, (Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval, 2009; Reyes-Silva *et al.*, 2013 y CITES, 2015).

En los relictos de selva mediana subperennifolia que se presentan en el municipio de Chicontepepec, Veracruz, se detectaron ejemplares silvestres de *B. recurvata*, lo cual parece indicar que es un reservorio de germoplasma que requiere ser estudiado, especialmente porque esta especie está sujeta al saqueo ilegal y además ha sido afectada por actividades antrópicas (agricultura y ganadería) que han modificado su hábitat natural (Golubov *et al.*, 2007; Pérez-Farrera *et al.*, 2012). Situación que la condujo a ser una de las especies listadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de amenazada.

Bajo este contexto, se realizó un análisis de la población de *B. recurvata* para determinar su estructura (parámetros morfométricos, clases diamétricas, clases de tallas, densidad, proporción de sexos y distribución espacial) y de acuerdo con los resultados obtenidos se presenta la propuesta de un plan de manejo para la población de pata de elefante.

## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Distribución y hábitat de *Beaucarnea*

El género *Beaucarnea* se distribuye desde México hasta Centroamérica (García-Mendoza y Galván 1995; Hernández, 2001; Osorio-Rosales *et al.*, 2010). Particularmente en México las especies de este género se encuentran en un rango que corresponde con regiones semiáridas y de selva baja caducifolia en el norte sur y sureste del país entre los 350 y 420 msnm (Hernández, 1992, 1993; Osorio-Rosales y Mata-Rosas, 2005; Contreras *et al.*, 2008; Castañeda-Nava y Santacruz-Ruvalcaba, 2008; Osorio-Rosales *et al.*, 2011 y Pérez-Farrera *et al.*, 2012).

Algunos autores como Miranda y Hernández-Xolocotzi (1963); Cardel *et al.* (1997); Contreras *et al.* (2008); Castañeda-Nava (2009); Moreno-Casasola y Paradowska (2009); SEMARNAT (2014) y Guillen *et al.* (2015); describen para Veracruz y Oaxaca a *B. recurvata* como especie endémica, la cual habita de forma silvestre en suelos rocosos carentes de nutrientes, en montañas o acantilados con pendientes muy pronunciadas.

### 2.2. Amenazas

La mayoría de los estudios poblacionales de pata de elefante descritos anteriormente muestran una inestabilidad en su estructura poblacional, debido a la continua fragmentación y destrucción del hábitat causado principalmente por el crecimiento de la frontera agrícola, extracción de leña y madera, así como del crecimiento urbano (Contreras *et al.*, 2008; Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

El caso particular de Veracruz, Osorio-Rosales *et al.* (2011) y Contreras-Hernández *et al.* (2017), mencionan que los hábitats de las poblaciones presentan serios problemas de fragmentación y destrucción en la parte media de las cuencas de los ríos Actopan y La Antigua (Tuxpan-Nautla); lo que ha provocado serios daños en su estructura (poblacional y de sexos) y a los procesos naturales de regeneración de las poblaciones silvestres de la especie.

En cuanto a la cosecha ilegal, Hernández (1993) y Hernández-Sandoval *et al.* (2011) señalan que desde la época de los 80s” las semillas, plántulas y juveniles han sido sometidos a una sobre colección con fines ornamentales, ocasionando la reducción en la densidad poblacional, así como la merma en sus tasas de sexos y diversidad genética. Por su parte Castillo-Gómez y Hernández (2009), describen que el saqueo ilegal de individuos de *Beaucarnea* ha ocasionado que las poblaciones no cuenten con una estructura típica, es decir, mayor número de plántulas, seguido de individuos juveniles y menos adultos; lo que se ha traducido en un desequilibrio en la dinámica poblacional natural.

Otra amenaza que considerar es el daño por plagas, ya que en condiciones de vivero Pérez-Cortinez *et al.* (2010) y Hernández-Sandoval *et al.* (2011) describieron la presencia de hongos, moluscos, nemátodos, arácnidos e insectos; que ocasionan marchitamiento de hojas tiernas, de inflorescencias y daños a los frutos. En condiciones naturales Osorio-Rosales *et al.* (2011) menciona que la presencia de herbivoría afecta el establecimiento y supervivencia de plántulas; ocasionando que la regeneración natural de poblaciones silvestres tenga una tasa de reclutamiento muy baja.



## 2.2. Estudios poblacionales de *Beaucarnea*

La mayoría de los estudios de este género han mostrado una estructura poblacional diferente entre especies, haciendo visibles las problemáticas por procesos antrópicos (destrucción del hábitat, extracción ilegal de semillas, plántulas, juveniles, etc.). De estos estudios destacan los realizados por Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval (2009); Pérez-Farrera *et al.* (2012), quienes evaluaron la estructura poblacional de *Beaucarnea inermis*, *B. sanctomariana* y *B. goldmanii* en los estados de San Luis Potosí, Chiapas y Oaxaca. Donde reportaron densidades de 306.6, 380 y 580 ind/ha respectivamente, sobrepasando los registros de *B. recurvata*; además describieron la estructura de sexos con proporciones de 1:1., indicando un equilibrio en la estructura poblacional. Es importante mencionar que el Cañón del Sumidero como Área Natural Protegida (ANP), ha contribuido en la protección y mantenimiento de las poblaciones naturales, lo que ha permitido el desarrollo de los procesos de restauración natural de pata de elefante.

Para *Beaucarnea recurvata* destaca el trabajo de Hernández-Sandoval *et al.* (2012), al reportar en Veracruz una densidad poblacional de 135 ind/ha, con una estructura de tallas del 59 % adultos, 20 % juveniles y el 21 % plántulas. Por su parte Osorio y Mata (2007) y Contreras-Hernández *et al.* (2017), describieron siete poblaciones en el centro del estado de Veracruz con densidades muy bajas que van de 8 a 35 ind/ha. Estos valores en la densidad están relacionados con las vías de acceso y la cercanía de los asentamientos humanos con las poblaciones de *B. recurvata* localizadas, lo que ha ocasionado serios impactos en las poblaciones por la extracción de individuos.

## 2.4. Usos e importancia de la pata de elefante

La pata de elefante juega un rol muy importante dentro de su ecosistema, debido a que brinda diferentes servicios ambientales como: la fijación del suelo, son hábitat de diferentes especies de fauna, regulan los gases de efecto invernadero y liberan O<sub>2</sub>, captan y filtran el agua para la recuperación de los mantos freáticos, regulan el clima y sirven como belleza escénica, entre otros (Castañeda-Nava, 2009).

En algunas regiones de México las hojas e inflorescencias de los ejemplares de pata de elefante son utilizadas para hacer adornos ceremoniales, además se tejen cestos con diferentes usos domésticos. En zonas áridas los tallos son consumidos por las personas debido a que son suculento y carnosos (Castañeda-Nava, 2009).

Sin duda la importancia más notable de *B. recurvata* es la ornamental y por su alta demanda de semillas, plántulas juveniles y adultos se ha convertido en una de las especies ornamentales mejor pagadas dentro del mercado nacional e internacional (Contreras *et al.*, 2008; Hernández-Sandoval *et al.*, 2012 y Pérez-Farrera *et al.*, 2012). En México la SEMARNAT (2014) y el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES, 2015), reportan la venta de ejemplares en \$ 350 pesos, mientras que en mercados internacionales el precio es extremadamente alto con cifras de hasta \$ 138, 211.00 (7,276.5 dólares) por individuos mayores a dos metros. Por ello, se ha incrementado su demanda ilegal provocando que este comercio carezca de control por las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMAs), dando lugar al saqueo desmedido de individuos en poblaciones silvestres.

## **2.5 UMAs y PIMVS con planes de manejo autorizados para aprovechamiento de *B. recurvata*.**

Las Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento sustentable de la Vida Silvestre (UMA), son criaderos intensivos o extensivos, viveros o invernaderos que permiten la propagación de especies de fauna y flora; cuyo fin, es promover alternativas de producción y uso racional de los recursos naturales, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental (Robles, 2009). Todas estas UMAs operan en conformidad con un plan de manejo aprobado, garantizando la conservación de los hábitats y poblaciones que ahí se encuentran. Los planes de manejo son la herramienta clave para la realización del manejo sustentable de una UMA, los cuales, están preparados en función de los objetivos de la UMA y en los términos establecidos por SEMARNAT (SEMARNAT, 2009).

Para 2014 se encontraban en el país 158 UMAs registradas para la producción, manejo y aprovechamiento de *B. recurvata*; de éstas, 140 son UMAs intensivas y viveros distribuidos en 20 estados del país. En ellos se reproducen y comercializan cinco especies: *Beaucarnea goldmanii*, *B. recurvata*, *B. pliabilis*, *B. inermis*, *B. gracilis*; pero sin duda la especie más demandada en viveros y en tiendas de autoservicio es *B. recurvata* (Hernández-Sandoval *et al.*, 2010, 2012). Según el CITES (2015), para Veracruz se reportan ocho UMAs intensivas y diez viveros para aprovechamiento de *B. recurvata*; de éstas destaca la UMA 3 de mayo donde realizan la propagación de pata de elefante en su plan de manejo, iniciando con la colecta del germoplasma hasta la venta y repoblación de los sitios (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

## 2.6. Estudios moleculares

Los marcadores moleculares son una herramienta muy importante en muchas ramas de la biología como la ecología, biomedicina, ciencias forenses, sistemática y evolución para el estudio de la biodiversidad. Actualmente existen diversas técnicas que permiten conocer la proporción de genes en las poblaciones naturales de manera indirecta (Rentería-Alcántara, 2007). El TrnL-F es uno de los marcadores moleculares más utilizados en la actualidad para la identificación taxonómica de especies a nivel familia, tribu, género y especie (Cabrera-Hernández *et al.*, 2017). De los trabajos que han utilizado este primer cloroplástico destacan los propuestos en el cuadro uno.

Cuadro 1. Marcador TrnL-F (Cloroplástico) como herramienta para determinación de especies.

<b>Marcador molecular TrnL-F (Cloroplástico)</b>			
<b>Cita</b>	<b>Especie</b>	<b>Metodología</b>	<b>Resultado</b>
Jagarlamundi, S., Rosaiah, G., Kumar, K. R. y Pinnamaneni, R. 2011. Molecular identification of Mango, <i>Mangifera indica</i> L. var. totupura Bioinformation. 5: 405-409.	<i>Mangifera indica</i>	Para la identificación molecular del mango utilizaron hojas frescas. La extracción del ADN se realizó con el protocolo MATAB (bromuro de metil amonio). Se pulverizo el tejido vegetal con nitrógeno líquido. El contenido de ADN se visualizó en gel de agarosa al 0.8% teñido con bromuro de etidio. Las regiones del cloroplasto trnL-F se amplificaron con ayuda del termociclador cumpliendo 30 ciclos de 94° C durante 1 minuto, 2 minutos de recocido a 48° C, 2 minutos de alargamiento a 72° C y 16 minutos de elongación a 72° C. El gel de agarosa se observó bajo un tras iluminador de luz UV. Se cortaron las bandas con una hoja de afeitar limpia y se purificaron las muestras. El PCR se secuencio en el Centro de Investigación Ohmlina Chennai. La secuencia obtenida se comparó con las secuencias del GenBank utilizando el algoritmo BLAST para buscar parientes evolutivos.	El análisis de la secuenciación mostró que todas las bandas pertenecían a <i>Mangifera indica</i> con 514 pb. Al compararlo con los datos del GenBank la similitud fue del 100%. Mencionan que la región trnL-F, que comprende a trnL intrón y trnL-F espaciador se ha convertido en uno de los marcadores cloroplásticos más utilizados en los análisis filogenéticos de las plantas.
		Para la extracción de ADN Utilizaron un Mini kit Quiagen®, los fragmentos fueron	De acuerdo con los resultados obtenidos la combinación de

<p>García, A.M., Terrazas, T., Segura, L.O., Arias, S., Vibrans, H. y López-Mata, L. 2013. Caracterización molecular de tres especies de <i>Hylocereus</i> (Cactaceae) presentes en México. Revista. Fitotec. México. 36 (1): 13-22.</p>	<p><i>Hylocereus ocamponis</i> <i>H. purpusii</i> y <i>H. undulatus</i></p>	<p>amplificados con matK y trnL-F. Los PCR se corrieron en geles de agarosa al 1.2% con un amortiguador TAE (40 mM Tris-acetato, pH 7.6) durante 30 min a 90 V. Los productos de PCR fueron teñidos con Bromuro de etidio (0.5 mg mL<sup>-1</sup>) y registrados en un fotodocumentador. Los productos de PCR sin purificar se secuenciaron en The Gnenomic Center Washington University</p>	<p>rbcL y trnL-F les permitió reconocer las 3 especies de <i>Hylocereus</i>. El fragmento amplificado con trnL-F mostró una longitud de 1087 pb, permitió detectar variación intra-especifica en dos de las tres especies. Además, mencionan que dos individuos de <i>H. purpusii</i> pertenecen a una población registrada en Nochistlán, Oaxaca.</p>
<p>Rojas-Piña, V., Olson, M.E., Alvarado-Cárdenas, L.O. y Eguiarte, L.E. 2014. Molecular phylogenetics and morphology of <i>Beaucarnea</i> (Ruscaceae) as distinct from <i>Nolina</i>, and the submersion of <i>Calibanus</i> into <i>Beaucarnea</i>. TAXON. 63 (6) 1193-1211</p>	<p><i>Calibanus hookeri</i>; <i>Calibanus glassianus</i>; <i>Beaucarnea compacta</i>; <i>B. hiriartiae</i>; <i>B. pliabilis</i>; <i>B. goldmanii</i>; <i>B. guatemalensis</i>; <i>B. sanctomarianae</i>; <i>B. recurvata</i>; <i>B. gracilis</i>; <i>B. stricta</i>; <i>B. purpusii</i>.</p>	<p>Diferenciaron los géneros de <i>Beaucarnea</i> y <i>Nolina</i>. Para esto se tomaron muestras de 10 especies de <i>Beaucarnea</i>, 6 de <i>Nolina</i>. La extracción de ADN fue pulverizando tejido vegetal con nitrógeno líquido utilizando el DNeasy Plant Mini Kit, se realizaron los PCR con un termociclador térmico cumpliendo 35 ciclos para la región trnL-F (94 ° C, 1 min; 55 ° C, 1 min; 72 ° C, 2 min; 72 ° C, 5 min). Los productos del PCR se visualizaron en geles de agarosa al 1% con un transiluminador UV (Kodak EDAS 290). Los productos se secuenciaron en la Universidad de Washington Unidad de Alto Rendimiento Genómico, se alinearon las secuencias usando v.4.8 Sequencer (Gene Cododes, ann, arbor, Michigan).</p>	<p>A longitud de la trnL-F fue de 1008 pb, presentó 11 caracteres de parsinonimia-informativa. De acuerdo con las 10 especies de <i>Beaucarnea</i> y 6 de <i>Nolina</i>, si fueron consistentes respecto a su distinción. Analizaron sus características reproductivas y encontraron diferencias en los dos géneros. En base a los resultados moleculares y morfológicos incluyeron a <i>Calibanus</i> dentro del género <i>Beaucarnea</i>, teniendo en cuenta que los hábitats donde prosperan son muy contrastantes entre sí. El género <i>Beaucarnea</i> y <i>Calibanus</i> tienen</p>

			mucha relación filogenética por lo que fue añadido dentro de <i>Beaucarnea</i> .
Linares-Holguín, O., Sánchez-Peña, P. y Molina-Freaner, F. 2016. Diversidad genética de la región intergénica (TrnL-F) de cloroplasto en poblaciones de <i>Pholisma culiacanum</i> Y. Agrobiencia. 50:799-809.	<i>Pholisma culiacanum</i> Y.	El protocolo que utilizaron para la amplificación del PCR fue de tipo Touch-down propuesta por Amico <i>et al.</i> (2007), con modificaciones en la temperatura de alineamiento de 48 a 50 °C. Los PCR se visualizaron en geles de agarosa al 1% teñidos con bromuro de etidio y observados en un transiluminador de luz UV. Los productos se secuenciaron en el High-Throughput Sequencing Solutions del departamento de Ciencias Genómicas de la Universidad de Eshington. Se utilizaron programas DnaSP para calcular la diversidad genética.	De acuerdo con los resultados obtenidos el tamaño del fragmento amplificado fue de 735 pb. Las siete poblaciones evaluadas fueron polimórficas con 11 haplotipos diferentes. Aunque en la estructura poblacional hubo niveles de diferenciación genética bajos, el coeficiente de correlación de Person de las distancias genéticas y geográficas, no mostraron evidencia de aislamiento por distancia, es decir, existe flujo genético entre las poblaciones.
Cabrera-Hernández, C., Valdez-Moctezuma, E., Cruz-Maya, M., Zelaya-Molina, L.X., Barrientos-Prieto, A.F. y Reyes-Alemán, J.C. 2017. El trnL-trnF de cpADN contribuye a la separación de los subgéneros <i>Persea</i> y <i>Eriodaphne</i> (Lauraceae; <i>Persea</i> )	Subgéneros <i>Persea</i> y <i>Eriophne</i>	Se secuenciaron 39 especies por medio del fragmento TrnL-F, se separaron los subgéneros <i>Persea</i> y <i>Eriophne</i> como géneros independientes. Extrajeron el ADN genómico con el método CTAB (bromuro de exadeciltrimetilamonio). El programa termociclado inicio con 94° C por 4 minutos, seguido de 35 ciclos de 94° C por 45 segundos, 61° C por 1 minuto, y 72° C por 1 minuto y 5 minutos a 72° C. os fragmentos se visualizaron en un gel de agarosa al 1.2%. Los productos se secuenciaron con un sistema automatizado modelo Applied BioSystems 3730XL.	A partir de la región de trnL-trnF del cloroplasto separaron los subgéneros <i>Persea</i> y <i>Eriodaphne</i> , obtuvieron que el género <i>Persea</i> es un grupo parafilético y no monofilético. Esta separación de los subgéneros se debió a 4 mutaciones fijas exclusivas del subgénero <i>Eriodaphne</i> . Los cuales pueden ser utilizados para separar individuos donde se tenga duda respecto a su

<p>como géneros independientes. Agro-Ciencia. 33(3): 231-240.</p>			<p>ubicación taxonómica. La divergencia en las secuencias de los dos subgéneros <i>Persea</i> y <i>Eriophne</i> (4.9%) es cercano a la del género <i>Sassafras</i> con el subgénero <i>Persea</i> (5.5%), lo cual también soporta la separación de ambos subgéneros.</p>
<p>Morigengaowa, Luo JJ, Knapp R, Wei HJ, Liu BD, Yan YH, Shang, H. 2018. La identidad de <i>Hypolepis robusta</i>, como un nuevo sinónimo de <i>Hypolepis alpina</i> (Dennstaedtiaceae), basada en la morfología y la codificación de ADN y la nueva distribución. <i>PhytoKeys</i> 96: 35–45.</p>	<p><i>Hypolepis robusta</i> como sinónimo de <i>hypolepis alpina</i>.</p>	<p>La extracción del ADN genómico se extrajo de hojas secadas en gel de sílice utilizando un kit de plantas de ADN seguro (Tiangen Biotech, Beijing, China). Los PCR se realizaron con un Veriti 96-Well Thermal Cycler. El programa del termociclado fue de: desnaturalización inicial (95 ° C, 3 min) seguida de 35 ciclos de amplificación, hibridación y extensión (95 ° C, 30 s; 52 ° C, 30 s; 72 ° C, 1 min) y 10 min de extensión final a 72 ° C. Las secuencias se ensamblaron y editaron con SeqMAN (Paquete DNASTAR; DNA Stsrlnc., Madison, WI; EE: UU.</p>	<p>Se generaron 19 secuencias con trnL-F con 2.166 pb. Los individuos de <i>H. alpina</i> y <i>H. robusta</i> formaron un grupo monofilético con un MLBS de 100 como clados hermanos de <i>H. tenuifolia</i>. Según los datos obtenidos por estos autores mediante el análisis morfológico y el código de barras, <i>H. robusta</i> y <i>H. alpina</i> son idénticas, apoyando la teoría de que ambas especies son sinónimas. El análisis filogenético apoya la monofilia de <i>H. alpina</i> y <i>H. robusta</i> como una especie filogenética con una amplia distribución.</p>



### III. OBJETIVOS

#### 3.1. General

Propuesta de un plan de manejo para *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz, en función de la descripción de su hábitat, estructura poblacional, caracterización molecular y fenología.

#### 3.2. Particulares

- Describir el hábitat donde se desarrolla *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.
- Describir la estructura poblacional de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.
- Caracterizar molecularmente a *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.
- Describir la fenología de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.
- Elaborar el documento de plan de manejo para *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

## IV. ÁREA DE ESTUDIO

### 4.1. Ubicación geográfica

El municipio de Chicontepec se ubica dentro de la región montañosa de la Huasteca Veracruzana al norte del estado. Sus coordenadas son 21° 12' 16" de latitud Norte y 98° 08' 26" de longitud Oeste, con una altura de 520 msnm. Limita al Norte con Tantoyuca e Ixcatepec; al Este con Temapache y Tepetzintla; al Sur con Ixhuatlán de Madero y Benito Juárez y al Oeste con el Estado de Hidalgo (INEGI, 2015). Dentro del municipio se ubicaron tres sitios de muestreo (Figura 1), Cerro de Tepecxitla (sitio 1), Zapotal-Espinal (sitio 2) y Cerro de Ixcacuatitla (sitio 3); los cuales comparten la característica de encontrarse en un ecosistema de selva mediana subperennifolia y en zonas donde no son posibles las actividades agropecuarias, debido al terreno rocoso y a las pendientes pronunciadas que oscilan entre los 80 y 90°.

El clima es de tipo Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano, su temperatura promedio es de 25° C, con una precipitación anual de 2300 a 2800 mm (García, 2004; INEGI, 2015).

### 4.2. Flora

La vegetación registrada para el municipio es de selva alta perennifolia, selva mediana subperennifolia, ecosistema pecuario y cultivos agrícolas (González-Zaragoza, 2005; Prontuario, 2009; Sosa-Jiménez, 2013). Las principales especies que se encuentran en el municipio y que están siendo reemplazadas por el cambio de uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas son: Chicozapote (*Achras zapota*), Zapote prieto (*Diospyros digyna*), capulín (*Muntingia calabura*), ceiba (*Ceiba*

*pentandra*), cedro (*Cedrela odorata*), palo de rosa (*Malpighia stevensii*), chalahuite (*Inga edulis*), chijol (*Piscidia grandifolia*), chote (*Parmentiera acuelata*), entre otras.

#### **4.3. Fauna**

Actualmente la fauna silvestre del municipio se ha reducido debido a la cacería que se ejerce; destacan las aves como: el tucán (*Ramphastos sulfuratos*), gavilán gris (*Buteo nitidus*), zopilote (*Coragyps atratus*), tecolote (*Glaucidium brasilianum*), chachalaca (*Ortalis vetula*). Entre los mamíferos destacan el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), armadillo (*Dasypus novemcinctus*), zorrillo (*Conepatus semistriatus*), coyote (*Canis latrans*), conejo (*Sylvilagus cunicularius*), ardilla (*Sciurus aureogaster*); en cuanto a reptiles se reporta la víbora voladora (*Spilotes pullatus*), iguanas, lagartijas, entre otras (González-Zaragoza, 2005; Prontuario, 2009; Nieto-Serrano, 2010; Sosa-Jiménez, 2013).

#### **4.4. Suelo e Hidrografía**

El suelo es de tipo Vertisol y se caracteriza por presentar más del 30 % de arcilla en todos sus horizontes a una profundidad de 50 cm (Sotelo *et al.*, 2008; Sosa-Jiménez, 2013). Actualmente el 65% del territorio municipal es dedicado a la ganadería, 25% a la agricultura, 5% es superficie forestal y un 5% se destina a la población rural, urbana, carreteras y cerros (INEGI, 2015).

En cuanto a la hidrografía, Chicontepec se ubica dentro de la cuenca hidrológica 27 “Tuxpan-Nautla”, que ocupa la porción noreste del territorio veracruzano y está integrada por las cuencas de los ríos Nautla, Tecolutla, Cazones y Tuxpan. Cuenta con varios arroyos, destacando los de Comitlán, Ahuimol, La Antigua, Tlacolula y

Camotipan (González-Zaragoza, 2005; Prontuario, 2009; Nieto-Serrano, 2010; Pereyra-Díaz *et al.*, 2010; Sosa-Jiménez, 2013; INEGI, 2015).

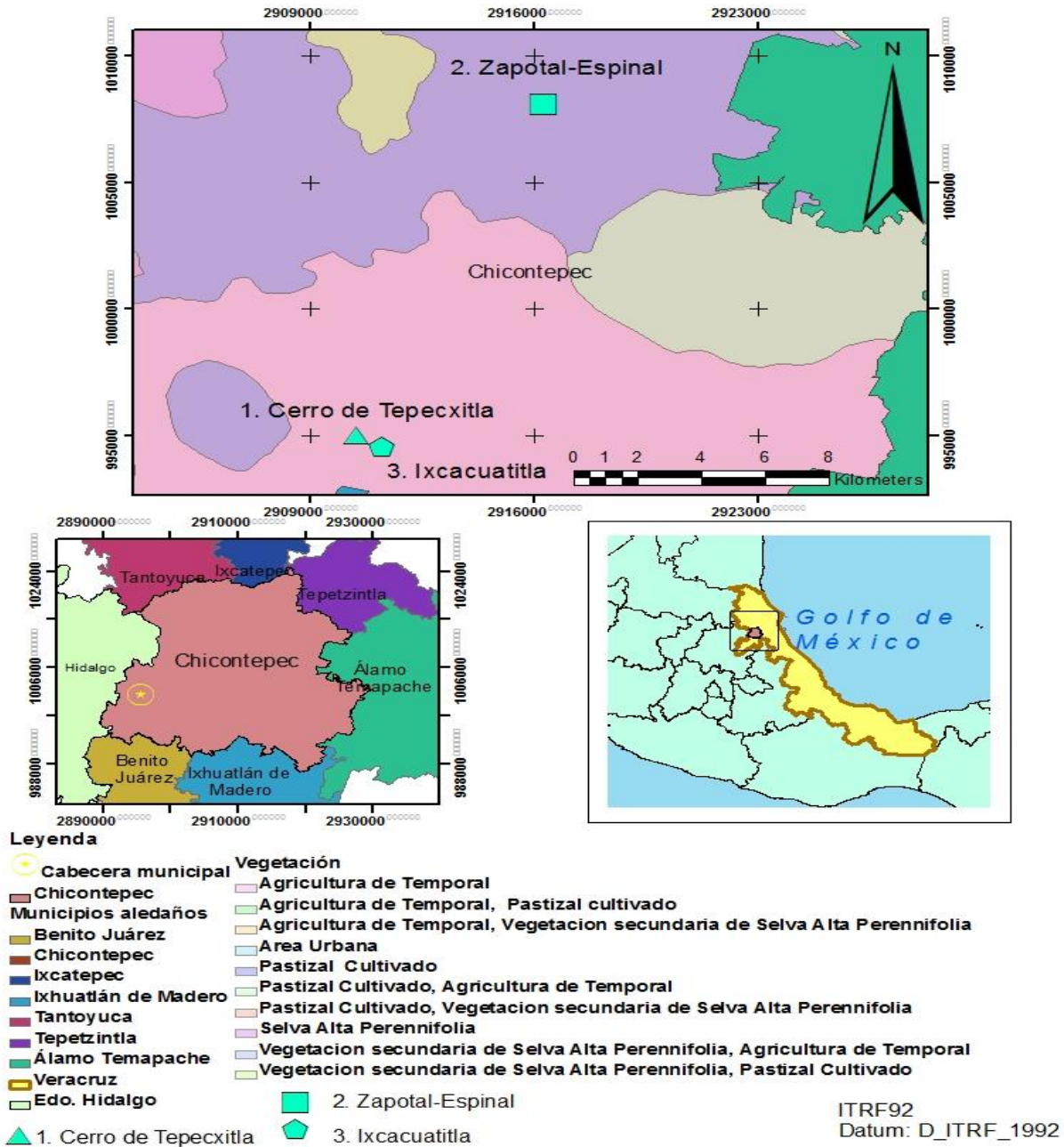


Figura 1. Localización de los sitios de muestreo en el municipio de Chicontepec, Veracruz.

## V. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos prospectivos durante el mes de diciembre del 2016 con el fin de ubicar y verificar el área donde se encuentra la población de *B. recurvata*. Posteriormente, se programó una salida mensual durante febrero del 2017 a enero del 2018 para la toma de los datos en campo, considerando la observación de las diferentes etapas fenológicas de la pata de elefante. Se establecieron tres cuadrantes de 100 x 50 m considerando una distancia de 50 m entre sí, los cuales se utilizaron para describir la estructura poblacional y la caracterización del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata*.

### 5.1. Caracterización del hábitat de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz

Se registraron las condiciones del área de estudio como el tipo de suelo, temperatura tomando como referencia el trabajo de Osorio (2018), quien describió algunos atributos del área. Se determinó la altitud y el área de los sitios a partir de las coordenadas geográficas que se obtuvieron utilizando un GPS map 60 csx Garmin, mediante la elaboración de poligonales.

Para la descripción de la vegetación y especies asociadas a *B. recurvata*, se fotografiaron *in situ* las especies de árboles, arbustos, hierbas y epífitas con una cámara Canon Power Shot, cuyas fotografías se utilizaron como respaldo del trabajo en campo y en la determinación taxonómica de las especies. Posteriormente, se realizó la recolecta del material para herbario siguiendo la metodología de Gaviño *et al.* (2007), quien sugiere la recolecta de ejemplares que presenten flor y fruto o ambos.

Para la determinación de las especies por comparación se utilizaron colecciones del herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Tuxpan (VER-HER- 223-07-09), los fascículos de la flora de Veracruz, así como de consulta en bases de datos del Jardín de Missouri Tropicos.org, IPNI y MEXU; guías de campo (Castillo-Campos y Medina-Abreo, 2005) y catálogos florísticos (Villareal y Villaseñor, 2004).

## **5.2 Estructura poblacional de *B. recurvata***

### **5.2.1 Parámetros morfométricos**

Se registraron todos los individuos en cada cuadrante y se tomaron las mediciones correspondientes para la descripción de sus parámetros. La altura total se obtuvo con la ayuda de un clinómetro electrónico posicionándose a una distancia de diez metros del individuo, para la altura de la base al cuello se tomaron datos de la base a donde inicia la ramificación de cada individuo, el diámetro de la base y el diámetro del cuello se obtuvieron midiendo sus perímetros con una cinta de 50 m y se calculó mediante la siguiente fórmula.

Donde:

$$D = P / \pi$$

D= diámetro

P= perímetro o circunferencia

$\pi$ = 3.14159226

Se contabilizó el número de ramas y número de rosetas mediante la observación directa a cada ejemplar de *B. recurvata*, siguiendo la metodología de Pérez-Farrera *et al.* (2012).

### **5.2.2. Proporción de sexos**

Las observaciones para determinar la proporción de sexos se realizaron de marzo a junio, tomando en cuenta el periodo de floración de la especie (Osorio-Rosales *et al.*, 2011); para esto, se extrajo una parte de la inflorescencia de cada individuo para la observación de los gineceos o estructuras femeninas en el microscopio de disección. Con los datos obtenidos se estimó la proporción de sexos mediante la división del número total de machos entre el número total de hembras.

### **5.2.3. Densidad**

La densidad es el número de individuos en una unidad de área (Morlands, 2004). Ésta se obtuvo contabilizando el número total de individuos presentes en los cuadrantes (Mostacedo y Fredericksen, 2000), determinándose mediante la fórmula siguiente:  $D = N/A$

Donde:

N = Número de individuos

A = Unidad de área determinada

### **5.2.4. Distribución espacial**

La distribución espacial es la forma en que los individuos ocupan el espacio, la cual puede darse de forma aleatoria o al azar, uniforme o agregada. Para determinarla se tomó la geoposición de cada uno de los individuos y posteriormente con la ayuda del programa Arc Gis v9.3., se realizó el mapeo de la distribución espacial que presenta cada sitio.

### 5.3 Caracterización molecular de la pata de elefante

La determinación molecular de la población se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de Tlaxcala. Se realizó el análisis de cinco muestras en total; una de cada sitio de Chicontepec, *B. recurvata* procedente de la población que se encuentra en Cerro Gordo, Veracruz y *B. inermis* del jardín botánico Francisco Javier Clavijero del INECOL proveniente de San Luis Potosí.

El protocolo que se utilizó para la extracción del ADN genómico de cloroplastos fue el propuesto por Doyle-Doyle (1990): quien sugiere la extracción de ADN mediante la pulverización del tejido vegetal fresco con nitrógeno líquido (Figura 2), usando un Buffer de CTAB al 2%. Se realizaron modificaciones en el tiempo durante la mezcla por inversión para obtener más ADN, así como en los tres lavados de la pastilla de ADN con etanol al 70 % propuestos por Rojas-Piña *et al.* (2014), sin embargo, solo se realizaron dos lavados para no perder contenido genético (Anexo 2).

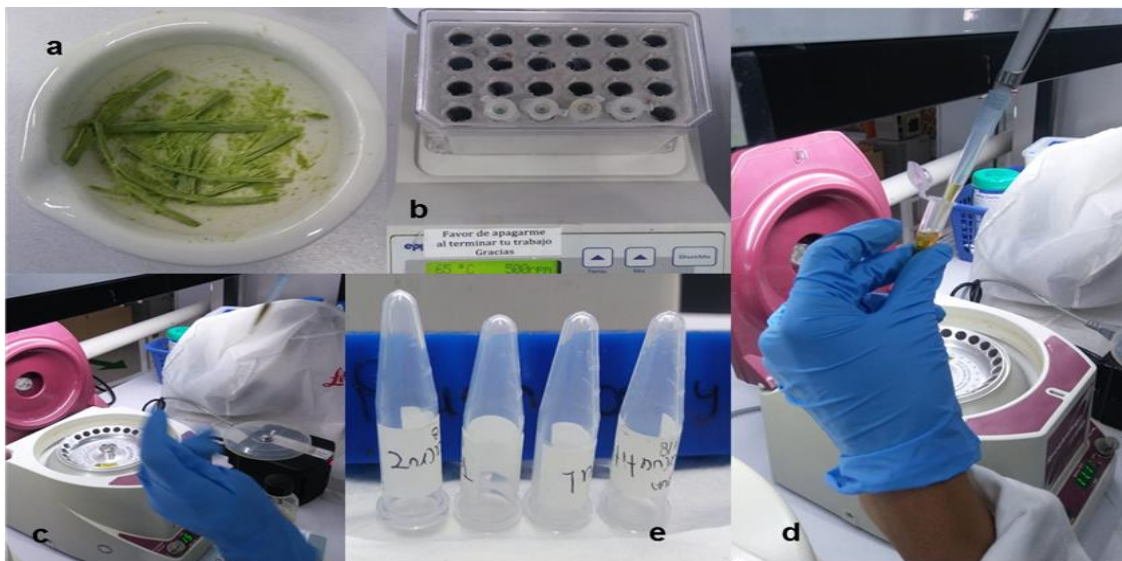


Figura 2. Método de extracción de ADN genómico de *B. recurvata*. a) pulverización del tejido vegetal, b) mezcla por inversión a 65° C, c) centrifugación de las muestras, d) recuperación del contenido acuoso y e) secado de la pastilla de ADN en los tubos eppendorf.



### Preparación del gel de agarosa al 1%

El gel de agarosa al 1% se preparó siguiendo la metodología propuesta por Sambrook y Russell (2001), quien sugiere el pesaje de 250 mg de agarosa (Figura 4) añadiendo 25 ml del Buffer TAE 1x. Se realizaron modificaciones en el tiempo de corrimiento del gel de 40 min a 60 min (Anexo 2).

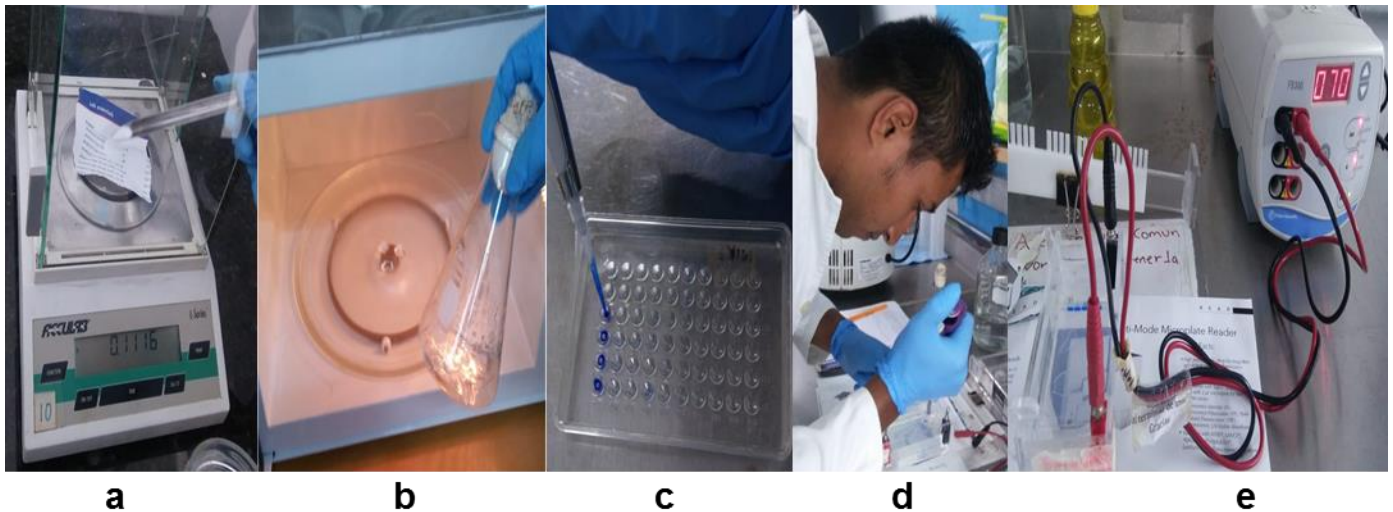


Figura 3. Preparación del gel al 1% de agarosa. a) pesado de la agarosa, b) fundición de la agarosa en microondas, c) mezcla de agua con el Buffer de carga, d) carga del ADN sobre el gel de agarosa y e) cámara de electroforesis conectada a la fuente de poder.

### Preparación del PCR con TrnL-F

Para el PCR se siguió la metodología propuesta por Taberlet *et al.* (1991), quienes sugieren la preparación de un máster con: 85.0  $\mu$ l de agua, 11.25  $\mu$ l del Buffer, 4.5  $\mu$ l del primer F, 4.5  $\mu$ l del primer R, 2.75  $\mu$ l de los dNTPS al que se agregaron 0.605  $\mu$ l de la enzima DNA 01. Se realizaron modificaciones en el tiempo de termociclado (Figura 5) siguiendo la metodología de Rojas-Piña *et al.* (2014), quienes sugieren un termociclado de 3 horas a temperaturas de: 94°C, 2 min; 35 ciclos (94°C, 1 min; 55°C, 1 min; 72°C, 2 min); 72°C, 5 min (anexo 3).

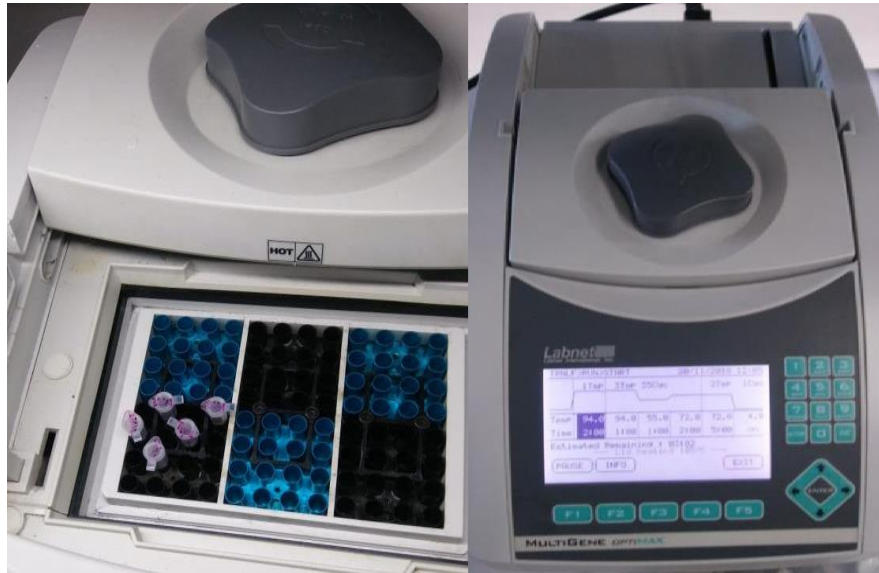


Figura 4. Proceso de termociclado del PCR.

### Purificación de las muestras

Para la purificación se prepararon dos geles de agarosa al 1% siguiendo la metodología de Sambrook (2001), los PCR fueron observados en el transiluminador de rayos UV y posteriormente se purificaron siguiendo la metodología de Rojas-Piña *et al.* (2014) (anexo 4).



Figura 5. Proceso de purificación del ADN; a) y b) corte se las bandas de ADN en el gel de agarosa, c) pesado del contenido de la banda en la balanza analítica y d) lavados con Buffer DNA wash.

#### **5.4. Fenología**

La fenología de *B. recurvata* en Chicontepec fue determinada a partir una muestra de 30 ejemplares en edad reproductiva. Las observaciones fueron estacionales durante 2017 y parte del 2018. Se utilizó una cámara fotográfica Canon Power Shot con zoom de 50X facilitando la ilustración de los eventos fenológicos (floración, fructificación, producción de hoja y formación de rosetas.). Se colectaron dos raquidios basales de 35 inflorescencias, 500 frutos y 50 hojas de diferentes individuos, para no afectar su estructura poblacional; esta colecta fue aleatoria basándonos en la metodología de Felippi *et al.* (2013), la cual hace hincapié en la observación y medición de longitud, peso y número de semillas.

Es importante mencionar que, para la colecta de frutos y semillas, se contó con el permiso de Licencia de Colecta Científica o con propósitos de enseñanza en materia de vida silvestre expedido por la SEMARNAT (oficio N° SGPA/DGVS/002581/18), así como del permiso por parte del comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.

#### **5.5. Propuesta de plan de manejo para *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz**

En función del análisis poblacional que se realizó para *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz, se procede a estructurar una propuesta de plan de manejo que permita el uso sostenible de forma que se respete la integridad funcional y las capacidades de carga del ecosistema y la especie de interés. Esta propuesta representa entonces un instrumento rector de planeación y regulación que establece las actividades, acciones y lineamientos básicos para el manejo y la administración para *B. recurvata*.

Cabe mencionar que este documento implicó las actividades que a continuación se describen: acercamiento con el representante delegado de vida silvestre de SEMARNAT, quien sugirió el llenado del formato para la elaboración del plan de manejo para unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) sujeta a manejo intensivo; como primera instancia para el establecimiento a un futuro de una UMA. Redacción del plan de manejo empleando el formato FF-SEMARNAT-011 descargado de la página oficial de SEMARNAT. Realización de reuniones informativas con ejidatarios de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal, cuyo objetivo fue hablar sobre la importancia de los recursos naturales con los que cuentan, así como de algunas especies de flora que se encuentran protegidas por la NOM-059-SEMARNAT-2010, ya que están bajo algún estatus de riesgo como es el caso de *B. recurvata*. Se hizo hincapié en la importancia de establecer estos sitios como una UMA para la conservación y manejo de recursos naturales, además, de que son pequeños reservorios de selva mediana subperennifolia que no han sido degradados por actividades antrópicas.

## **5.6. Análisis estadísticos**

Se utilizó el programa Microsoft Excel 2013 para elaborar las bases de datos y generar los gráficos de estructura poblacional y relaciones alométricas. Para los parámetros morfométricos (altura total, altura de la base al cuello, diámetro de base, diámetro del cuello, ramas y rosetas) se realizó la prueba de normalidad con Shapiro-Wilk, la cual, mostró valores normales para altura total por ello se realizó la prueba paramétrica mediante el análisis de varianza de una vía (ANOVA). Los parámetros de diámetro de base, diámetro del cuello, ramas y rosetas no presentaron

normalidad; por ello, se realizó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para comparación de medias y así conocer las diferencias entre sitios. Además, se realizó una prueba ANOVA para la proporción de sexos con la ayuda del programa “R” x 64 3.2.3 (R Core Team, 2015). Se utilizó el programa STATGRAPHICS PLUS 5.1 para elaborar los gráficos de relaciones alométricas.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Descripción del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

La población de *B. recurvata* registrada en este trabajo se ubica en el municipio de Chicontepec, Veracruz; distribuida en tres localidades: Tepecxitla, Zapotal-Espinal e Ixcacuatitla, cuya altura oscila entre los 220 y 520 msnm. Presentan suelos rocosos (Figura 6 b) con pendientes pronunciadas entre 80 y 90° que limitan las actividades agropecuarias. Su vegetación corresponde a selva mediana subperennifolia (Figura 6 a), con un estrato arbóreo que oscila entre 15 y 25 m de altura, su temperatura ambiental osciló entre 26° y 32° C.

El Cerro de Tepecxitla está formado en su mayoría por suelo rico en materia orgánica y solo una parte al noreste del cerro cuenta con una pendiente muy pronunciada compuesto por piedras que dificultan el acceso. A su vez Zapotal-Espinal y Cerro Ixcacuatitla son los sitios con las condiciones más abruptas y están formados casi en su totalidad por roca volcánica (Figura 6 b).

El suelo donde se desarrolla *B. recurvata* es de tipo franco arenoso, con el 79 % de arena, 7% de arcilla y el 13.9% de limo. La densidad aparente fue de 1.25 g cm<sup>3</sup>, su conductividad eléctrica fue de 159.7 µS, salinidad de 0.9 % y con un pH de 7.41.



Figura 6. Hábitat donde se desarrolla *B. recurvata*; a) selva mediana subperennifolia y b) sustrato rocoso de difícil acceso.

La vegetación asociada a *B. recurvata* en los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, estuvo conformada por 30 familias, 40 géneros y 45 especies. Las familias mejor representadas fueron: Orchidaceae y Araceae con cuatro especies (9 %), seguido de la familia Cactaceae con tres especies (9%); Asparagaceae, Begoniaceae, Burseraceae, Bromeliaceae, Fabaceae, Malvaceae, Piperaceae, Moraceae con dos especies respectivamente (Cuadro 4). Las trepadoras y epifitas fueron las mejor representadas con 17 especies (38 %); seguido del estrato arbóreo con 11 especies (24 %), el herbáceo con 8 especies (18 %) y el arbustivo con 9 especies (20 %). Además de la vegetación *B. recurvata* está asociada a enjambres de abejas (*Apis mellifera*) del orden Hymenoptera, los cuales habitan en cavidades irregulares que se forman en la base de los tallos.

Cuadro 2. Listado de especies asociadas a *B. recurvata* en la selva mediana subperennifolia de Chicontepec, Veracruz

Familia	Estrato arbóreo	Sitios		
		I	II	III
Asparagaceae	<i>Yucca elephantipes</i>	X	X	X
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i> L. Sarg.	X	X	X
	<i>Bursera copallifera</i> Bullock.	X	X	X
Fabaceae	<i>Acacia mearnsii</i> wildeman.	X	X	X
Lauraceae	<i>Laurus nobilis</i> L.			X
Malvaceae	<i>Carpodiptera ameliae</i> Lundell.	X		X
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	X	X	X
Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	X	X	X
	<i>Ficus</i> spp. L.	X	X	X
Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	X		X
Rosaceae	<i>Crataegus monogyna</i> Jacquin			X
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen			X
<b>Estrato arbustivo</b>				
Acanthaceae	<i>Justicia spicigera</i> Schlechtendal	X	X	X
Apocynaceae	<i>Thevetia peruviana</i> (Pers.) K. Schum.		X	X
Euphorbiaceae	<i>Cnidoscolus multilobus</i> (Pax) I. M. Johnston	X	X	X
Fabaceae	<i>Caesalpinia pulcherrima</i> (L.) Sw.	X		X
Malvaceae	<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	X		X
Scrophulariaceae	<i>Russelia equisetiformis</i> Schlechtendal.			X
Rubiaceae	<i>Randia obcordata</i> Watson.	X	X	X
Urticaceae	<i>Urera caracasana</i> (Jacq.) Gaudich	X	X	X
Zamiaceae	<i>Dioon edule</i> Lindl.	X		X
<b>Estrato herbáceo</b>				



Araceae	<i>Colocasia esculenta</i> (L.) Schott			X
Arecaceae	<i>Chamaedorea elegans</i> Mart.	X	X	X
Aspleniaceae	<i>Phyllitis scolopendrium</i> (L.) Newman		X	X
Asparagaceae	<i>Sansevieria zeylanica</i> Willd.			X
Begoniaceae	<i>Begonia cucullata</i> Willd.	X	X	X
	<i>Begonia heracleifolia</i> Schlttdl. & Cham.	X	X	X
Convolvulaceae	<i>Ipomoea purpurea</i> (L.) Roth.	X		X
Selaginellaceae	<i>Selaginella pallescens</i> (C. Presl) Spring.		X	X

### Trepadoras y epífitas

Araceae	<i>Monstera obliqua</i> Miq.	X	X	X
	<i>Monstera deliciosa</i> Liebm.	X	X	X
	<i>Syngonium macrophyllum</i> (Engler)	X	X	X
Bromeliaceae	<i>Tillandsia aeranthos</i> (Loisel.) L.B.	X	X	X
	<i>Tillandsia usneoides</i> (L.) L.	X	X	X
Cactaceae	<i>Hylocereus undatus</i> Britton y Rose.	X	X	X
	<i>Acanthocereus tetragonus</i> L. Hummelinck		X	X
	<i>Rhipsalis baccifera</i> (Sol.) Stearn	X	X	X
Orchidaceae	<i>Acianthera</i> sp. (Dutra)	X	X	X
	<i>Epidendrum polyanthum</i> Lindl.	X	X	X
	<i>Prosthechea cochleata</i> (L.) W.E. Higgins	X	X	X
	<i>Prosthechea lívida</i> (Lindl.)	X	X	X
Passifloraceae	<i>Passiflora sexocellata</i> Schlechtendal		X	X
Piperaceae	<i>Peperomia magnoliifolia</i> (Jacq.)	X	X	X
	<i>Peperomia tetraphylla</i> Hook. & Arn.	X	X	X
Verbenaceae	<i>Petrea volubilis</i> L.	X	X	X
Vitaceae	<i>Vitis acerifolia</i> Raf.		X	X

## 6.2. Estructura poblacional

### 6.2.1 Parámetros morfométricos

La población de *B. recurvata* registrada en este trabajo presenta una altura promedio de  $7.6 \text{ m} \pm 2.5 \text{ m}$ . A escala de sitios, se determinó un promedio mayor en Zapotal-Espinal ( $8.4 \text{ m} \pm 1.8 \text{ m}$ ) y el menor en el Cerro de Ixcacuatitla ( $7.1 \text{ m} \pm 3 \text{ m}$ ) (Figura 7). La prueba ANOVA, indica ausencia de diferencia estadísticamente significativa (Df= 2; F= 1.9243; P= 0.15).

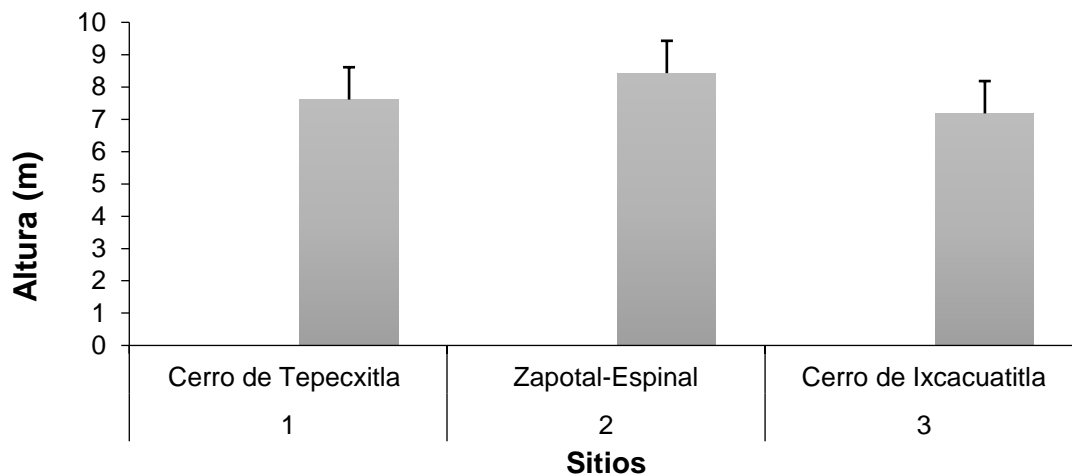


Figura 7. Valores promedio de altura y desviación estándar de *B. recurvata* en el municipio de Chicontepepec, Veracruz.

El diámetro de la base de *B. recurvata* presentó un promedio de  $2.48 \text{ m} \pm 0.8 \text{ m}$ . A escala de sitios, Zapotal-Espinal presentó un promedio mayor ( $3.4 \text{ m} \pm 1.2 \text{ m}$ ), y el menor en Cerro de Tepecxitla ( $1.89 \text{ m} \pm 0.9 \text{ m}$ ) (Figura 8). La prueba de Kruskal Wallis indica diferencia estadísticamente significativa (Df = 2; KW = 35.637; P= 0.0001).

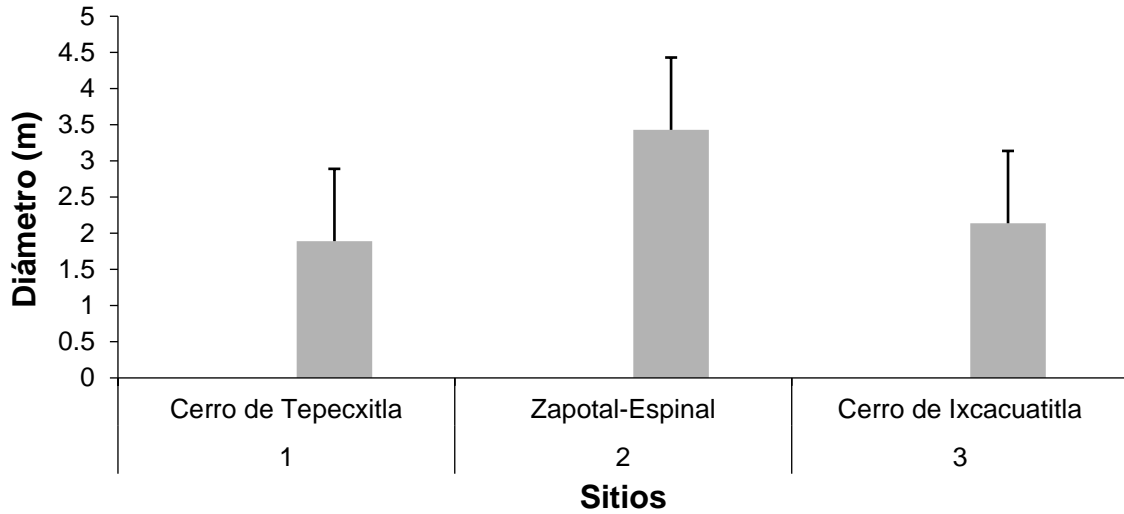


Figura 8. Valores promedio y desviación estándar del diámetro de *B. recurvata* en el municipio de Chicontepec, Veracruz.

El número de ramas por individuo presentó un promedio  $11.1 \pm 4.5$ . A escala de sitios, Zapotal-Espinal presentó un promedio mayor ( $16.3 \pm 8.3$ ), y el menor en Cerro de Tepeixtitla ( $7.6 \pm 4$ ) (Figura 9). La prueba de Kruskal Wallis indica diferencia estadísticamente significativa (Df = 2; KW = 21.66;  $P < 0.0001$ ).

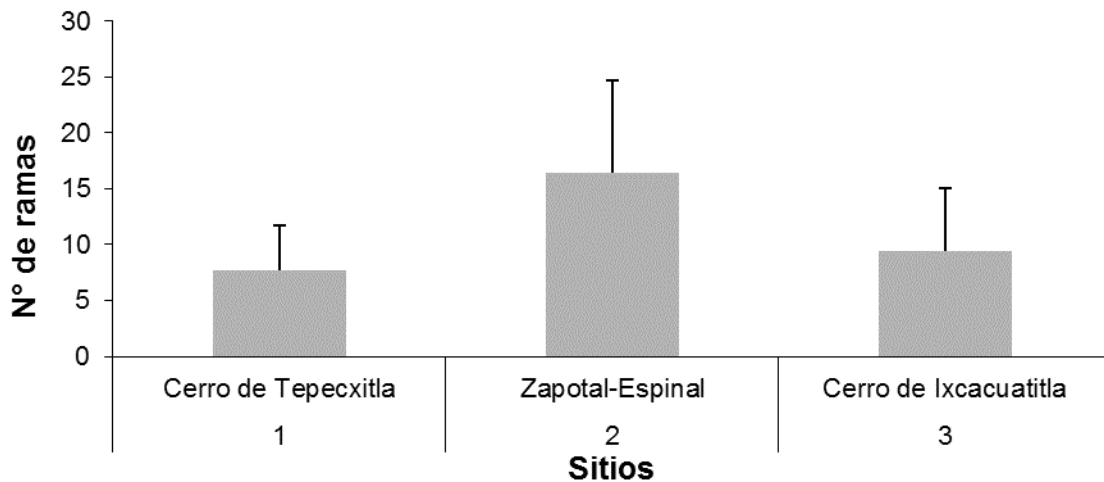


Figura 9. Valores promedio y desviación estándar del número de ramas de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

El número de rosetas por individuo presentó un promedio  $35.3 \pm 8.6$ . A escala de sitios, Zapotal-Espinal presentó un promedio mayor ( $45.6 \pm 22.3$ ), y el menor en Cerro de Ixcacuatitla ( $30.0 \pm 24$ ) (Figura 10). La prueba de Kruskal Wallis indica la presencia de diferencia estadísticamente significativa ( $Df= 2$ ;  $KW = 11.565$ ;  $P = 0.0030$ ).

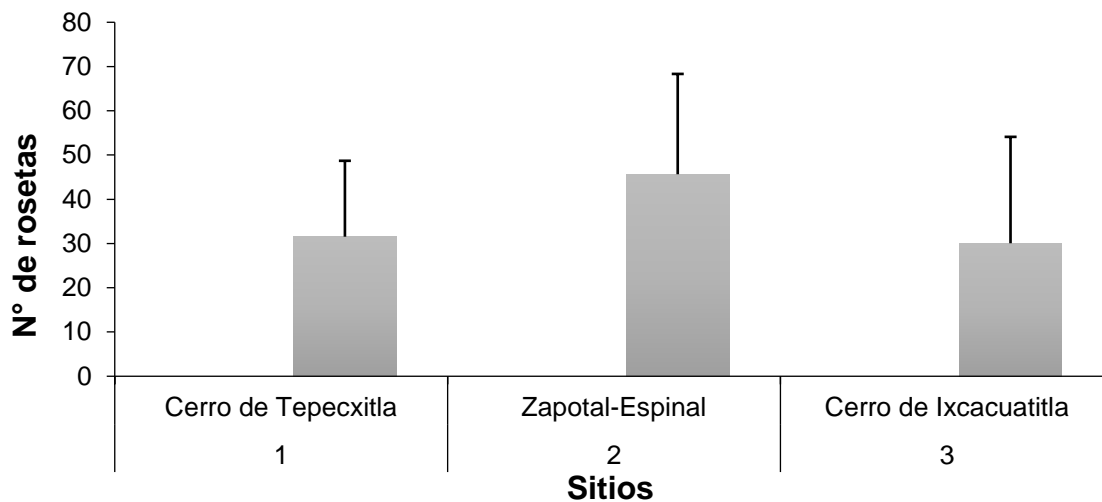


Figura 10. Valores promedio y desviación estándar del número de rosetas de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

La altura de la base al cuello tuvo un promedio de  $2.9 \text{ m} \pm 0.7 \text{ m}$ . A escala de sitios, Zapotal-Espinal presentó un promedio mayor ( $3.8 \text{ m} \pm 1.2$ ), y el menor en Cerro de Ixcacuatitla ( $2.3 \pm 0.9$ ) (Figura 11). La prueba de Kruskal Wallis indica la presencia de diferencia estadísticamente significativa ( $Df= 2$ ;  $KW = 23.967$ ;  $P = 0.0006$ ).

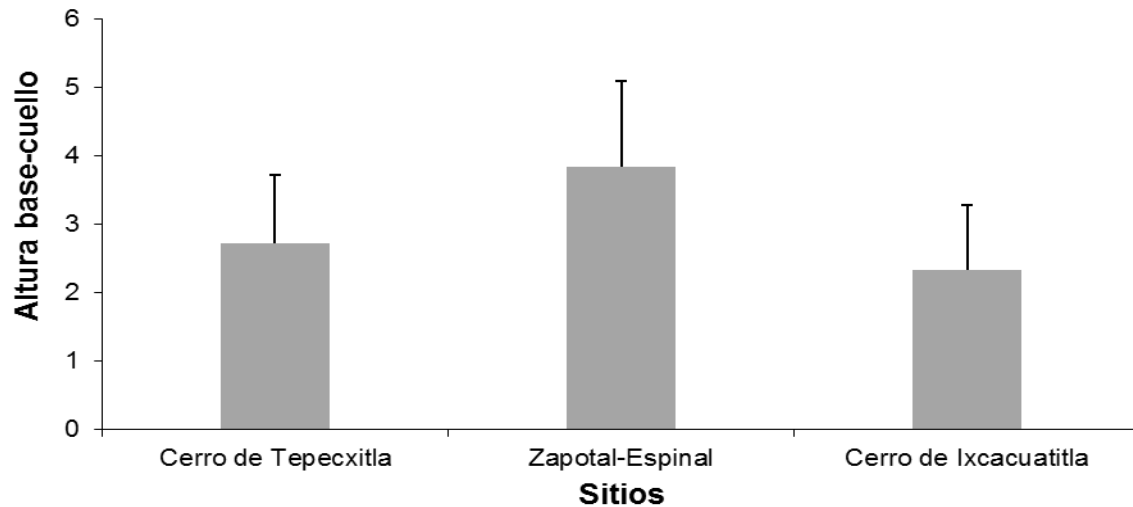


Figura 11. Valores promedio y desviación estándar de altura de la base al cuello de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

El diámetro del cuello tuvo un promedio  $0.63 \text{ m} \pm 0.15 \text{ m}$ . A escala de sitios, Zapotal-Espinal presentó un promedio mayor ( $0.81 \text{ m} \pm 0.28 \text{ m}$ ), y tanto Cerro de Ixcacuatitla como Cerro de Tepexitla presentaron similitud en sus promedios con ( $0.54 \text{ m} \pm 0.23 \text{ m}$ ) (Figura 12). La prueba Kruskal Wallis indica la presencia de diferencia estadísticamente significativa ( $Df = 2$ ;  $KW = 20.563$ ;  $P = 0.0003$ ).

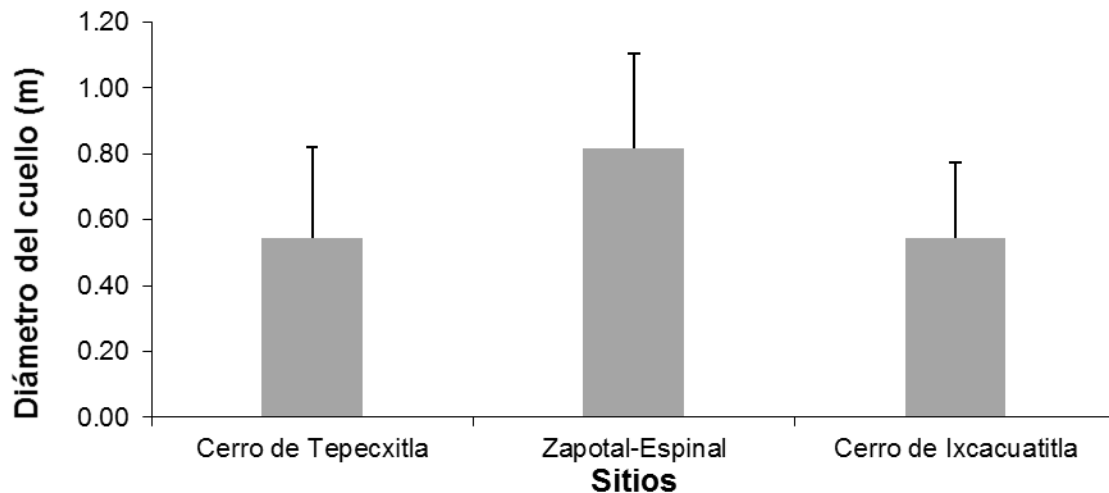


Figura 12. Valores promedio y desviación estándar del diámetro del cuello de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

### 6.2.2 Relaciones alométricas

En el cuadro 3 se presentan los resultados de las relaciones lineales de la población de *B. recurvata* ubicada en Chicontepec. Dado que el valor de  $p$  fue inferior a 0.01 en todos los análisis, existe relación estadísticamente significativa entre variables, es decir, la altura total, el número de ramas y número de rosetas tienden a aumentar conforme lo hace el diámetro de base. En el Cerro de Tepecxitla la dependencia de altura total, número de ramas y número de rosetas entre el diámetro de base se calculó con coeficientes de 32.45, 53.01 y 61.23 respectivamente (Cuadro 2), indicando una relación estadísticamente significativa entre variables (Figura 13).

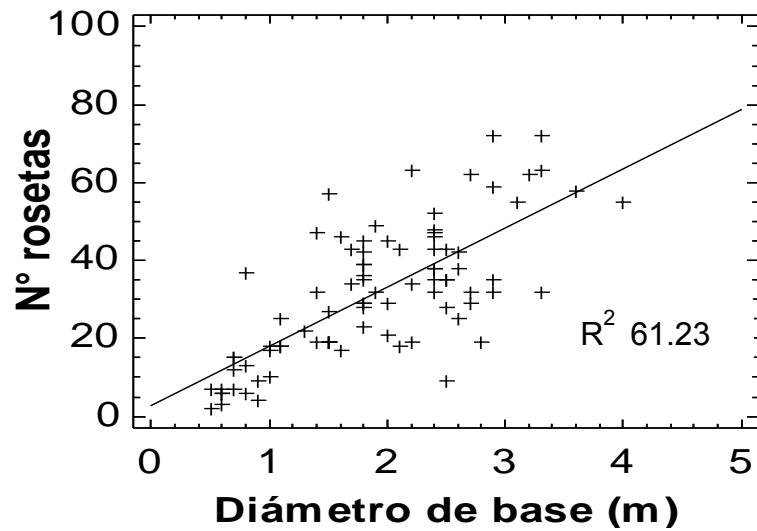
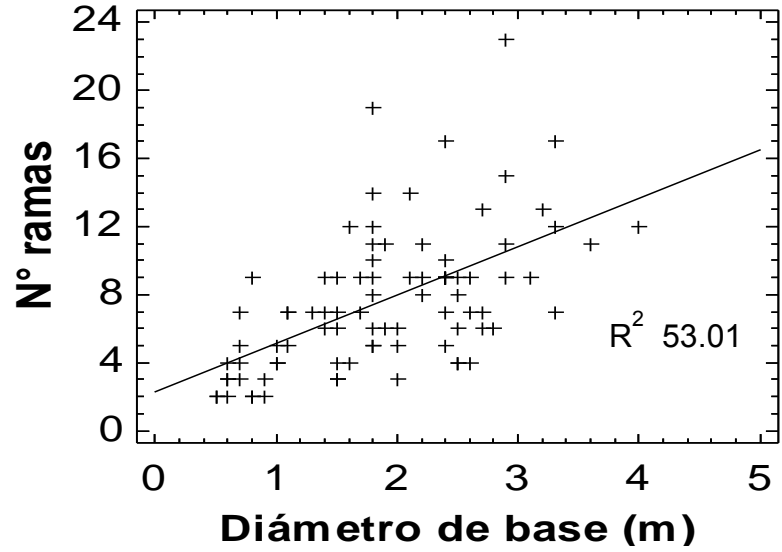
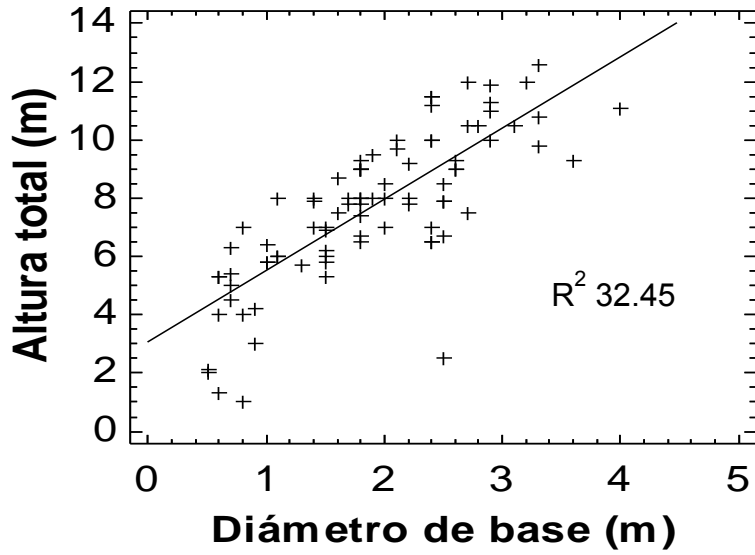


Figura 13. Relaciones alométricas de altura total, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de base de los individuos de *B. recurvata* en el Cerro de Tepeixtla.

Para Zapotal-Espinal la dependencia de altura total, número de ramas y número de rosetas entre el diámetro de base se calculó con coeficientes de 34.07, 50.55 y 47.30 respectivamente (Cuadro 2), indicando relaciones estadísticamente significativas entre variables (Figura 14).

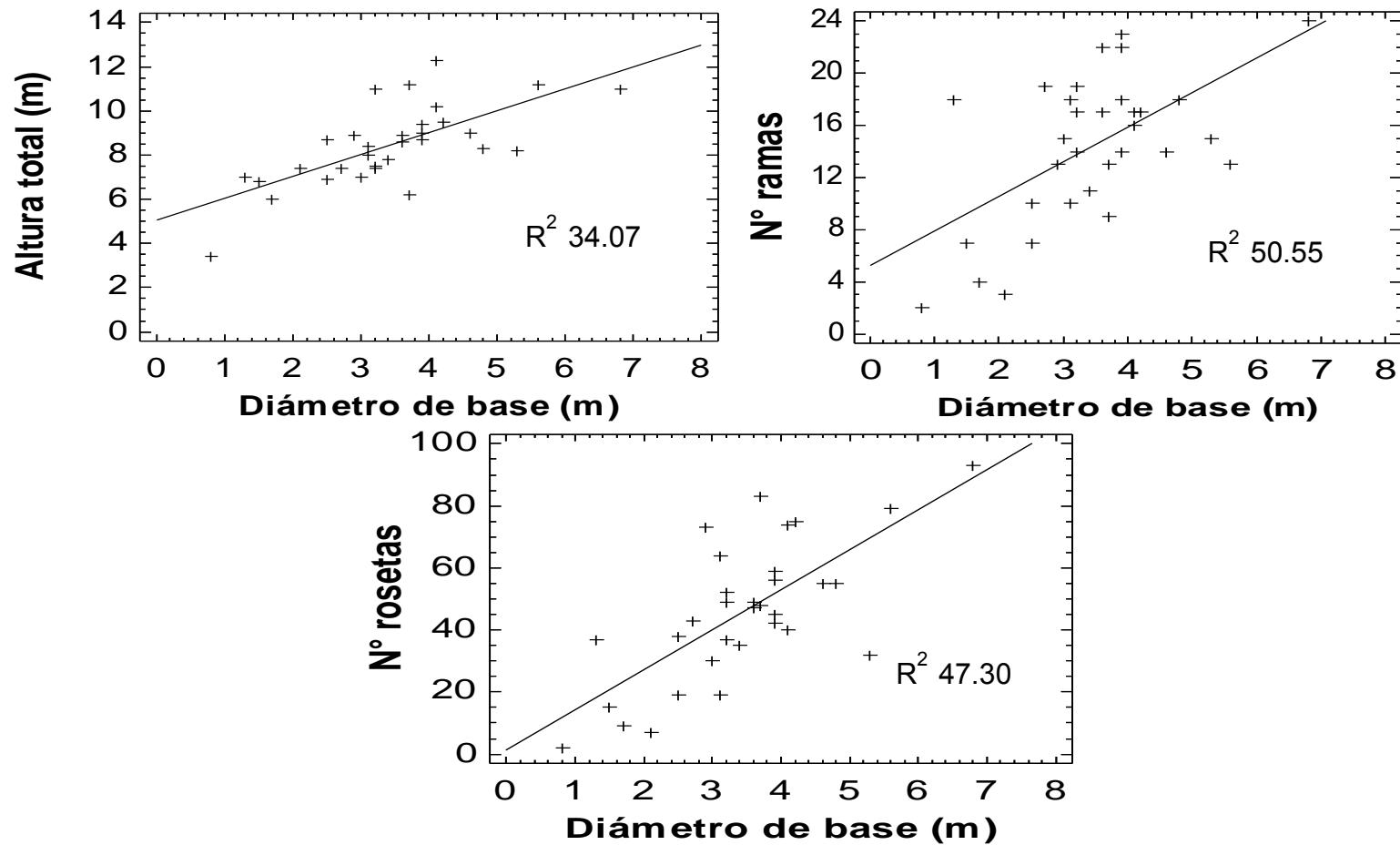


Figura 14. Relación alométricas de altura total, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de base de los individuos de *B. recurvata* en Zapotal-Espinal.



El Cerro de Ixcacuatitla presentó valores más altos en la correlación de sus variables, donde la dependencia de altura total, número de ramas y rosetas entre el diámetro de base tuvo coeficientes de 68.31, 82.69 y 79.81 respectivamente (Cuadro 5), indicando relaciones estadísticamente significativas.

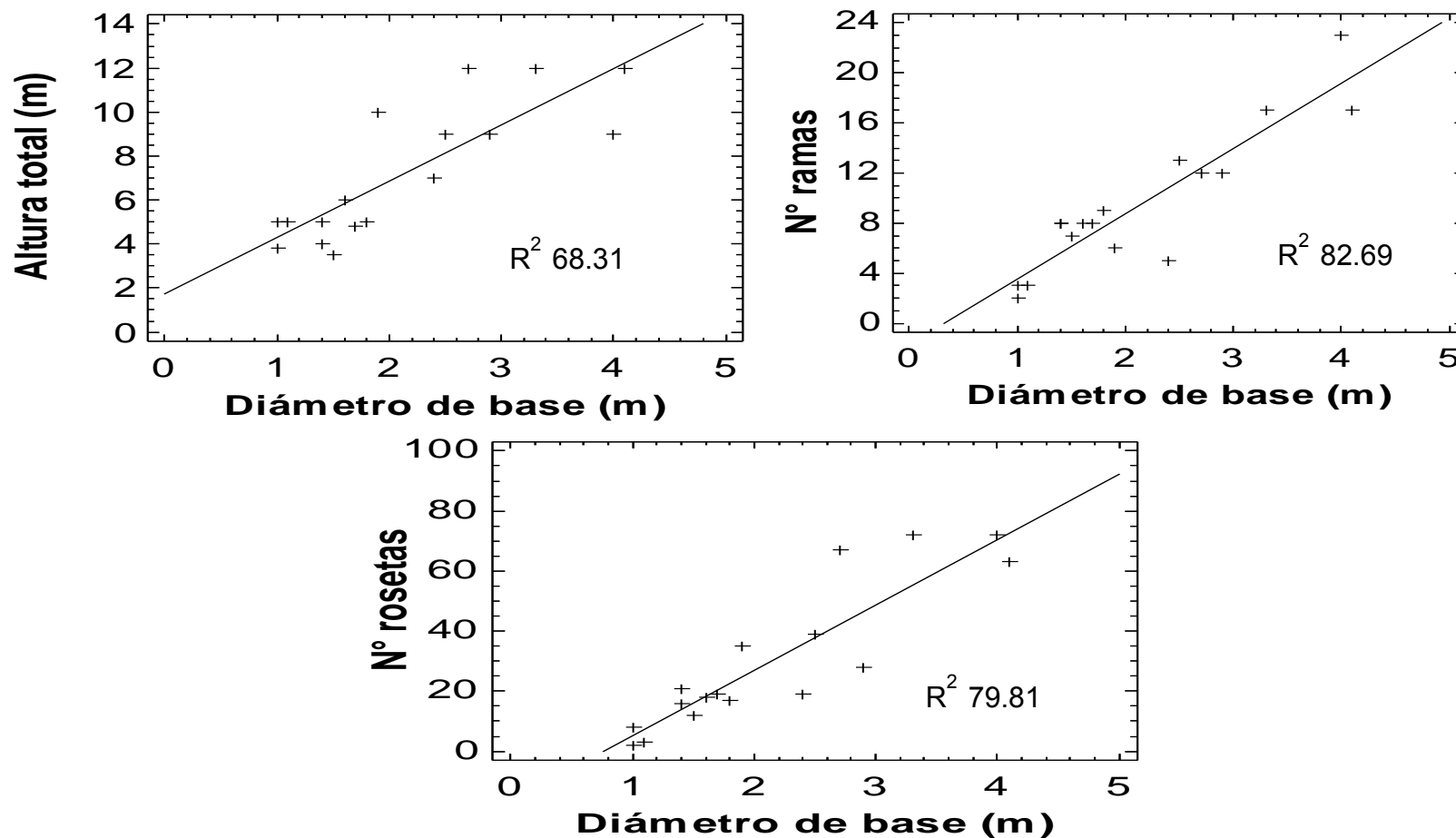


Figura 13. Relaciones alométricas de altura total, número de ramas y número de rosetas con el diámetro de base de los individuos de *B. recurvata* en el Cerro de Ixcacuatitla.

Cuadro 3. Modelos alométricos de las variables vegetativas de *B. recurvata*. At. Altura total; Db. Diámetro de base; Nra. Número de ramas y Nrs. Número de rosetas.

Sitios	Variables	Modelo	Modelo ajustado	F	P	Coefficiente de correlación
Cerro de Tepecxitla	At-Db	Lineal	$Y = 3.0509 + 2.44157$	40.85	<0.01	$R^2 = 32.45$
	Nra-Db	Lineal	$Y = 2.2593 + 2.84594$	95.89	<0.01	$R^2 = 53.01$
	Nrs-Db	Lineal	$Y = 2.7054 + 15.2408$	132.68	<0.01	$R^2 = 61.23$
Zapotál-Espinal	At-Db	Lineal	$Y = 5.04201 + 0.990545$	15.50	<0.01	$R^2 = 34.07$
	Nra-Db	Lineal	$Y = 5.26559 + 2.64332$	30.67	<0.01	$R^2 = 50.55$
	Nrs-Db	Lineal	$Y = 1.3597 + 12.898$	26.04	<0.01	$R^2 = 47.30$
Cerro de Ixcacuatitla	At-Db	Lineal	$Y = 1.7285 + 2.55415$	32.34	<0.01	$R^2 = 68.31$
	Nra-Db	Lineal	$Y = -1.6203 + 5.19408$	71.69	<0.01	$R^2 = 82.69$
	Nrs-Db	Lineal	$Y = -16.4421 + 21.7773$	59.56	<0.01	$R^2 = 79.81$

### 6.2.3. Densidad

La población de *B. recurvata* presentó una densidad muy baja entre sitios con 38.6 ind/ha para el Cerro de Tepecxitla; Zapotal-Espinal mostró una densidad de 14.2 ind/ha y el Cerro de Ixcacuatitla fue el más bajo con una densidad de 7.5 ind/ha.

### 6.2.4. Clases de tallas

Las clases de tallas muestran un desequilibrio en su estructura debido a que está compuesta en su mayoría por individuos adultos (95%). Los tres sitios presentan ausencia de plántulas y solo Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal fueron los únicos con presencia de individuos juveniles con seis y uno respectivamente (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rangos de altura para la población de *B. recurvata* en tres sitios de Chicontepec, Veracruz (Cerro de Tepepxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla).

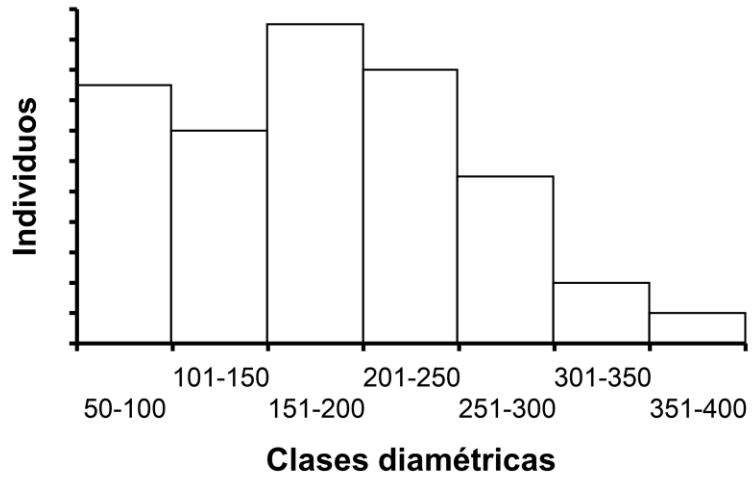
Altura total (m)	Fase de desarrollo	Sitios			Total
		C. Tepepxitla	Zapotal-Espinal	C. Ixcacuatitla	
Menor a 1	Plántula	0	0	0	<b>0</b>
De 1 a 3	Juvenil	6	1	0	<b>7</b>
Mayor a 3	Adulto	<b>81</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>130</b>
		<b>87</b>	<b>33</b>	<b>17</b>	<b>137</b>

### 6.2.5. Clases diamétricas

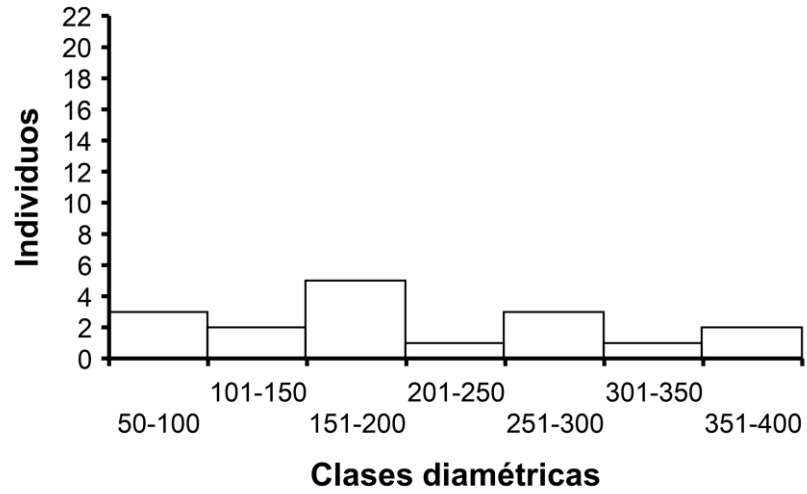
La población de pata de elefante descrita en este trabajo se distribuye en 11 clases diamétricas. Para Cerro de Tepepxitla se describieron 87 individuos distribuidos en siete clases, donde la más representativa fue de 151 a 200 cm con 21 individuos (Figura 17 a). Zapotal-Espinal presentó 33 individuos distribuidos en 11 clases diamétricas, la más representativas fue de 351 a 400cm (10 individuos), seguido de la clase de 301 a 350 cm con cinco ejemplares (Figura 17 b). El Cerro de Ixcacuatitla estuvo representado por 17 individuos distribuidos en siete clases, de éstas la más representativa fue de 151 a 200 cm, seguido de la clase de 50 a 100 cm y de 251 a 300 cm con tres individuos cada una (Figura 17 c).

Como se puede apreciar en los gráficos de la figura 17 en Zapotal-Espinal se registraron los mayores tamaños y esto probablemente esté relacionado con la antigüedad de la población. En cambio, el Cerro de Tepepxitla y Cerro de Ixcacuatitla presentaron similitud en la mayoría de sus individuos bajo la clase diamétrica de 151 a 200 cm, además de presentar ausencia de ejemplares con diámetros mayores.

a) Cerro de Tepecxitla



b) Cerro de Ixcacuatitla



c) Zapotal-Espinal

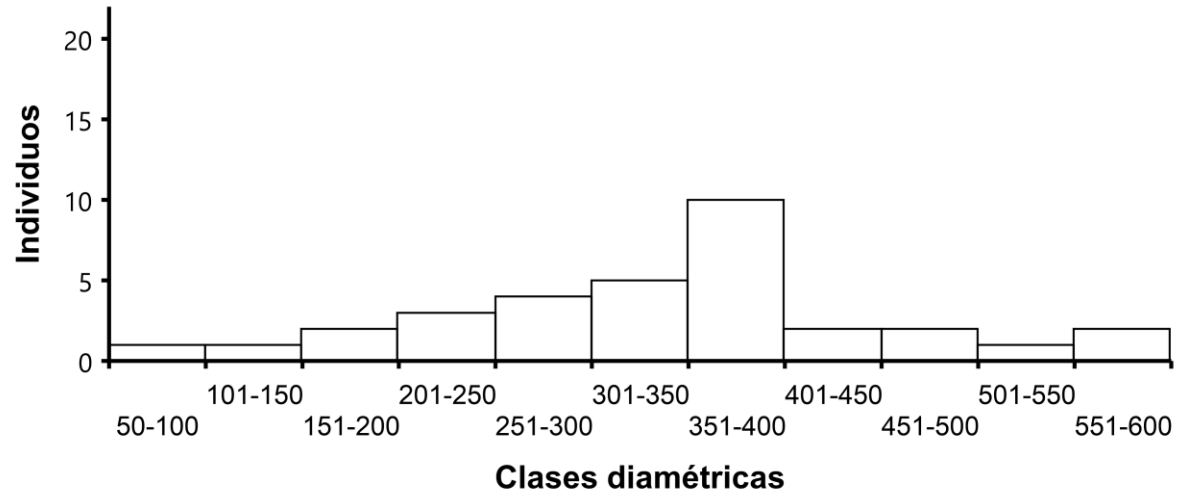


Figura 15. Distribución de clases diamétricas de los individuos de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz. a) Cerro de Tepecxitla, b) Cerro de Ixcacuatitla c) Zapotal-Espinal.

### 6.2.6. Proporción de sexos

La población de *B. recurvata* está dominada por individuos masculinos con el 80% y el 20% para femeninos. A escala de sitios el Cerro de Tepecxitla está representado por 80 masculinos (92 %) y siete femeninos (8 %) con una proporción de 11:1. (Figura 17), Zapotal-Espinal está compuesto por 28 masculinos (88 %) y cuatro femeninos (12 %) con una proporción de 7:1; y el Cerro de Ixcacuatitla presenta 14 masculinos (82 %) y tres femeninos (18 %) con una proporción de 4.6:1. La prueba ANOVA indica la presencia de diferencias estadísticamente significativas (Df= 2; F= 627.85; P= 0.02539).

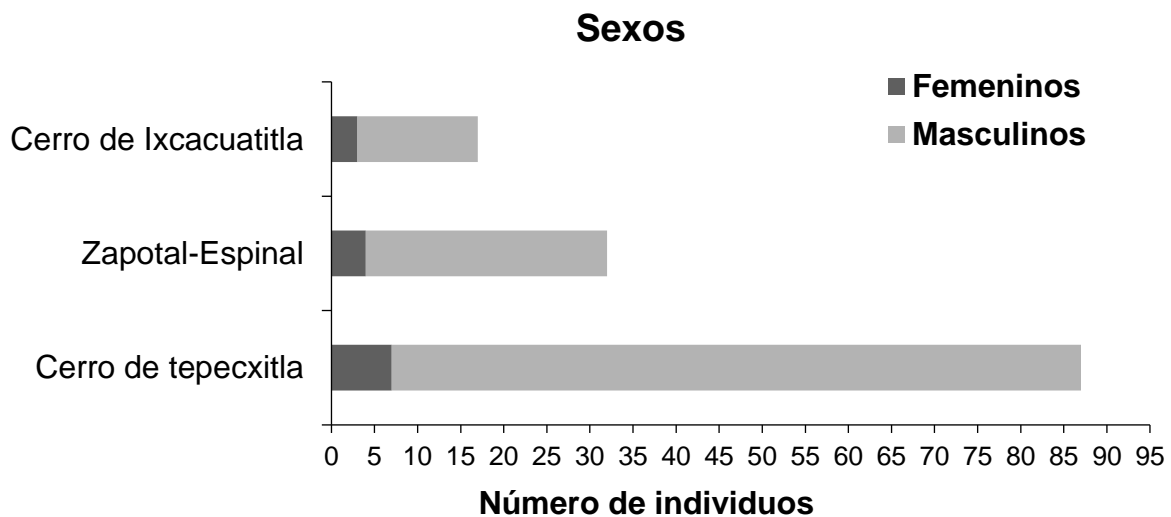
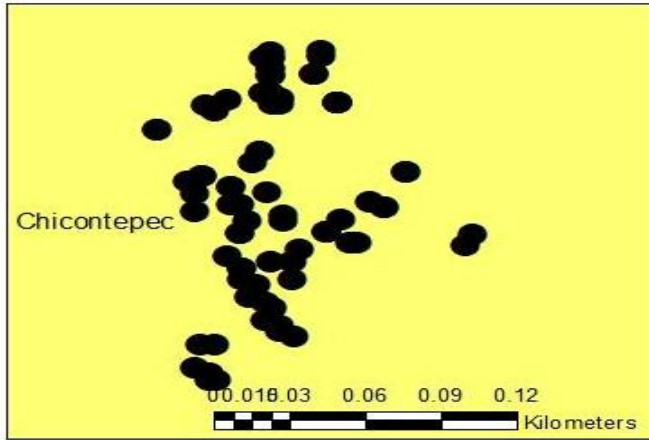


Figura 16. Proporción de sexos de la población de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

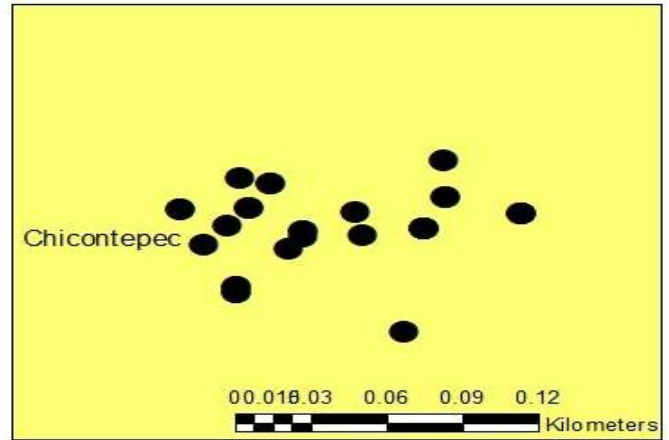
### 6.2.7. Distribución espacial

La distribución espacial de la población de pata de elefante fue al azar en los tres sitios, en Cerro de Tepecxitla el agrupamiento asemeja ser agregado debido al

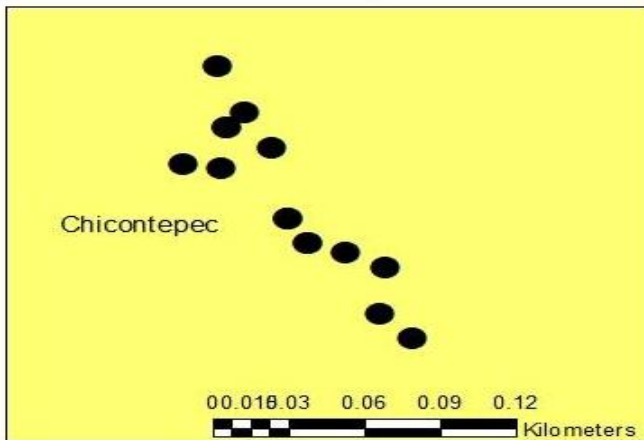
tamaño de área y la cantidad de ejemplares localizados, sin embargo, su distribución es al azar



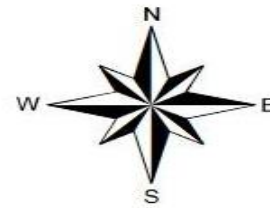
1. Cerro de Tepecxitla



2. Zapotal-Espinal



3. Ixcacuatitla



**Leyenda**

- Chicontepec
- Benito Juárez
- Chicontepec
- Ixcatepec
- Ixhuatlán de Madero
- Tantoyuca
- Tepetzintla
- Álamo Temapache
- Edo. Hidalgo



ITRF92  
Datum: D\_ITRF\_1992

Figura 17. Distribución espacial de las poblaciones de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

### 6.3 Caracterización molecular de la pata de elefante

El análisis molecular mostró que los individuos de *B. recurvata* localizados en los sitios de Chicontepec son la misma especie, ya que las bandas obtenidas de la PCR se ubican a la misma altura de migración para todas las muestras con fracciones entre los 900 y 1000 pares de bases (Figura 21). La muestra tomada de plantas del Cerro de Ixcacuatitla se posicionó ligeramente abajo de las bandas de Zapotal-Espinal y Cerro de Tepecxitla, debido a la cantidad y calidad de ADN cargado, lo que llevó a una observación más tenue hasta los 900 pares de bases (Figura 20).

Al comparar las muestras de Chicontepec, con las de la población de Cerro Gordo en Veracruz y las del Jardín Botánico Francisco Javier Clavijero (INECOL) provenientes de poblaciones de *B. inermis* de San Luis Potosí, se determinó que son la misma especie, debido a que las muestras replicaron las bandas de TrnL-F amplificadas de DNA cloroplástico a la misma altura (Figura 20).

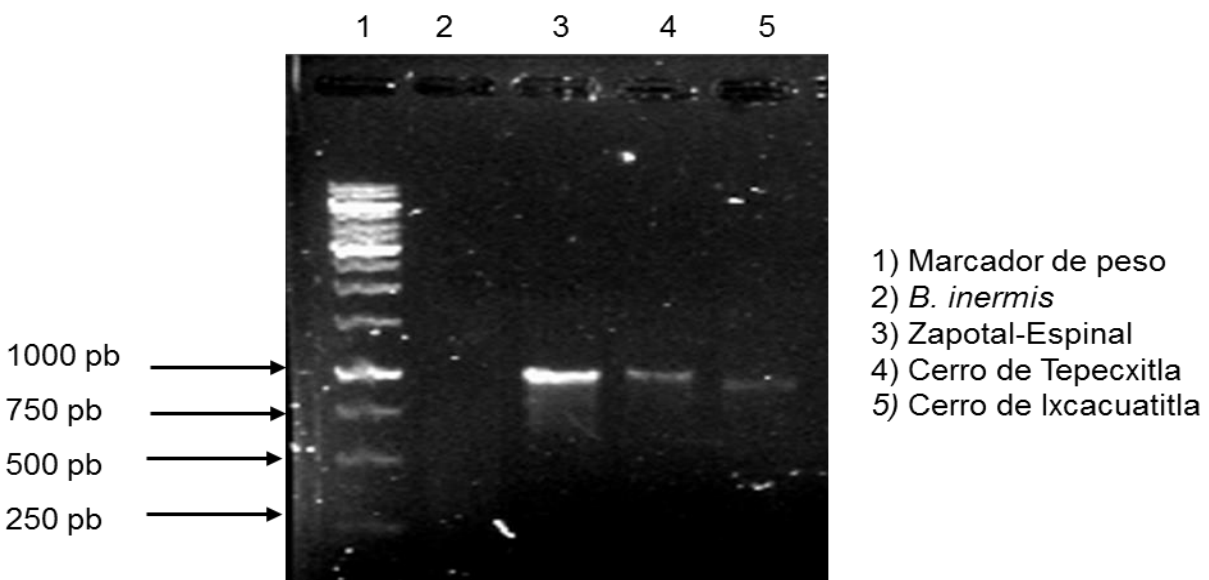


Figura 18. PCR (gen trnL-F) de *B. inermis*, Zapotal-Espinal, Cerro de Tepecxitla y Cerro de Ixcacuatitla.

De acuerdo con las PCR obtenidas se determinó que los individuos de los tres sitios de Chicontepec son parte de la misma población, la cual tuvo sus orígenes en Zapotal-Espinal y debido a la fragmentación a causa de la expansión de la frontera agrícola y ganadera, esta se vio afectada reduciendo su área de distribución a zonas donde no fueron posibles dichas actividades.

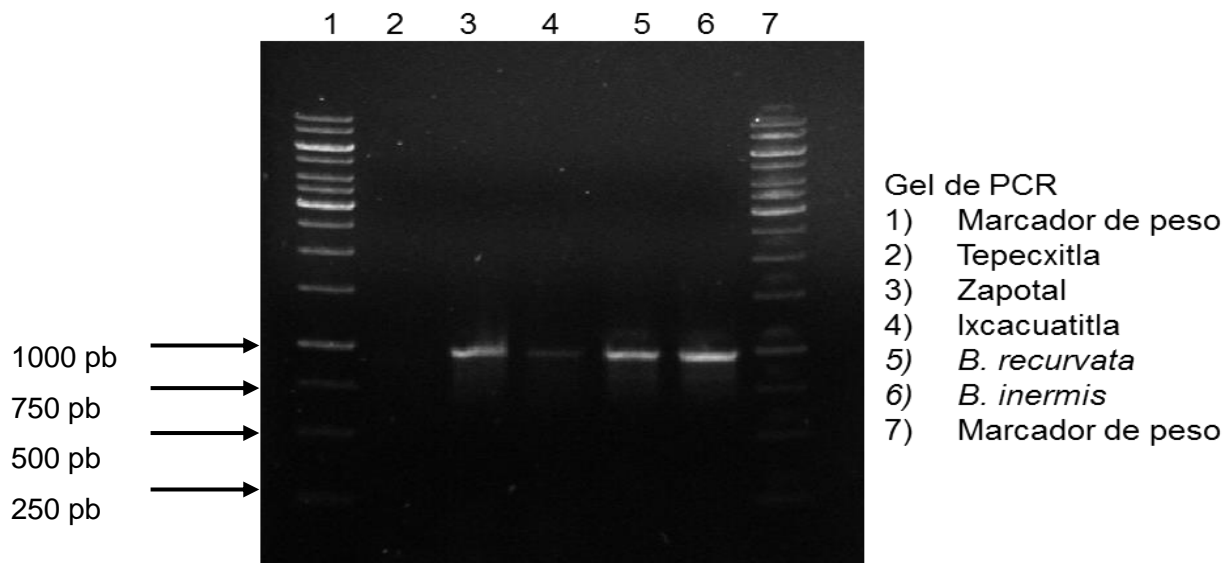


Figura 19. PCR de (gen trnL-F) Tepecxitla, Zapotal, Ixcacuatitla, *B. recurvata* y *B. inermis*.

Al purificar las bandas de la PCR se observó la migración del ADN de Zapotal-Espinal, *B. recurvata* y *B. inermis*, las cuales tuvieron una posición homogénea en la línea de bandas y al compararlas mediante la amplificación del primer trnL-F cloroplástico, se determinó que la especie de *B. inermis* es una sinonimia de *B. recurvata* al contar los fragmentos del mismo número de pares de bases (entre 900 y 1,000 pb) (Figura 22).



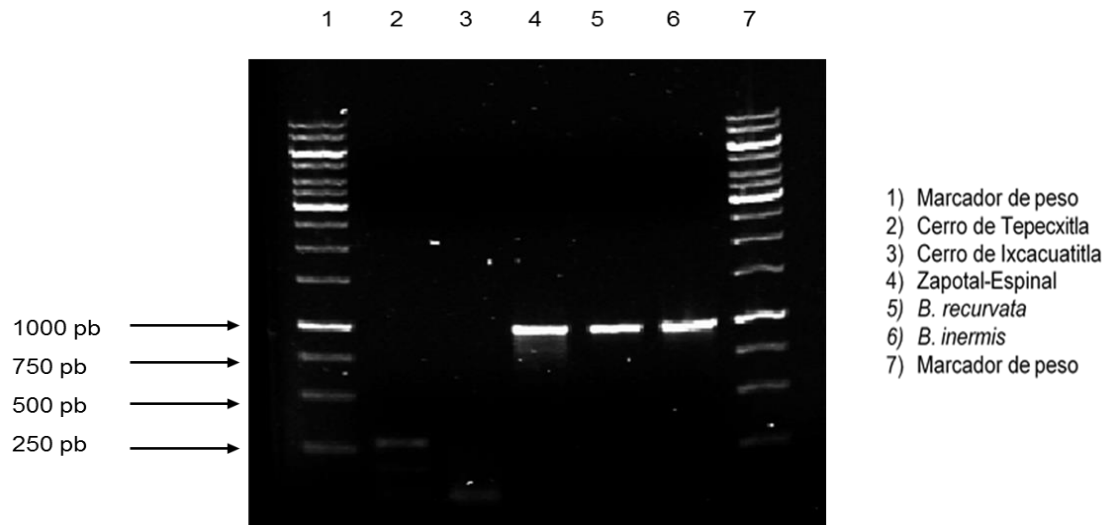


Figura 20. Gel de bandas purificadas de PCR de Zapotal-Espinal, *B. recurvata* y *B. inermis*.

#### 6.4 Fenología

La fenología de *B. recurvata* en Chicontepec inicia con la floración de marzo a junio, fructifica de mayo a diciembre. El número de inflorescencias por individuo presentó un promedio general de 5.9. A escala de sitios, Zapotal-Espinal tuvo un promedio mayor (9.5) y el menor en Cerro de Ixcacuatitla (1.8) (Figura 22 a). Esta especie presenta sincronía en su floración, ya que sus individuos masculinos y femeninos florecen simultáneamente al ser una especie dioica.

La formación de hojas ocurre de marzo a abril y las va cambiando paulatinamente a lo largo de las estaciones del año. La dispersión de semillas es por viento (anemocoria) y ocurre de noviembre a febrero; el número de frutos por inflorescencia es de 1800 a 2000 con una semilla por fruto. No se registró germinación y supervivencia de individuos *in situ*, precedido por la extracción de semillas, herbivoría y la falta de humedad.



Figura 21. Etapas de la fenología de *B. recurvata*, a) Floración, b) Fructificación y c) Formación de la inflorescencia.

## VII. DISCUSIÓN

En esta investigación se describieron tres sitios en el municipio de Chicontepec, al norte de Veracruz, donde se establece *Beaucarnea recurvata* habitando pequeños relictos de selva mediana subperennifolia, donde la complejidad del terreno y su topografía inaccesible han limitado las actividades agropecuarias. La precipitación anual de Chicontepec ha favorecido a que *B. recurvata* comparta espacio con especies de selva mediana, con un estrato arbóreo mayor a 20 metros.

Este trabajo es el primer reporte que indica la presencia de pata de elefante al norte del estado de Veracruz, en una comunidad vegetal diferente, ya que, anteriormente Osorio-Rosales *et al.* (2011); Hernández-Sandoval *et al.* (2012); SEMARNAT (2014); Guillen *et al.* (2015) y Contreras-Hernández *et al.* (2017), reportaron que *B. recurvata* es endémica de Veracruz habitando vegetación de selva baja caducifolia, en la parte centro y sur de la cuenca de los ríos Actopan y la Antigua.

### 7.1. Estructura poblacional

#### 7.1.1. Morfometría

La morfometría de la población presentó valores más altos para Zapotal-Espinal respecto a Cerro de Tepecxitla y Cerro de Ixcacuatitla, donde los parámetros fueron ligeramente homogéneos. Esto quizá se deba a la cercanía que tienen los sitios entre sí y al cambio de uso de suelo que se ha ejercido en la zona, lo que ha fragmentado una gran población a pequeños fragmentos aislados donde aún prosperan los individuos descritos. Otra explicación es que, de acuerdo con el análisis molecular los tres sitios forman parte de una sola población originada en

Zapotal-Espinal y con el paso de los años fue dispersándose por el municipio, dando como resultado tallas similares entre Tepecxitla e Ixcacuatitla debido a la distancia entre sitios.

Las tallas de la población registradas en Chicontepec no corresponden a las reportadas por Hernández-Sandoval *et al.* (2010); Hernández-Sandoval *et al.* (2012); Contreras-Hernández *et al.* (2017), quienes obtuvieron promedios en altura de 9.8 m, de 2 a 3 m de diámetro de base y dos metros en altura de la base al cuello. Mientras que, en el presente trabajo la altura es de 8.4 m, 3.42 m de diámetro de base y 3.8 m en altura de la base al cuello. Estas diferencias se pueden deber a que se encuentran en un tipo de vegetación diferente y, por ende, las condiciones ambientales son otras favorecido su desarrollo. Además, posiblemente la población sea más longeva a las descritas por estos autores lo que trae consigo un mayor desarrollo.

### **7.1.2 Relaciones alométricas**

Los modelos alométricos de la población mostraron una relación estadísticamente significativa con valores de  $p$  inferiores a 0.01, por lo que se puede argumentar que la altura total, el número de ramas y el número de rosetas tienden a aumentar conforme lo hace el diámetro de la base. Este trabajo coincide con los realizados en Veracruz y Chiapas por Hernández-Sandoval *et al.* (2010) y Pérez-Farrera *et al.* (2012), donde la altura total, el número de eventos reproductivos y el número de ramas aumentan conforme lo hace el diámetro de base. Esta similitud se puede deber a que la base de la pata de elefante sirve como almacenamiento de agua y le permite desarrollarse aun en condiciones climáticas desfavorables. Además, al ser

monocotiledónea no debería generar ramas debido al crecimiento sinpódico que presenta, sin embargo, cuando es cortado el meristemo apical la planta empieza a ramificar mediante bifurcación.

A escala de sitios, los Cerros de Tepeixtla e Ixcacuatitla presentaron una dependencia entre altura total y diámetro de base cercana (61.23 y 68.31), sin embargo, esto no se aprecia con el número de ramas y rosetas debido a que son más bajos para Tepeixtla. Estos valores podrían estar en función de las condiciones ambientales de los sitios, aunque son similares en vegetación, altitud y sustrato o quizá podría deberse a la presión que se está ejerciendo sobre los individuos como la tala o poda de ramas. Esto coincide con el trabajo de Pérez-Farrera *et al.* (2012), quienes reportaron alteración en la estructura arbórea de sus poblaciones ocasionado por el corte de ramas para la extracción de semillas. Posiblemente esta actividad está pasando con la población en Chicontepec, ya que mediante la toma de los datos en campo se observaron ramas completas que habían sido cortadas o desgajadas de los individuos.

### **7.1.3 Densidad**

Los trabajos realizados sobre estructura poblacional de este género muestran gran variabilidad en cuanto a su densidad. La población descrita en Chicontepec, Veracruz, mostró una densidad baja al no rebasar los 38.6 ind/ha entre sitios. Contrastando con lo reportado por Hernández-Sandoval *et al.* (2012), quienes describen una densidad de 135 ind/ha de *B. recurvata* en la parte media de las cuencas de los ríos Actopan y la Antigua en Veracruz. Por su parte Contreras-

Hernández *et al.* (2017), reportaron siete poblaciones con densidades muy bajas que no rebasan los 38 ind/ha.

Las poblaciones descritas por los autores antes mencionados están mejor estructuradas al reportar presencia de plántulas y crecimiento de juveniles. Una explicación a estas densidades en las poblaciones fue la fragmentación que presenta el hábitat por la modificación del uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas, reduciéndola a fragmentos no mayores de 3000 m<sup>2</sup>. Otra explicación que propician las densidades bajas de las poblaciones de *B. recurvata* se relaciona con el acceso al sitio, la cercanía con los poblados y carreteras; favoreciendo el saqueo de plántulas, juveniles, así como de semillas reduciendo la germinación y establecimiento de los individuos.

Es importante mencionar que algunas especies de *Beaucarnea* presentan una estructura estable, como lo mencionan Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval (2009), quienes describieron una densidad de 306.66 ind/ha para *Beaucarnea inermis* en San Luis Potosí. La diferencia con este trabajo radica en la presencia de individuos juveniles y adultos haciéndola una población estable en cuanto a su regeneración natural.

Para Chiapas y Oaxaca, Pérez-Farrera *et al.* (2012) describieron densidades altas con 580 y 380 ind/ha para *Beaucarnea goldmanii* y *B. sanctomariana*. Esta diferencia tan marcada en la densidad radica en que su sitio de estudio es un Área Natural Protegida, lo que ha contribuido en la protección y mantenimiento de poblaciones naturales permitiendo el desarrollo de procesos de regeneración.

Además, dentro del ANP se registró germinación y crecimiento de un número importante individuos de *B. goldmanii*.

#### **7.1.4 Clases de tallas**

La población registrada en este trabajo está compuesta por más del 95 % de individuos adultos, por lo que presentan un desequilibrio en sus tallas debido a la ausencia de plántulas e individuos juveniles. Esto coincide con lo reportado en Veracruz por Contreras-Hernández *et al.* (2017), quienes describieron siete poblaciones donde la mayoría de sus individuos se encuentran en etapa adulta, mostrando porcentajes muy bajos de plántulas e individuos juveniles. Los valores reportados en Veracruz, así como los descritos en Chicontepec, pueden estar en función a que presentan cercanía con vías de comunicación a comunidades aledañas, facilitando el saqueo no solo de individuos de estas categorías, así como de la sobrecolecta de semillas; ocasionando bajas tasas de reclutamiento, lo que indica, poca sobrevivencia y establecimiento de plántulas.

Según Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval (2009), la estructura típica de una población de *Beaucarnea* está representada con una mayor cantidad de plántulas, seguido de individuos juveniles y menos adultos. Sin embargo, ninguno de los sitios registrados en este trabajo presentó esta estructura, por lo que se puede argumentar que las poblaciones tienen un desequilibrio en su dinámica poblacional, precedida por el saqueo ilegal y alteración del hábitat.

En ecología se considera a una población en equilibrio a la que mantiene un balance entre la fecundidad y la sobrevivencia (Soberón, 2002). Desafortunadamente los

sitios aquí descritos no cuentan con este balance, al no haber plántulas y un bajo o nulo crecimiento de individuos juveniles que permitan el rejuvenecimiento de la población, se considera que en un futuro puede decrecer drásticamente si el tamaño poblacional se reduce.

Otro punto que pudo haber favorecido a que no se registraran plántulas de *B. recurvata* en Chicontepec, es la herbivoría y plagas por insectos, ya que se observaron hormigas causando marchitamiento de hojas y daños a los frutos reduciendo la viabilidad de la semilla. Esto concuerda con lo reportado por Osorio-Rosales *et al.* (2011), quienes describen que la herbivoría afecta el establecimiento y supervivencia de plántulas, ocasionando que la regeneración natural de poblaciones silvestres tenga tasas de reclutamiento muy bajas.

#### **7.1.5 Clases diamétricas**

El análisis de clases diamétricas muestra que existe una problemática en su regeneración, al mostrar ausencia de individuos de clases diamétricas pequeñas (10, 20, o 30 cm). La mayoría de los individuos se caracterizan por agruparse en clases de 50 a 400 cm por lo que se trata una población adulta. Esto contrasta con lo reportado por Contreras-Hernández *et al.* (2017) en Veracruz, quienes describen tasas de reproducción continua con clases diamétricas de 10 a 90 cm para algunas de sus poblaciones; revelando que los sitios están mejor estructurados. Estas diferencias se pueden deber a que registraron plántulas e individuos juveniles, sin embargo, no se puede argumentar que estas poblaciones tienen una óptima regeneración natural, ya que, el establecimiento de plántulas e individuos juveniles fue muy baja.



Un punto importante que pudo haber afectado tanto al trabajo de Contreras-Hernández *et al.* (2017) como el realizado en Chicontepec, es que los linderos a los sitios son utilizados como terrenos ganaderos. Cardel *et al.* (1997) describen que una de las problemáticas que afectan a las poblaciones de *Beaucarnea* es el pastoreo por cabras o ganado; es probable que los sitios descritos en esta investigación como los presentados en Veracruz, contribuyeran en el cambio de la estructura poblacional mediante el pisoteo, evitando el establecimiento de plántulas y el desarrollo de individuos juveniles.

#### **7.1.6 Proporción de sexos**

La población de *B. recurvata* en Chicontepec está dominada por el 80 % de individuos masculinos y 20% femeninos. Esto difiere a lo reportado por Castillo-Gómez y Hernández-Sandoval (2009), ya que de los 306.66 ind/ha para *Beaucarnea inermis*, el 52 % pertenecen a individuos femeninos y el 48 % son masculinos. Por su parte, Hernández-Sandoval *et al.* (2012) reportaron que de los 135 ind/ha de su población el 51 % fueron femeninos y el 49 % masculinos. Como se puede apreciar, las poblaciones descritas por estos autores están mejor estructuradas al presentar una proporción de sexos de 1:1. Esta disparidad en los sexos puede deberse a que la especie es dioica y de floración sincrónica, es decir los individuos masculinos y femeninos florecen simultáneamente, sin embargo, según Osorio-Rosales *et al.* (2011) presentan alternancia en los eventos reproductivos, es decir, no siempre se reproducen los mismos individuos cada año. Por lo que en las salidas a campo solo se revisó lo que en ese momento estuvo floreciendo tomando en cuenta la presencia o ausencia de frutos.

## 7.2 Análisis molecular

El primer TrnL-F de ADN cloroplástico ha resultado muy eficaz en la identificación de especies, así como en la variabilidad genética entre poblaciones (Jagarlamundi *et al.*, 2011; Linares-Holguín *et al.*, 2016). De acuerdo con el análisis realizado de la pata de elefante, se demostró que los individuos de la población que se encuentran en los tres sitios de Chicontepec son la misma especie, ya que las bandas en el gel de agarosa se posicionaron a la misma altura entre los 900 y 1000 pares de bases.

Según las PCR los tres sitios ubicados en Chicontepec son parte de la misma población, la cual, parece ser que tuvo sus orígenes en Zapotal-Espinal y debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera con el paso del tiempo, el hábitat se fue fragmentado a pequeños remanentes de selva mediana subperennifolia donde aún prosperan numerosos individuos.

Este análisis concuerda con el realizado por Rojas-Piña *et al.* (2014), donde obtuvieron que *Beaucarnea recurvata* presentó bandas con 955 pares de bases a partir del primer TrnL-F. Además, obtuvieron que *B. inermis* es sinonimia que *B. recurvata* al tener los mismos pares de bases. Con esto, se sostiene que ambas especies son la misma como argumenta Rojas-Piña *et al.* (2014). Con los resultados obtenidos sería importante realizar a futuro un análisis molecular para comparar las poblaciones de *B. inermis* que se encuentran en San Luis Potosí con *B. recurvata* de la zona norte de Veracruz y así verificar la cercanía filogenética que hay entre las poblaciones.

Por otro lado, es necesario seguir estudiando la población de *B. recurvata* para describir eficazmente su dinámica y el grado de perturbación al que está siendo

sometida (cambio del suelo, extracción ilegal, etc.). Es importante mencionar que debido a tales actividades la especie de *B. recurvata* se encuentra bajo la categoría de amenazada y protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010.

### XIII. CONCLUSIONES

Este trabajo es el primer esfuerzo por describir la población de *B. recurvata* ubicada en Chicontepec, la cual convierte a esta investigación en un nuevo registro para el norte de Veracruz. Además, se encuentra dentro de pequeños relictos de selva mediana subperennifolia, con sustratos rocosos y pendientes de entre 80 y 90° de inclinación que imposibilitan las actividades agropecuarias.

La población de *B. recurvata* está compuesta por un total de 137 individuos distribuidos en tres sitios, donde Zapotal-Espinal presentó mayores tallas en su morfometría respecto a Cerro de Tepecxitla y Cerro de Ixcacuatitla. Esta población es más antigua que las conocidas en todo el país ya que sus valores morfométricos son de mayores a lo reportado anteriormente.

El análisis alométrico mostró valores de  $P$  inferiores a 0.01 indicando una relación estadísticamente significativa entre variables, es decir, la altura total, el número de ramas y número de rosetas tienden a aumentar conforme lo hace el diámetro de base.

La estructura poblacional reveló una inestabilidad en la dinámica poblacional, debido a la ausencia de germinación de semillas, establecimiento de plántulas y al bajo número de individuos juveniles registrados. Lo que se tradujo en una densidad baja con 38.6 ind/ha, relacionada con la extracción de semillas, plántulas, juveniles, daños por insectos y herbivoría.

Las clases de tallas muestran un desequilibrio en su estructura debido a que está compuesta en su mayoría por individuos adultos (95%). Los tres sitios presentan

ausencia de plántulas y solo el Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal presentaron individuos juveniles con seis y uno respectivamente.

La población de *B. recurvata* indica un desequilibrio en la proporción de sexos, ya que de los 137 ejemplares descritos el 80% son machos y el 20% hembras. Lo que difiere con otros trabajos publicados en Veracruz, al presentar una estabilidad poblacional con proporciones de 1:1, y que lleva a concluir que debido a su asincronía y forma de polinización son necesarios más flores masculinas para cubrir con la polinización total.

De acuerdo con el análisis molecular de *B. recurvata* se puede concluir que los individuos de los tres sitios son parte de la misma población y parece ser que el origen fue en Zapotal-Espinal debido a los tamaños que presentan los individuos. Además, con el análisis realizado sobre la comparación molecular entre *B. recurvata* y *B. inermis*, se resuelve que *B. inermis* es una sinonimia de *B. recurvata*.

La fenología de *B. recurvata* en el municipio de Chicontepec, inicia con la floración de marzo a junio, fructifica de mayo a diciembre, la dispersión de semillas es de noviembre a febrero, la formación de nuevas hojas ocurre de marzo a abril, las cuales va cambiando paulatinamente a través del año.

Se redactó la propuesta de plan de manejo para la población de *B. recurvata* en Chicontepec, debido a los resultados obtenidos en esta investigación. Además, en un acercamiento con autoridades de SEMARNAT se propuso el llenado del formato de plan de manejo, ya que, para el norte de Veracruz no se cuenta con reportes de pata de elefante y, por ende, no hay información sobre su conservación y manejo.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado-López, B. E. 2004. Respuesta del izote pony (*Beaucarnea recurvata* r.) a la propagación *in vitro* utilizando tejido de semilla botánica como explante. Tesis de ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía.
- Cabrera, W. H. y Wallace, R. 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino-amazónico en Bolivia. *Ecología de Bolivia*. 42(2): 121-135.
- Cabrera-Hernández, C., Valdez-Moctezuma, E., Cruz-Maya, M., Zelaya-Molina, L. X., Barrientos-Prieto, A. F. y Reyes-Alemán, J. C. 2017. El trnL-trnF de cpADN contribuye a la separación de los subgéneros *Persea* y *Eriodaphne* (Lauraceae; *Persea*) como géneros independientes. *Agro-Ciencia*. 33(3): 231-240.
- Cardel, Y., Rico-Gray, V., García-Franco, J. y Thien, B. L. 1997. Ecological status of *Beaucarnea gracilis*, an endemic species of the semiarid Tehuacan Valley, Mexico. *Conservation Biology*. 11(2):367-374.
- Cárdenas-López, D., Castaño-Arboleda, N., Sua-Tunjano, S. y Quintero-Barrera, L. 2015. Planes de manejo para la conservación de Abarco, Caoba, Cedro, Palo de rosa y Canelo de los Andaquíes, Bogotá Colombia. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas – SINCHI. Pp 76-101.
- Casal, J. y Mateu, E. 2003. Tipos de muestreo. Universidad Autónoma de Barcelona. *Rev. Epidem.* 1: 3-7.
- Castañeda-Nava, J. J. 2009. Propagación *in vitro* de pata de elefante (*Beaucarnea recurvata* Lemaire (Nolinaceae) por medio de la proliferación de yemas axilares. Tesis de licenciatura. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara.
- Castañeda-Nava, J. J. y Santacruz-Ruvalcaba, F. 2008. Propagación masiva *in vitro* de pata de elefante (*Beaucarnea recurvata* Lemaire, Nolinaceae). Tesis de

licenciatura. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. 23 p.

Castillo-Campos, G. 2003. Biodiversidad de la selva baja caducifolia en un sustrato rocoso de origen volcánico en el centro de Veracruz. México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, México, D.F.

Castillo-Campos, G. y Medina-Abreo, M. E. 2005. Árboles y arbustos de la reserva natural de La Mancha, Veracruz. Manual para la identificación de las especies. Instituto de Ecología, A. C. México. 144 p.

Castillo-Campos, G., Avendaño-Reyes, S. y Medina-Abreo, M. E. 2011. Flora y vegetación. pp 163-179. *En* La biodiversidad de Veracruz estudio de Estado. Cruz-Aragón, A. (ed.). Ed. México Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.

Castillo-Campos, G., Dávila-Aranda, P., Zavala-Hurtado, P. y Alejandro, J. 2007. La selva baja caducifolia en una corriente de lava volcánica en el centro de Veracruz: lista florística de la flora vascular. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 80: 77-104.

Castillo-Gómez, H. A. y Hernández-Sandoval, L. 2009. Estado poblacional de *Beaucarnea inermis* (S. Watson) rose (Nolinaceae), en San Luis Potosí y Tamaulipas. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. 4 p.

CITES. 2015. Evaluación de *Beaucarnea recurvata* bajo los criterios para enmendar. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestres. Vigésimo segunda reunión del Comité de Flora. México. 20 p.

Contreras, A., Osorio, M. L., Equihua, M. y Benítez, B. 2008. Conservación y aprovechamiento de *Beaucarnea recurvata* especie forestal no maderable. Cuadernos de Biodiversidad. 28:3-9.

- Contreras-Hernández, H. A., Osorio-Rosales, M. L., Echavarría-Domínguez, E.U. y Contreras, R. 2017. Estado de conservación de las poblaciones silvestres de la palma monja (*Beaucarnea recurvata*) y su cadena de valor. Instituto de Ecología, A.C. Informe final SNIBCONABIO, proyecto No. NE006. Ciudad de México. 66 p.
- Cruz-Angón, A., González-Díaz, M. E. y Solís-Jerónimo, S. J. 2013. Estrategia para la Conservación y Uso Sustentable de la Biodiversidad. Pp 6-140. *En* Secretaría de desarrollo y medio ambiente. Ed. México Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- De los Santos, R. M. J. 2019. Medidas de gestión para la conservación de la pata de elefante (*Beaucarnea recurvata* Lem.) en una comunidad del municipio de Chicontepec, Veracruz. Tesis de especialidad. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Durán E., Meave, J. A., Lott, E. J. y Segura G. 2006. Structure and tree diversity patterns at the landscape level in a Mexican tropical deciduous forest. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 79:43-60.
- Doyle, J. J. y Doyle, J. L. 1987. A rapid ADN insolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Ohytochem Bull*. 19:11:15.
- Ellis, E. A. y Martínez-Bello, M. 2010. Vegetación y uso de suelo. México. 226 p.
- Ellstrand, N. y Elam, R. 1993. "Population genetic consequences of small population size: Implicaciones for Plant Conservation". *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24: 217-242.
- Espadas-Manrique, C. 2015. El género *Beaucarnea*: "De pata de elefante por Europa". Unidad de Recursos Naturales. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. México. 7: 66–69.
- Felippi, M., Jonas, L. S., Manchado, A. M. y Caron, B. 2013. Fenología y morfología de *Diatenopteryx sorbifolia* Radlk. *Ciencia forestal*. 23(2): 345-353.



- García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopen. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad. México. 98 p
- García, A. M., Terrazas, T., Segura, L. O., Arias, S., Vibrans, H. y López-Mata, L. 2013. Caracterización molecular de tres especies de *Hylocereus* (Cactaceae) presentes en México. *Revista Fitotec.* México. 36 (1): 13-22.
- García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Base de datos climatológicos 1921- 1995. Programa para la clasificación del clima. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.
- García-Mendoza A. y Galván, R. 1995. Riqueza de las Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México.* 56: 7-24.
- Gaviño, G., Juárez, J. C. y Figueroa, J. H. 2007. Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo. Limusa. México. 308 p.
- Golubov, J., Mandujano, C. M., Arizaga, S., Martínez-Palacios, A. y Koleff, P 2007. Inventarios y conservación de Agavaceae y Nolinaceae. En *lo Ancestral hay Futuro: del Tequila, los Mezcales y otros Agaves.* Pp.133-152.
- González-Zaragoza, A. 2005. Producción de Café (*Coffe arabica*) Convencional y Orgánica en la Región de Chicontepepec en el Estado de Veracruz. Saltillo, Coahuila, México. Tesis de ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Veracruz, México.
- Guillen, S., Martínez-Palacios, A., Martínez, H., y Martínez-Avalos, J. G. 2015. Organogénesis y embriogénesis somática de *Beaucarnea inermis* (Asparagaceae), una especie amenazada del noroeste de México. *Botanical Sciences.* 93 (2): 1-10.
- Hernández, L. 1992. Una especie nueva de *Beaucarnea* (Nolinaceae). Guerrero, México. *Acta Botánica Mexicana.* 18:25-29.

- Hernández, L. 2001. Conservación y Manejo de las Especies de *Beaucarnea* (Nolinaceae) en México. Informe técnico final del proyecto. 18 p.
- Hernández, L. 1993. *Beaucarnea* ¿Un género amenazado? *Cactáceas y suculentas mexicanas*. 38 (1): 11-13.
- Hernández-Gómez, I., Ellis, E. A. y Gallo-Gómez, A. 2011. Deforestación y deterioro de las selvas tropicales en la región Uxpanapa, Veracruz. *Conferencia Iberoamericana en Sistemas de Información Geográfica*. 17 p.
- Hernández-Sandoval, L., Martínez, M., Orellana-Lanza, R., Espadas-Manrique, C., Osorio-Rosales, M. L., Contreras-Hernández, A., Pérez-Farrera, M. A., Feliz-Álvarez, A., Castillo-Gómez, H., Ruiz-Castillejos, C. y Hernández-Jiménez, S. 2010. Colecta, caracterización, conservación y uso de las *Beaucarneas*. Universidad Autónoma de Querétaro. Facultad de Ciencias Naturales. Querétaro. 200 p.
- Hernández-Sandoval, L., Martínez, M., Orellana-Lanza, R., Espadas-Manrique, C., Carrillo-Sánchez, L. E., Karla, K., Almanza-Rodríguez, E., Capdevielle-Vargas, M., Herrera-Alamillo, M. A., Osorio-Rosales, M. L., Contreras-Hernández, A. y Pérez-Farrera, M. A. 2012. Colecta de accesiones de patas de elefante (*Beaucarnea* spp.) para conservación de germoplasma en México. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. 109 p.
- Hernández-Sandoval, L., Osorio-Rosales, M. L., Orellana-Lanza, R., Martínez, M., Pérez-Farrera, M. A., Contreras-Hernández, A., Malda-Barrera, G., Espadas-Manrique, C., Almanza-Rodríguez, K. E., Castillo-Gómez, H. A. y Félix, A. 2011. Manejo y conservación de las especies con valor comercial de pata de elefante. Universidad Autónoma de Querétaro. 118 p.
- INEGI, 2015. Instituto Nacional de Estadística geografía e informática. Diccionario de datos de uso del suelo y vegetación. [Actualizado al 30 de marzo del 2016]. <http://www.inegi.org.mx>.

- INEGI, 2015. Uso de suelo y vegetación. [Actualizado al 22 de noviembre de 2016]. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/usosuelo/Default.aspx>.
- Jagarlamundi, S., Rosaiah, G., Kumar, K. R. y Pinnamaneni, R. 2011. Molecular identification of Mango, *Mangifera indica* L.var. totupura Bioinformation. 5: 405-409.
- Kattan, G., Mejía, P.A y Valderrama, C. 2005. Protocolo para la Formulación de Planes de Conservación y Manejo de Especies Focales. CARDER, Fundación EcoAndina. WCS Programa Colombia. Cali. 81p.
- Lascuráin, M., List, R., Barraza, L., Díaz, P., Gual sil, F., Maunder, M., Dorantes, J y Luna, V. E. 2009. Conservación de especies *ex situ*, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México. Pp. 517-544.
- Linares-Holguín, O., Sánchez-Peña, P. y Molina-Freaner, F. 2016. Diversidad genética de la región intergénica (TrnL-F) de cloroplasto en poblaciones de *Pholisma culiacanum* Y. Agrobiencia. 50:799-809.
- López-Gallego, C. 2015. Monitoreo de poblaciones de plantas para conservación: recomendaciones para implementar planes de monitoreo para especies de plantas de interés de conservación. Instituto de investigación de recursos biológicos, Colombia. 59 p.
- Martínez-Castillo, R. 2010. La importancia ambiental ante la problemática actual. Revista Electrónica Educante. 14(1): 97-111.
- Masera, O. R., Ordóñez, M. J. y Dirzo, R. 1997. Carbon emissions from Mexican forests: current situation and long-term scenarios. Climatic Change. 35(3): 265-295.
- Miranda, F. y Hernández-Xolocotzi, E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 28:29-72.

- Mora-Olivo, A. 1993. Evaluación del género *Beaucarnea* (*B. inermis* (Wats.) Rose) en el noreste de México para su conservación y aprovechamiento racional. Informe Final. Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Moreno-Casasola, P. y Paradowska, K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques*. 15(3): 21-44.
- Morigengaowa, L. J. J., Knapp, R., Wei, H. J., Liu, B. D., Yan, Y.H., Shang, H. 2018. La identidad de *Hypolepis robusta*, como un nuevo sinónimo de *Hypolepis alpina* (Dennstaedtiaceae), basada en la morfología y la codificación de ADN y la nueva distribución. *PhytoKeys*. 96: 35–45.
- Morlands, M. C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Área ecología. Universidad Nacional de Catamarca. 16 p.
- Mostacedo, B. y T. Fredericksen. 2000. Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. BOLFOP. Santa Cruz, Bolivia. 87 p.
- Nieto-Serrano, J. O. 2010. Análisis estratigráfico de la secuencia sedimentaria del grupo Chicontepec. Tesis de ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de ingeniería. México.
- Osorio-Antonio, M. I. 2018. Estudio poblacional de *Dioon edule* Lindl (Zamiaceae) en la comunidad de Ixcacuatitla municipio de Chicontepec, Veracruz. Tesis de maestría. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan, Veracruz.
- Osorio-Rosales, M. L. y Mata-Rosas, R. 2005. Micropopagation of Endemic and Endangered Mexican Species of Ponital Palms. *HORTSCIENCE* 40(5):1481-1484.

- Osorio-Rosales, M. L., Contreras-Hernández, A., Equihua-Zamora, M. y Benítez-Badillo, G. 2011. Conservación y aprovechamiento de la palma monja, *Beaucarnea recurvata* (Lemaire), especie forestal no maderable. Instituto de ecología. 46 p.
- Pereyra-Díaz, D., Pérez-Sesma, J. A. A. y Salas-Ortega, M. R. 2010. Hidrología. [Actualizado al 22 de noviembre de 2016]. file:///Downloads/04HIDROLOGIA%20(1).pdf
- Pérez-Cortinez, M. I., Peñaranda-Álvarez. L. F. y Herazo-Garay, M. M. 2010. Impacto, manejo y control de enfermedades causadas por *Phytophthora palmivora* en diferentes cultivos. Facultad de Ciencias Básicas. Universidad de Pamplona, España. 71 p.
- Pérez-Farrera, M. A., Hernández-Sandoval, L., López-Cruz, A., Espinoza-Jiménez, J. A., López, S., Zenteno-Cruz, G. y Gómez-Cruz, H. 2012. Estructura, densidad poblacional y relaciones alométricas de *Beaucarnea goldmanii* Rose y *Beaucarnea sanctomariana* L. Hern. (Asparagaceae) en Chiapas y Oaxaca, México. Lacandonia. 2:7-17.
- Pérez-García E. A. y Meave J. A. 2004. Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern Mexico. Plant Ecology. 175:147-163.
- Prontuario. 2009. Prontuario de información Geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Chicontepec, Veracruz. 30 p.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rentería-Alcántara, M. 2007. Breve revisión de los marcadores moleculares. Las herramientas moleculares. 26 p.

- Reyes-Silva, A. I., Morales-Muñoz, C. F., Pérez-Reyes, M. E., Pérez-Molphe Balch, E. 2013. Propagación in vitro de nolináceas mexicanas. *Investigación y Ciencia*. 21(58): 12-20.
- Robles, B. R. 2009. Las unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre y el Corredor Biológico Mesoamericano México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [Actualizado al 28 de noviembre del 2018]. [http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/DOC/31\\_105.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/DOC/31_105.pdf).
- Rojas-Piña, V., Olson, M. E., Alvarado-Cárdenas, L. O. y Eguiarte, L. E. 2014. Molecular phylogenetics and morphology of *Beaucarnea* (Ruscaceae) as distinct from *Nolina*, and the submersion of *Calibanus* into *Beaucarnea*. *TAXON*. 63 (6): 1193-1211
- Romero-Montero, J. A. y Ellis, E. A. 2016. Selva baja subperennifolia en el sureste de México. *Revista internacional de desarrollo regional sustentable*. 1(2): 48-56.
- Rzedowski J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14:3-21.
- SEMARNAT, 2010. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México fortalece la regulación del comercio internacional de maderas tropicales y de las plantas conocidas como “pata de elefante” [Actualizado al 22 de noviembre de 2016]. <https://www.gob.mx/conabio/prensa/mexico-fortalece-la-regulacion-del-comercio-internacional-de-maderas-tropicales-y-de-las-plantas-conocidas-como-pata-de-elefante>.
- SEMARNAT. 2009. Manejo de Vida Silvestre. Manual técnico para beneficiarios: Manejo de vida silvestre. [Actualizado al 28 de noviembre del 2018]. <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/manejo-de-vida-silvestre.pdf>.
- SEMARNAT. 2013. Monitoreo de la Avifauna de San Andrés de la Cal en el Parque Nacional El Tepozteco. [Actualizado al 14 de marzo de 2019].

[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249360/71EI\\_Tepozteco\\_Aves.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/249360/71EI_Tepozteco_Aves.pdf).

SEMARNAT. 2010. Norma Oficial Mexicana. NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestre. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación (30 de diciembre de 2010). 1-78.

SEMARNAT. 2015. Lineamientos para el otorgamiento de subsidios para proyectos de educación ambiental y capacitación para el desarrollo sustentable. [Actualizado al 16 de octubre del 2018]. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104601/lineamientos\\_subsidios\\_2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/104601/lineamientos_subsidios_2015.pdf).

Sambrook, J. F. y Russell, D. W. ed. 2001. Cold Spring Harbor Laboratory Press., 2100 p.

Soberón, M. J. 2002. Ecología de poblaciones. 3ª ed. La ciencia para todos. Fondo de Cultura Económica. México. 149 p.

Sosa-Jiménez, M. 2013. Estimación de carbono en un proyecto de compensación ambiental por cambio de uso de suelo en Chicontepec, Veracruz. Tesis de especialidad. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.

Sotelo. R. E., Gutiérrez, C. M. C., Cruz, B. G., Ortiz, S. C. A. y Segura, C. M. A. 2008. Historia y desarrollo de la clasificación de vertisoles en el sistema FAO y la taxonomía. Terra Latinoamericana. 26(4): 325-332.

Taberlet, P., Gielly, L., Pautou, G. y Bouvet, J. 1991. Universal primers for amplification of three non-coding regions of chloroplast DNA. PI. Molec. Biol. 17: 1105–1109.

Trejo y Dirzo, R. 2000. Deforestation of seasonally dry tropical forest: a national and local analysis in Mexico. Biological conservation. 94(2): 133-142.

- Vázquez-Torres, M., Campos-Jiménez, J., Armenta-Montero, S., Carvajal-Hernández, C.I., 2010, Árboles de la región de los Tuxtlas: México, Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana, Veracruz. 377 p.
- Villarreal, J. A. y Villaseñor, J. L. 2004. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz. 77 pp.
- Villaseñor, J. L. y Ortiz, E. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores en (División Magnoliophyta) México. Revista Mexicana de Biodiversidad. 85: 134-142.
- Vite-Cristóbal, C. 2013. “Valoración de los paisajes rurales como estrategia para la conservación de la biodiversidad en el ejido Pastoría, Chicontepec, Veracruz, México”. Tesis de especialización. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Yzarra-Tito, W. J. y López-Ríos, F. M. 1998. Manual de observaciones fenológicas. SENAMHI. Perú. 89 p.



## X. ANEXOS

### Anexo 1. Propuesta del plan de manejo para *Beaucarnea recurvata* en Chicontepec, Veracruz

Aspectos biológicos y ecológicos de *B. recurvata* (Lemaire, 1861).

Taxonomía, sinonimia y nombres comunes

Cuadro 5. Clasificación taxonómica de *B. recurvata* (Lemaire, 1861).

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Filo</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Asparagales
<b>Familia</b>	Asparagaceae
<b>Género</b>	<i>Beaucarnea</i>
<b>Especie</b>	<i>B. recurvata</i>



Sinonimia: *Beaucarnea tuberculata*, *Dasyilirion recurvatum*, *Nolina recurvata*, *Pincenectitia tuberculata*.

**Nombres comunes:** en México es conocida como palma monja, pata de elefante, apachite, despeinada, palma petacona, sollate, sotolín, coyolillo, Izote delgado.

**Estado de conservación:** actualmente se encuentra bajo la categoría de amenazada y protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 y dentro de apéndice II del CITES.

### **Descripción morfológica de *B. recurvata***

La pata de elefante es una especie arborescente no maderable, de reproducción dioica (individuos femeninos y masculinos), presenta una altura general de  $7.7 \text{ m} \pm 2.5$  (Figura 1 a). Su base es globosa e irregular, ovada a elipsoide, con un diámetro general de  $2.48 \text{ m} \pm 0.8$ . La corteza es gruesa, lisa, de color gris a café oscuro, presenta formas cuadrangulares, rectangulares y poligonales en su base, sus ramas son largas y quebradizas (Figura 1 b). Las hojas son lineales y recurvadas hacia abajo dispuestas en forma de roseta, generalmente de 100 a 150 cm de largo y de 1 a 2.5 cm de ancho, presentan un color verde-amarillento cuya base de la hoja es de forma triangular (Figura 24 c).

La Inflorescencia es ovoide de 60-100 cm de largo de color amarillo, el tallo de la inflorescencia (raquis) es de 80 a 120 cm de largo y de 1 a 2.5 cm de diámetro; las brácteas del pedúnculo y de las ramas son de forma triangular; en la parte superior las ramas son de 4 a 8 cm de largo con un promedio de 16 a 24 nodos florales (Figura 24 d). Las flores femeninas: generalmente de 2-4 por nodo, pedicelo de 2-5 mm de largo, de color blanco con una tonalidad amarillenta; el lóbulo estigmático es ligeramente lanceolado. Las flores masculinas son de 2-3 por nodo con un pedicelo de 2 mm de largo, presentan un color blanco y una tonalidad amarillenta, su perianto

es ovado de 2-2.5 mm de largo. El fruto es elipsoide de 10 a 12 mm de largo y de 7 a 9 mm de ancho, de color amarillo-pálido con un ligero color rojizo en la parte central; tiene una muesca apical de 1 a 2 mm de largo (Figura 24 f y g), y cada inflorescencia tiene un promedio de 1800 a 2,000 frutos. La semilla es elipsoide de 3 a 4 mm de largo y de 3 mm de ancho, su testa es lisa de color café con un ligero tono brillante.



Figura 22. Morfología de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz: a) individuo adulto, b) corteza, c) hojas dispuestas en roseta, d) inflorescencias, e) estructura de la infrutescencia, f) y g) frutos, y h) semillas.

### **Distribución y hábitat del género *Beaucarnea***

El género *Beaucarnea* se distribuye desde México hasta Centroamérica (García-Mendoza y Galván 1995; Hernández, 2001; Osorio-Rosales *et al.*, 2010). En México Osorio-Rosales y Mata-Rosas (2005), mencionan que se distribuye en los estados de Chiapas, Guerrero, Campeche, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Querétaro, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Actualmente se han registrado 11 (Cuadro 7) especies de las cuales ocho son endémicas del país distribuyéndose en zonas semiáridas y de selva baja caducifolia al norte, sur y sureste de México, entre los 350 y 420 msnm (Hernández, 1992, 1993; Contreras *et al.*, 2008; Castañeda-Nava y Santacruz-Ruvalcaba, 2008; Osorio-Rosales *et al.*, 2011 y Pérez-Farrera *et al.*, 2012).

Algunos autores como Miranda y Hernández-Xolocotzi (1963); Cardel *et al.* (1997); Contreras *et al.* (2008); Castañeda-Nava (2009); Moreno-Casasola y Paradowska (2009); SEMARNAT (2014) y Guillen *et al.* (2015); describen que para Veracruz y Oaxaca se encuentra registrada *B. recurvata* como especie endémica, habitando de forma silvestre en suelos rocosos carentes de nutrientes, en acantilados o montañas con pendientes muy pronunciadas. En el caso particular de Chicontepepec, Veracruz, las poblaciones que se describieron en este trabajo son el primer reporte que indica la presencia de *B. recurvata* al norte del estado, además de que se encuentra en un ecosistema diferente (selva mediana subperennifolia) al reportado en Veracruz por Osorio-Rosales *et al.* (2011) y Hernández-Sandoval *et al.* (2012), quienes la ubican dentro del ecosistema de selva baja caducifolia.

El área de distribución de *B. recurvata* en Chicontepec presenta clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura ambiental que osciló entre los 26° y 32° C. El suelo donde se desarrolla es de tipo franco arenoso con el 79.0 % de arena, 7% de arcilla y el 13.9% de limo (Osorio, 2018).

Cuadro 6. Distribución y estado de conservación de las especies del género *Beaucarnea* en México y Centroamérica.

<b>Especie</b>	<b>Categoría NOM-059-SEMARNAT-2010</b>	<b>Distribución</b>
<i>B. compacta</i> L. Hern. y Zamudio		Guanajuato
<i>B. goldmanii</i> Rose	Amenazada	Guatemala
<i>B. gracilis</i> Lem.	Amenazada	Oaxaca y Puebla
<i>B. guatemalensis</i> Rose		Guatemala
<i>B. hiriartiae</i> L. Hernández	Seramente Amenazada	Guerrero
<i>B. inermis</i> (S. Watson) Rose	Seramente amenazada	S.L.P y Tamaulipas
<i>B. Pliabilis</i> Baker (Rose)	Amenazada	Yucatán y Quintana Roo
<i>B. pupusii</i> Rose	En peligro de extinción	Oaxaca y Puebla
<i>B. recurvata</i> Lem.	Seramente Amenazada	Oaxaca y Veracruz
<i>B. sanctomariana</i> L. Hernández	Seramente amenazada	Oaxaca
<i>B. stricta</i> Lem.	Amenazada	Oaxaca y Puebla

Fuente: Tomado de Osorio-Rosales *et al.* (2011), Conservación y aprovechamiento de la palma monja, *Beaucarnea recurvata* (Lemaire), especie forestal no maderable.

### **Usos e importancia de *Beaucarnea recurvata***

La pata de elefante juega un rol muy importante dentro de su ecosistema, debido a que brinda diferentes servicios ambientales como: la fijación del suelo, son hábitat de diferentes especies de fauna, regulan los gases de efecto invernadero y liberan O<sub>2</sub>, captan y filtran el agua para la recuperación de los mantos freáticos, regulan el clima y sirven como belleza escénica, entre otros.

Sin duda la importancia más notable de *Beaucarnea recurvata* es la ornamental y por su alta demanda de semillas, plántulas juveniles y adultas, se ha convertido en una de las especies ornamentales mejor pagadas dentro de los mercados nacionales e internacionales (Contreras *et al.*, 2008; Hernández-Sandoval *et al.*, 2012 y Pérez-Farrera *et al.*, 2012). La Convención sobre el comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestre CITES (2015), menciona que en mercados nacionales se ofertan ejemplares de 100 cm a un precio de \$ 350 pesos; mientras que en el mercado internacional los individuos menores a 200 cm tienen un precio de \$ 1,390 dólares y mayores a 200 cm tienen un precio de \$ 7,276.5 dólares. Algunos autores como: Contreras *et al.* (2008) y SEMARNAT (2014), describen que debido a su demanda se ha incrementado su venta ilegal, provocando que este comercio se salga de control de las instituciones encargadas de su manejo (UMA).

En algunas regiones de México las hojas e inflorescencias de los ejemplares de pata de elefante son utilizadas para hacer adornos ceremoniales, además se tejen cestos de diferentes usos domésticos. En zonas áridas los tallos son consumidos por las personas ya que son suculentos y carnosos (Castañeda-Nava, 2009).

## **Objetivos, metas a corto, mediano y largo plazo e indicadores de éxito**

### **Objetivo general**

Conservación y manejo de la población silvestre de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

### **Particulares**

- Desarrollar una estrategia de educación y capacitación ambiental sobre la conservación de *B. recurvata* registrada en los fragmentos de selva mediana subperennifolia de Chicontepec, Veracruz.
- Desarrollar una estrategia para la conservación del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata*.
- Asegurar la conservación de la variabilidad genética de *B. recurvata*, a través de la reproducción de la especie en vivero.
- Mejorar el sistema de control y vigilancia sobre la extracción ilegal de semillas, plántulas e individuos juveniles de pata de elefante, provenientes de los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, con el fin de conservar el banco de germoplasma que ahí se encuentra.
- Repoblar a mediano y largo plazo los sitios de Carro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, con plantas obtenidas de la reproducción en vivero.

### **Metas**

#### **Corto plazo (1.5 años):**

1. Crear un programa de educación y capacitación ambiental dirigido a los pobladores de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, con el fin de destacar la importancia ecológica y económica que tiene *B. recurvata*.
2. Implementar un programa de conservación *ex situ* para *B. recurvata* en Ixcacuatitla, mediante la reproducción de la especie en vivero, lo que facilitará a mediano y largo plazo repoblar los sitios que han estado sujetos a extracción ilegal.
3. Establecimiento de un comité de vigilancia para la erradicación del saqueo de semillas y ejemplares de los sitios de Chicontepec.

**Mediano plazo (3.5 años):**

4. Realizar la repoblación de *B. recurvata* en los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, a partir de las plantas obtenidas del cultivo en vivero.
5. Obtener incentivos económicos a partir de la venta de un porcentaje de plantas obtenidas de la reproducción en el vivero.

**Largo plazo (5 años):**

6. Lograr el mantenimiento del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata* mediante el establecimiento de una Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA).
7. Continuar con la repoblación de *B. recurvata* en los sitios durante un periodo de cinco años, realizando una distribución homogénea de las plantas en la superficie de los cerros.



8. Mejorar las condiciones de vida de los pobladores a través de la generación de empleos temporales sobre el cuidado y mantenimiento del vivero.

### **Indicadores de éxito**

#### **De orden ecológico:**

- Realizar la recolecta de germoplasma (semillas) para la reproducción en vivero, tomando en cuenta a los individuos que presenten más de ocho inflorescencias y así no afectar su estructura natural.
- Obtener 4,000 plántulas de pata de elefante para repoblar los sitios que componen la población en Chicontepec, Veracruz.
- Realizar la repoblación de los sitios con 3,000 plantas obtenidas en la reproducción en vivero.
- Determinar el porcentaje de plántulas que sobrevivirán (10%) en condiciones naturales a los tres meses.
- Realizar un calendario para la prevención de plagas y enfermedades y así lograr una estabilidad poblacional de *B. recurvata* en el ecosistema de selva mediana subperennifolia.
- Formar el comité de vigilancia ambiental por medio de la PROFEPA para el cuidado de la población de *B. recurvata*.
- Generar un cronograma describiendo las actividades del comité de vigilancia ambiental.

#### **De orden económico:**

- Instalación del vivero de 4 x 3 metros para la reproducción de *B. recurvata* en Ixcacuatitla, con fines de repoblación.
- Generar dos empleos permanentes en el cuidado y mantenimiento del vivero que se establecerá en Ixcacuatitla.
- Generar una derrama económica a partir del aprovechamiento del 20% de los ejemplares de *B. recurvata* obtenidos del trabajo en vivero.
- Validación del establecimiento del comité de vigilancia que establecerá PROFEPA.
- Obtener el pago de empleos temporales para el comité de vigilancia que otorga PROFEPA (\$15,834.00 anuales).

**De orden social:**

- Definir al administrador del proyecto.
- Definir al encargado y a los dos responsables del mantenimiento del vivero (personas locales).
- Realizar seis talleres anuales (cada dos meses) de capacitación y sensibilización sobre la importancia, manejo y aprovechamiento de la pata de elefante.
- Programar tres actividades anuales (extracción de germoplasma, siembra y trasplante) para el mantenimiento del vivero con los diferentes niveles académicos (primaria, secundaria y telebachillerato).

## Descripción física y biológica del área y su infraestructura

### Características de los sitios

La población de *B. recurvata* registrada en Chicontepec se distribuye en tres localidades: Cerro de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, cuya altura oscila entre los 220 y 520 msnm. El área de los sitios es de propiedad federal y cuenta con un rango de 5.7 ha y 67.5 ha, presentan suelos rocosos con pendientes pronunciadas entre 80° y 90° de inclinación que limitan las actividades agropecuarias. Su vegetación corresponde a selva mediana subperennifolia con un estrato arbóreo que oscila entre 15 y 25 m de altura.

**Suelo:** El suelo característico del municipio de Chicontepec es de tipo Vertisol, Franco arenoso, Regosol y Phaeozem. Actualmente el 65% del territorio municipal es dedicado a la ganadería, 25% a la agricultura, 5% es superficie forestal y un 5% destinado a la población rural, urbana, carreteras y cerros según Sotelo *et al.* (2008); Sosa-Jiménez (2013); INEGI (2015); Osorio (2018). Las actividades que se realizan en los predios colindantes a los sitios de muestreo son agrícolas y ganaderas.

**Clima:** El clima es de tipo Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano presenta temperaturas anuales mínimas con 17.7 °C y máximas de 26.8 °C., su precipitación anual es de 1400 a 1600 mm con una humedad relativa del 90%, el periodo de lluvias es de marzo a junio y de secas de julio a febrero (García, 1988; García, 2004; INEGI, 2015).

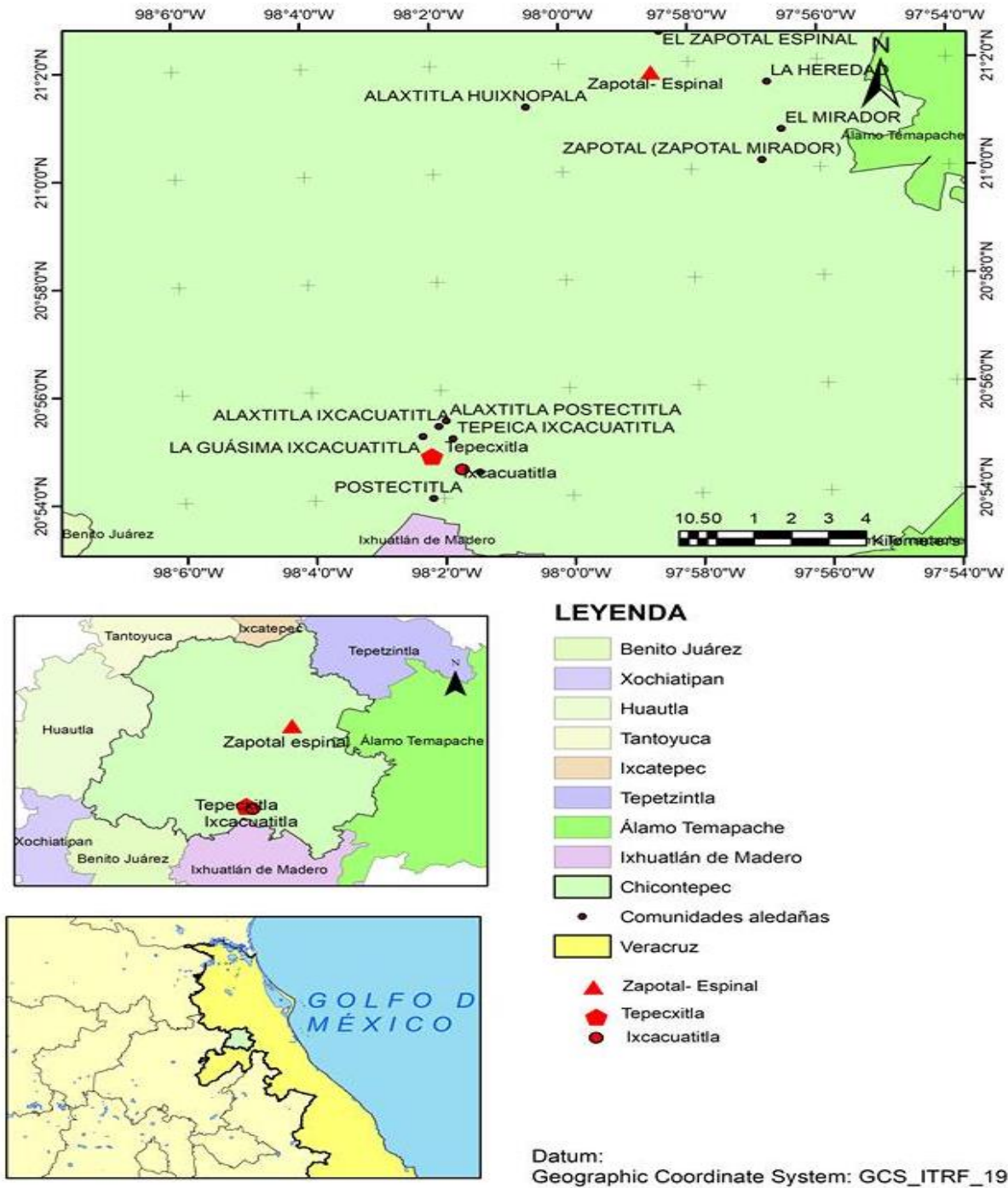


Figura 23. Localización de los sitios que conforman la población de *B. recurvata* en Chicontepec.

## 7.5.2 Infraestructura

### **Población más cercana (nombre y distancia aproximada en kilómetros).**

El sitio donde se establecerá el vivero corresponde a la comunidad de Ixcacuatitla, la cual se ubica a 30 kilómetros de la cabecera municipal de Chicontepec, Veracruz. Las comunidades aledañas a Ixcacuatitla son: Tepecxitla ubicada a 9.6 kilómetros al suroeste y Postectitla a 3.5 kilómetros al sur de Ixcacuatitla. El municipio más cercano a Ixcacuatitla es Tlacolula y se ubica a 29.9 km.

### **Vías de acceso a Ixcacuatitla, Chicontepec**

El recorrido en automóvil para llegar de Tuxpan a la comunidad de Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz, es de 107.1 kilómetros con un tiempo estimado de 2:30 a 3 horas. Pasando por Temapache, Potrero del Llano, Tierra blanca, entre otras comunidades. La carretera esta asfaltada de Tuxpan a San Fernando facilitando el trayecto, sin embargo, de San Fernando a Ixcacuatitla son 19.1 kilómetros de terracería, por ello se recomienda utilizar una camioneta para facilitar el traslado al sitio. Para llegar de Tuxpan a Ixcacuatitla existe un autobús de la línea Álamo que te deja en la terminal de Álamo Temapache, posteriormente se transborda a otro de la misma línea a San Fernando y donde se encuentra un sitio de taxis a la comunidad de Ixcacuatitla.

De Poza Rica a Ixcacuatitla el recorrido es de 101.4 kilómetros, con un tiempo estimado de viaje de 2 h 30 minutos. Pasando por Totolapa, Tihuatlan, Estero el Ídolo, Álamo, San Fernando e Ixcacuatitla. La carretera de Poza rica a San Fernando esta asfaltada y su recorrido en transporte público es similar al tomar un autobús de la línea Álamo al municipio de Álamo Temapache y posteriormente

tomas otro a San Fernando, para concluir tomando un taxi que te lleva a Ixcacuatitla, Chicontepec.

De Tepetzintla a Ixcacuatitla es un trayecto de 46.5 kilómetros, con un tiempo estimado de 1 h 7 minutos. Pasando por Francia Nueva, Tlacolula, El Paso, El Mirador, Tecerca, Xococatl y Tepecxitla. La carretera de Tepetzintla a Tlacolula esta asfaltada y su recorrido es sencillo, sin embargo, de Tlacolula a Ixcacuatitla recorres 29.9 km de terracería. Para llegar a Ixcacuatitla existen taxis que salen de Tepetzintla a Tlacolula y de Tlacolula a Ixcacuatitla existen taxis y camionetas para transporte público.

### **Construcciones e instalaciones**

El primer paso para seguir con la reforestación de *B. recurvata* se inicia con la construcción de un vivero de 4 x 3 m para la reproducción y cuidado de la semilla que se extraerá de los bancos de germoplasma ubicados al sur del municipio (Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla) (Figura 25). Se establecerá un área para composteo o preparación del sustrato en el mismo sitio. Se cuenta con el apoyo de la Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan para realizar monitoreo y apoyo logístico durante el establecimiento de las instalaciones y en la revisión del material durante su crecimiento.



Figura 24. Vivero para el manejo de semilla de *B. recurvata*

**Recursos con los que cuenta el plan de manejo (personal, servicios y equipos para realizar las actividades de manejo).**

**Personal:** se considera a los responsables del área donde se encuentran los bancos de germoplasma, el subagente municipal Justo Cruz Martínez de Zapotal-Espinal. Hay un responsable técnico para la implementación del plan de manejo, la Dra. Consuelo Domínguez Barradas, además se cuenta con la ayuda del Sr. Miguel Osorio Cruz y el Sr. Eulogio García quienes fungen como guías de campo de Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, respectivamente.

**Servicios:** cuenta con servicios de red de agua y alcantarillado, luz eléctrica, telefonía celular, internet prepago.

**Equipo:** Computadora portátil (laptop) marca DELL, GPS, cámara fotográfica CANON Power Shot 50x, refrigerador Whirlpool con capacidad de 196 dm<sup>3</sup>, tijeras telescópicas, tres palas cuchara y una espada, charolas germinadoras de unicel de

200 cavidades, bolsas para vivero (nylon) de 17 x 17 cm y 22 x 22 cm, 20 metros de manguera de media pulgada y diez cubetas de plástico de 20 litros.

## **Métodos de monitoreo**

### **Monitoreo de cambio en la cobertura vegetal**

Para el monitoreo de la cobertura vegetal de la selva mediana subperennifolia, se utilizarán mapas de zonificación donde se mostrarán los cambios que han sufrido los sitios respecto a la cobertura, el uso de suelo y zonas con degradación. Tomando como referencia la cartografía de INEGI (2017), además se deben describir las presiones a las que han sido sometidos los sitios desde hace varios años.

### **Periodicidad del monitoreo**

Los monitoreos del área serán cada tres años destacando los cambios que ha sufrido la cobertura vegetal de los sitios, las modificaciones en infraestructura para el manejo y los cambios de uso de suelo. Para los reportes se utilizarán formatos que se obtendrán a través de la página de la Dirección General de Vida Silvestre, en la página <http://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/formatos/DGVSFF-SEMARNAT-pdf>.

### **Monitoreo de la población de *B. recurvata***

Para el monitoreo de *B. recurvata* se utilizará la metodología propuesta por López-Gallegos (2015), quien sugiere que los atributos demográficos (abundancia y estructura poblacional) son los más eficaces para evaluar la viabilidad de una población. La abundancia se medirá usando indicadores como densidad, cobertura y frecuencia; la estructura poblacional se obtendrá midiendo los cambios en la



proporción de plántulas, juveniles y adultos a través de un periodo de tiempo. Estos monitoreos serán cada tres años considerando que se haya iniciado la repoblación de los sitios.

Cuadro 7. Indicadores para el monitoreo de la población de *B. recurvata* en Chicontepec.

Indicador	Consideraciones	Muestreo
Densidad	Se define como el número de “unidades” de la especie estandarizado por un área en el espacio. Es una de las medidas de abundancia poblacional más usada, y provee información precisa de la abundancia de la especie en donde individuos o unidades de la especie se pueden contar fácilmente.	Para el monitoreo de los indicadores de abundancia, el muestreo será dirigido ya que se sabe el área donde se encuentran los individuos. Se utilizarán transectos de 100 m <sup>2</sup> donde se estimará la densidad, cobertura y estructura poblacional.
Cobertura	Se define como la proporción de un área en el espacio ocupada por la especie (por los individuos o unidades de la especie). Es un indicador ampliamente usado en especies en donde definir individuos no es factible, por ejemplo, en especies clonales o con formas de crecimiento muy agregadas.	
Estructura poblacional	Se refiere a la proporción relativa de individuos en los diferentes estadios de desarrollo o el ciclo de vida: semillas, plántulas, juveniles, adultos. Normalmente se representa con una distribución (histograma de frecuencias) de abundancias para cada estadio. Estas distribuciones se pueden comparar en el tiempo para caracterizar cambios demográficos en las poblaciones.	Para la estructura poblacional se utilizará un clinómetro para medir las alturas de los individuos y así determinar el estadio en el que se encuentran (plántulas, juveniles y adultos); las plántulas se medirán con una cinta de 1 m.

## Calendario de actividades

Cuadro 8. Calendario de actividades para la propuesta de plan de manejo de *B. recurvata*

Actividad	Años																						
	2019											2020											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N
Presentación de la solicitud para registrar el plan de manejo, así como la solicitud de registro de Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA).		x	x	x																			
Construcción del vivero para la reproducción y propagación de <i>B. recurvata</i> .	x	x																					
Extracción de semilla de los bancos de germoplasma	x	x																					
Reproducción de <i>B. recurvata</i> en vivero.			x	x	x	x																	
Mantenimiento del vivero (riego, trasplante de ejemplares).			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Generación del material divulgativo enfocado a resaltar la importancia ecológica y los			x	x																			



## **Programa de educación y capacitación ambiental a los pobladores de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, enfocado al manejo y conservación de *B. recurvata*.**

La educación ambiental y las capacitaciones tienen como objetivo promover conciencia ambiental, conocimiento ecológico, actitudes y valores hacia el medio ambiente permitiendo tomar decisiones orientadas al uso racional de los recursos naturales y lograr así un desarrollo sostenible (Martínez-Castillo, 2010). La educación ambiental debe estar dirigida a la educación a través de la acción y para la acción, ya que su meta no solo es saber si no saber pensar y saber hacer. Tanto la educación ambiental como las capacitaciones son herramientas que pueden facilitar la comunicación con personas que desconocen sobre la importancia de los recursos, las cuales pueden ser visuales, orales y/o escritas.

### **Problemática**

La mayoría de las personas de las comunidades de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal desconocen la existencia de ejemplares de *B. recurvata*, aun así, se realiza la extracción de plántulas e individuos juveniles para su venta ilegal, lo que ha modificado su estructura poblacional. Ante tal desconocimiento es necesario crear estrategias de educación y capacitación ambiental con el fin de que los pobladores cuiden de sus recursos naturales y realicen un aprovechamiento sustentable (De los Santos, 2019).

Cuadro 9. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 1. Programa de educación y capacitación ambiental dirigido a los pobladores de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, contribuyendo al establecimiento de estrategias de conservación de la especie.

<b>Acción</b>	<b>Plazo</b>	<b>Resultados esperados</b>	<b>Indicador</b>	<b>Responsables</b>
---------------	--------------	-----------------------------	------------------	---------------------

Generación del material divulgativo enfocado a resaltar la importancia ecológica y los beneficios de conservar a <i>B. recurvata</i> .	Corto plazo.	Comunidades locales concientizadas (Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal).	Material generado para divulgación	Universidad Veracruzana.
Impartir cursos de capacitación relacionados con la conservación del hábitat y de <i>B. recurvata</i> .	Corto y mediano plazo	Personas concientizadas sobre el cuidado y conservación de <i>B. recurvata</i> en Chicontepec.	Número de charlas impartidas a las comunidades	PROFEPA y Universidad Veracruzana
Integrar a miembros de las comunidades locales (Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal) en las actividades de educación y difusión que se desarrollen.	Corto y mediano plazo.	Personas concientizadas y participativas en actividades de conservación.	Cantidad de personas involucradas en las actividades.	PROFEPA, Universidad Veracruzana, comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.
Instalación de carteles en zonas de acceso a los cerros indicando que queda prohibida la extracción de semillas, plántulas e individuos juveniles.	Corto plazo	Eliminar la extracción de ejemplares de los sitios.	Número de carteles instalados.	PROFEPA Y Comité de Vigilancia ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-espinal.

### **Programa de capacitación ambiental**

El programa de capacitación ambiental será ofrecido por la Universidad Veracruzana, impartido por la Coordinadora Dra. Consuelo Domínguez Barradas quien estará encargada de dirigir las actividades que se impartirán en los cursos. Para la generación del material divulgativo y las charlas a los pobladores se nombró al técnico Biól. José Alfonso Espinoza Cruz. Para asegurar que las capacitaciones sean un éxito se seleccionará contenido claro y sencillo facilitando la comprensión del mensaje.

Se realizará una capacitación cada dos meses haciendo un total de seis capacitaciones al año, las cuales tendrán un tiempo estimado de ocho horas durante dos días (48 horas al año). Estas capacitaciones estarán destinadas a niños, adolescentes y adultos con el fin de propiciar y fortalecer bases sobre el cuidado y manejo de los recursos naturales que se encuentran en los sitios de Chicontepec.

El contenido que se impartirá será claro y sencillo abordando temas como: los recursos naturales y su importancia, ¿qué son las UMAs?, ¿qué es un plan de manejo?, la importancia de *Beaucarnea recurvata* (ecológica y económica), así como las amenazas a las que están siendo sujetas. Se les brindaran conocimientos básicos sobre algunas estrategias de conservación y manejo de la especie (*in situ* y *ex situ*), ejemplo de ello será el establecimiento de un vivero donde se prevé que puedan participar en su construcción. Se capacitará a un grupo de personas para el mantenimiento del vivero desde la siembra, riego y trasplante de las plántulas, para en su momento realizar actividades de repoblación en los sitios. Además, con esto podrán obtener un incentivo económico mediante la venta de un porcentaje de ejemplares en el mercado.

Para realizar las capacitaciones se gestionarán recursos económicos con el municipio de Chicontepec, Veracruz; para la compra de material de divulgación (carteles, cinta adhesiva, plumones, trípticos, etc), así como apoyo para transporte de Tuxpan a Chicontepec. Se gestionarán subsidios para proyectos de educación ambiental y capacitación para el desarrollo sustentable que brinda SEMARNAT, mediante la generación de talleres y cursos con un periodo estimado de 20 horas mínimo. El subsidio deberá ser distribuido para cubrir honorarios, alimentación,

hospedaje y transporte de facilitadores, para alimentación de las personas a capacitar, impresiones digitales, material divulgativo, papelería, copias e impresos relacionados con el evento (SEMARNAT, 2015). De acuerdo con el proyecto los montos oscilan entre los \$ 150,000.00 y los \$ 450,000.00 por proyecto.

## **Estrategia de conservación y manejo de la población de *B. recurvata***

### **Problemática**

En México la mayoría de las especies del género *Beaucarnea* han estado sometidas a fuertes presiones, de las que destacan la pérdida del hábitat, herbivoría, plagas y la sobre extracción ilegal de semillas, plántulas, juveniles y adultos para venta ilegal (Golubov *et al.*, 2007; Reyes-Silva *et al.*, 2013; CITES, 2015). En el caso particular de *B. recurvata* en Veracruz, se ha visto afectada por la continua fragmentación en la parte media de las cuencas de los ríos Actopan y La Antigua; lo que se ha traducido en daños en su estructura poblacional y de sexos, así como a los procesos naturales de regeneración de poblaciones silvestres (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

En Chicontepec el cambio de uso de suelo ha afectado considerablemente el tamaño poblacional de pata de elefante, ya que actualmente los ejidatarios han modificado el uso de suelo por terrenos agrícolas y ganaderos, reduciendo el área de distribución de la población a pequeños fragmentos donde no son posibles las actividades agropecuarias. Ocasionando serios problemas estructurales que ponen en riesgo la supervivencia de la especie, debido a la escasa regeneración natural y a las bajas densidades registradas. Por lo que se plantea realizar el siguiente programa de conservación y manejo.

Cuadro 10. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 2. Programa de conservación ex situ para *B. recurvata* en Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal, permitiendo la propagación de la especie en vivero, facilitando a mediano plazo repoblar los sitios que han estado sujetos a extracción ilegal.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Ubicar la población silvestre de pata de elefante en Chicontepec.	Corto plazo	Población identificada de <i>B. recurvata</i> en el municipio de Chicontepec.	Número de sitios identificados.	Universidad Veracruzana
Localizar los individuos femeninos para la recolecta del germoplasma (semilla), para realizar la propagación en el vivero.	Corto y mediano plazo	Extracción de germoplasma con óptima variabilidad genética.	Cantidad de semilla producida.	Universidad Veracruzana
Establecimiento de un vivero para reproducción de <i>B. recurvata</i> en la comunidad de Ixcacuatitla, perteneciente al municipio de Chicontepec; con el propósito de realizar la repoblación de los sitios.	Corto mediano y largo plazo	Producción y distribución del material vegetal (plántulas), en los sitios de Cerro Ixcacuatitla, Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal.	Número de plántulas obtenidas de <i>B. recurvata</i> .	Universidad Veracruzana y comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.
Establecer un área bajo alguna figura de protección donde se pueda conservar a la especie.	Corto plazo	Establecimiento de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre.	UMA establecida.	SEMARNAT

### Programa de conservación y manejo

La conservación *ex situ* es la aplicación de una amplia variedad de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones fuera de su hábitat natural. Cuyos objetivos se enfocan



en mantener la diversidad genética para propósitos de reintroducción o restauración del hábitat, además de reducir los riesgos de extinción de especies o poblaciones silvestres (Lascuráin *et al.*, 2009; Cárdenas-López *et al.*, 2015). Por ello se establecerá un banco de germoplasma (vivero) en la comunidad de Ixcacuatitla, con el fin de reproducir y salvaguardar la diversidad genética que aún se encuentra en los sitios.

### **Medidas de manejo para la población de *B. recurvata***

#### **Extracción de germoplasma**

En esta etapa se extraerá material genético (semillas) de los bancos de germoplasma que se encuentra en Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla. El momento ideal para recolectar semillas es cuando los frutos están maduros sobre la planta e inicia la dispersión (noviembre a febrero). Estas deben recolectarse del mayor número de plantas femeninas para mantener la variabilidad genética de la especie (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

Se extraerá una infrutescencia por individuo femenino tomando en cuenta que cada uno forma un promedio de ocho y cada infrutescencia genera entre 1800 a 2000 frutos. Esta recolecta de semillas será durante diciembre y enero, considerando que su dispersión inicia en noviembre y culmina en febrero. Además, es importante realizarla en este periodo debido a que los frutos y semillas se encuentran en su etapa madura, lo que facilitará su reproducción asexual. Para realizar esta actividad se contará con el permiso de Licencia de Colecta Científica expedido por SEMARNAT (oficio N°SGPA/DGVS/002581/18). Una vez recolectados los frutos se colocarán en charolas para que su secado, posteriormente se guardarán en bolsas

de papel en condiciones de oscuridad hasta que sean sembrados (Osorio-Rosales *et al.*, 2011)

### **Germinación**

La siembra de semilla puede ser después de la recolecta del material genético, se recomienda colocar las semillas dentro de un recipiente con agua durante un periodo de 24 horas para ablandar la cubierta o testa (Osorio-Rosales *et al.*, 2011). La siembra de semillas será en charolas de unicel (Figura 26 c) de 67 x 34 cm, las cuales tienen capacidad de 200 cavidades. Cada semilla será depositada a una profundidad de 1 cm cubriéndola con una capa fina de sustrato, el cual estará compuesto por tierra negra, agrolita y Peat moss en una proporción de 1:1. Se espera que la germinación dure entre 10 y 12 días después de su siembra. El riego debe ser diario para mantener el sustrato húmedo cuidando de no remover la semilla. Las charolas no deben estar expuestas a los rayos del sol directamente, deben ser cubiertas con una malla o bien deben ser colocadas en zonas con sombra. Cuando la planta alcance una altura entre 10 y 20 cm el riego debe ser moderado generalmente cada dos días y cuando alcance una altura de 20 a 50 cm el riego debe ser una vez a la semana (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

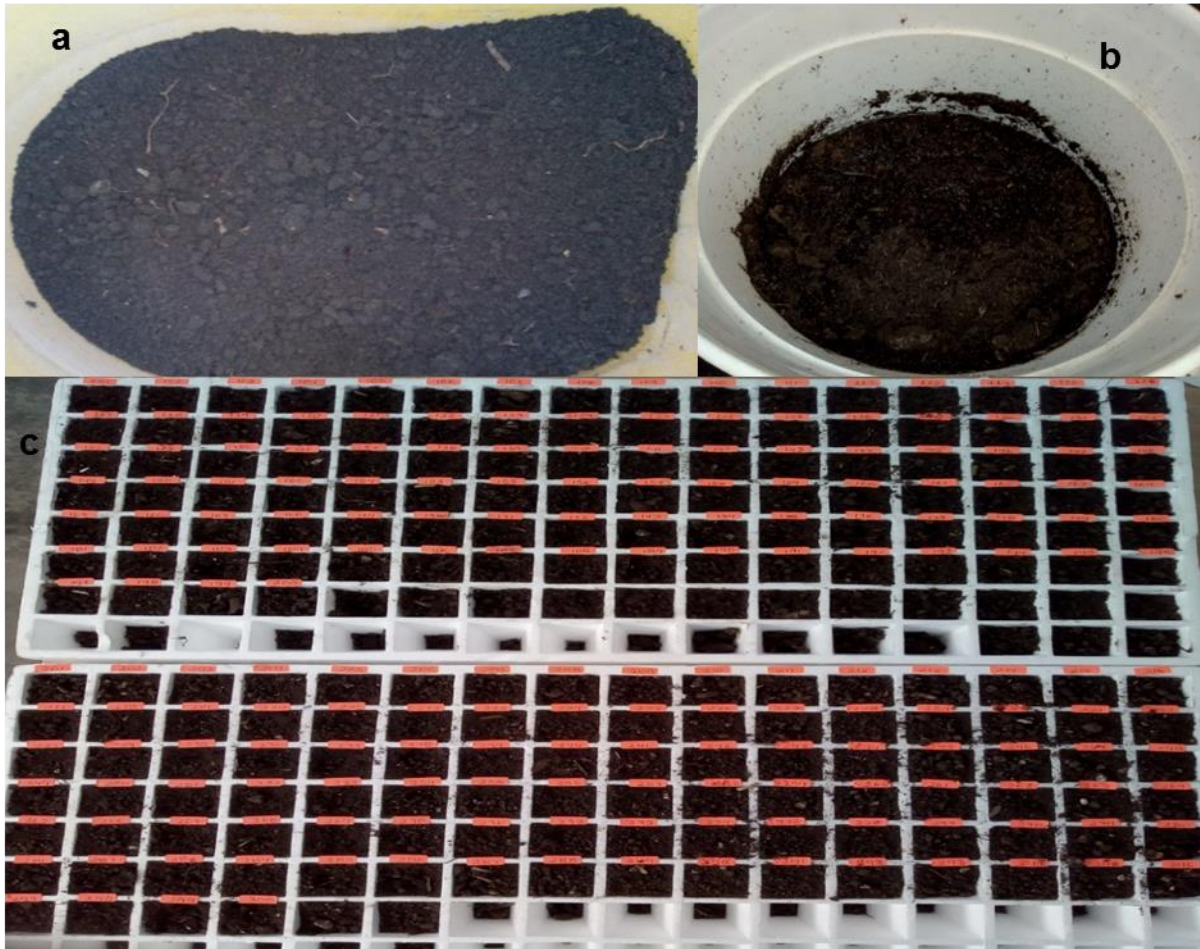


Figura 25. Preparación del sustrato y siembra de semilla; a) tierra negra, b) Peat moss y c) siembra en charolas.

### **Trasplante**

Una vez que las plántulas hallan germinado y estas alcancen una altura entre 5 y 7 centímetros, se puede realizar el trasplante en bolsas de plástico de 10 cm de altura por 7 cm de diámetro, a los 6 meses se puede realizar otro trasplante en bolsas o macetas de 10 cm de diámetro lo que favorecerá al desarrollo de la base de la plántula. Posteriormente al año se realiza otro trasplante en macetas o bolsas más grandes (20 x 20 cm) preparándolas para la repoblación de los sitios o en su caso para la comercialización (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

### **Control de plagas**

En condiciones de vivero Pérez-Cortinez *et al.* (2010) y Hernández-Sandoval *et al.* (2011) describieron la presencia de hongos (*Coniothyrium concentricum*), moluscos (*Succinea luteola*), nemátodos (*Meloidogyne spp*), arácnidos (*Scyphophorus acupunctatus* e insectos; que ocasionan marchitamiento de hojas tiernas, de inflorescencias y daños a los frutos. En caso de encontrarnos con una plaga el control se realizará manualmente aplicando insecticidas caseros dependiendo la plaga a tratar.

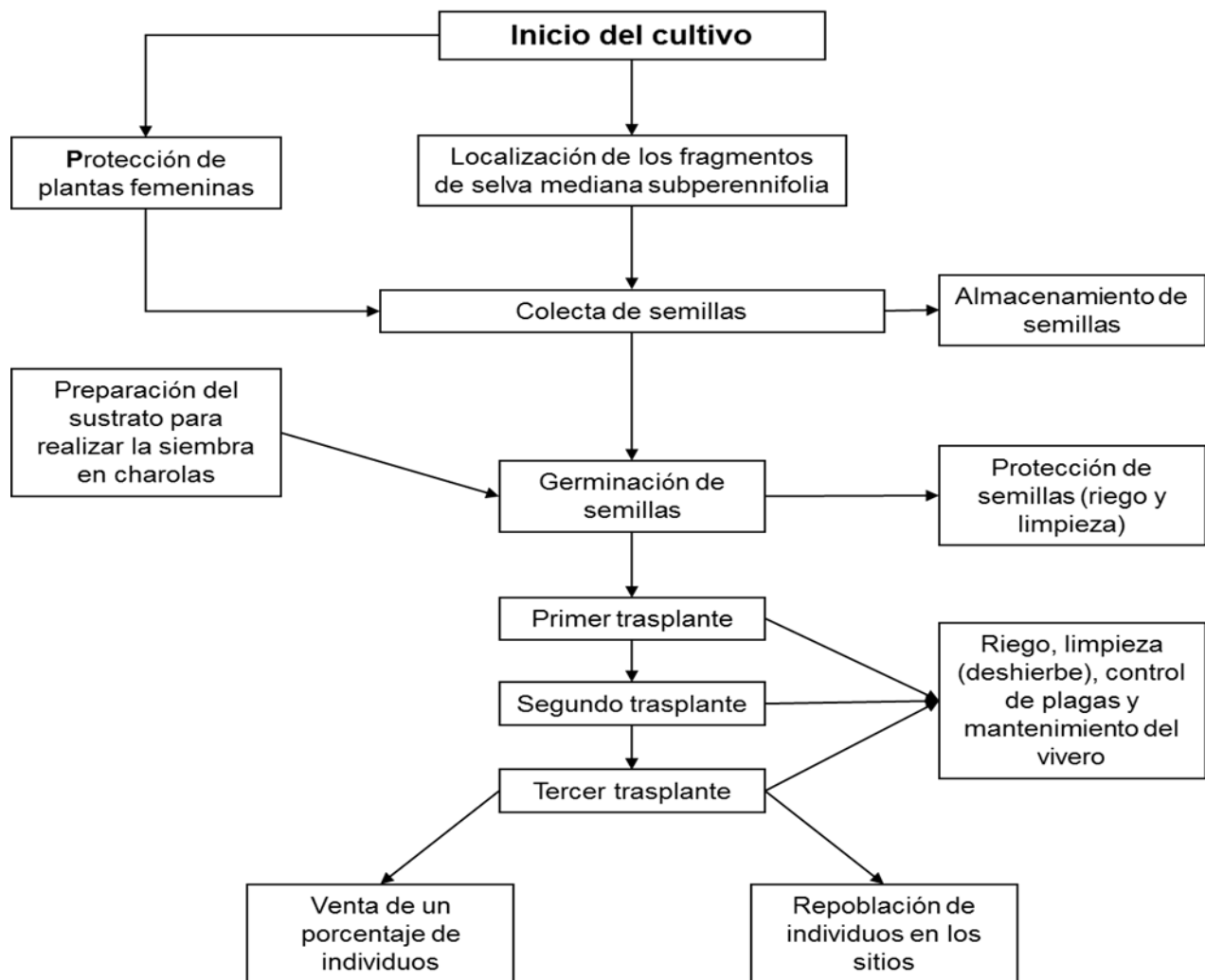


Figura 26. Diagrama de flujo para el cultivo de *B. recurvata*. Elaboración propia siguiendo la metodología de Osorio-Rosales *et al.* (2011).

## Repoblación de plántulas en Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla

La repoblación de plántulas en los sitios será cuando alcancen un desarrollo mayor a los 20 cm de altura, las cuales pueden sobrevivir en condiciones naturales. Para el traslado de los ejemplares a los diferentes sitios se avisará a la PROFEPA, con el fin de que la movilización sea legal, además se tomarán las medidas necesarias (riego una noche antes de transportarlas, y colocación de una lona al transporte evitando la entrada de aire) para minimizar el estrés de las plantas.

### Programa de repoblación de *B. recurvata* en Chicontepec

Cuadro 11. Lineamientos para el cumplimiento de la meta 4 y 5. Repoblación de *B. recurvata* en los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, a partir de las plántulas obtenidas del cultivo en vivero. Obtener incentivos económicos a partir de la venta de un porcentaje de plantas obtenidas de la producción en vivero.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Repoblar los sitios que han estado sujetos a extracción ilegal, mediante los ejemplares obtenidos de la reproducción en vivero.	Mediano y largo plazo	Lograr una estabilidad en la estructura de la población.	Número de plántulas sembradas en los sitios.	PROFEPA y Comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.
Establecer un programa de vigilancia ejidal en conjunto con la PROFEPA, para monitorear y salvaguardar la población de pata de elefante.	Corto, mediano y largo plazo	Formación de un comité de vigilancia por los pobladores de las comunidades de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal pertenecientes a Chicontepec, para erradicar la extracción de ejemplares de pata de elefante.	Junta de vigilancia.	PROFEPA Y Comité de vigilancia ejidal del municipio.
Destinar un porcentaje de plántulas para la comercialización en los mercados, con el fin de obtener recursos económicos para pagar los sueldos de los trabajadores del vivero.	Mediano y largo plazo	Obtener solvencia económica a partir de la venta de ejemplares de <i>Beaucarnea recurvata</i> .	Número de plántulas comercializadas.	Comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.

### **Medidas de contingencia**

**Sequias:** debido a las sequías que se registran en la región y con el fin de prevenir esta problemática, se establecerá una medida preventiva que consiste en disponer de un contenedor de agua cerca del vivero facilitando su mantenimiento (siembra, riego, etc.). Toda vez que falle el servicio de agua potable en la comunidad de Ixcacuatitla se dispondrá de este recurso.

**Incendios:** el grado de peligro de un incendio tanto en los sitios donde se encuentra la población de *B. recurvata*, como donde se establecerá el vivero son poco probables debido a que no se manejan productos inflamables, sin embargo, no están exentos a que ocurran en un determinado momento. Es por ello una de las medidas para contrarrestar un incendio dentro de los sitios, es colocar de una brecha corta fuegos con el fin de reducir la expansión del incendio, otra medida es la adquisición de extintores, además de contar con los números de emergencia local (bomberos, protección civil, etc.) en caso de requerirse.

### **Mecanismos de vigilancia**

La UMA al ser registrada será vigilada por el comité establecido por SEMARNAT, esta comisión de personas realizará recorridos cada dos días para contrarrestar el saqueo ilegal de semillas y ejemplares de las diferentes categorías de tamaño para no afectar la estructura poblacional que aún se encuentra en los sitios. Se promoverá que los vecinos realicen la función de vigías en las entradas y salidas hacia los sitios, facilitando la vigilancia que realizará el comité.

## **Anexo 2. Protocolo para la extracción de ADN genómico**

1. Se pulverizaron 100  $\mu$ l de tejido vegetal por cada muestra utilizando nitrógeno líquido, ayudado de un mortero y pistilo (Figura 2). El tejido pulverizado fue colocado en un tubo eppendorf con la ayuda de una espátula.
2. Se agregaron 600  $\mu$ l de CTAB para los 100  $\mu$ l de tejido pulverizado. Posteriormente se agregaron 1.5  $\mu$ l de beta mercapto-etanol (Bromuro hexadeciltrimetilamonio).
3. Se mezcló por inversión a 65° durante 120 minutos y cada 5 minutos se vortexteo para que el contenido vegetal no se pegara a la pared de los tubos.
4. Se centrifugó a 14,000 rpm durante 15 minutos,
5. Se recuperó el sobrenadante y se transfirió a un tubo nuevo. Se agregaron 500  $\mu$ l de la solución de fenol cloroformo y se vortexteo durante 30 s. Se repitió la centrifugación y se agregaron 450  $\mu$ l de fenol cloroformo para el segundo lavado.
6. Se recuperó la fase acuosa y se vertieron 175  $\mu$ l de alcohol isopropílico en un tubo nuevo.
7. Se centrifugó durante 15 minutos a 14,000 rpm.
8. Se realizaron dos lavados con 500  $\mu$ l de etanol al 70%.
9. Se dejó secar la pastilla de ADN a temperatura ambiente durante 10 minutos y se suspendió en agua estéril con RNAsa.

### **Anexo 3. Protocolo para la preparación del gel de agarosa al 1%**

1. Se pesaron 250 mg de agarosa y se colocó en un matraz de 500 ml, posteriormente se agregaron 25 ml del Buffer TAE 1x (Figura 3).
2. Se fundió dentro de un horno de microondas durante un minuto agitando cada 5 segundos, se dejó enfriar durante 15 minutos y se vertieron 3 µl de Bromuro de etidio.
3. Se colocó el gel dentro de la cámara de electroforesis y se rellenó la cámara con el Buffer TAE hasta cubrir el gel.
4. Se mezcló 1 µl de Buffer de carga con 1 µl de agua antes de cargar el DNA genómico.
5. Se cargaron 5 µl de ADN sobre los pozos del gel, se agregó 1.5 µl del marcador de peso.
6. La cámara de electroforesis se conectó a la fuente de poder durante 60 minutos.

### **Anexo 4. Protocolo para la preparación del PCR**

Para el PCR se preparó un máster con: 85.0 µl de agua, 11.25 µl del Buffer, se agregaron 4.5 µl del primer F, 4.5 del primer R, 2.75 µl de los dNTPS y se agregaron 0.605 µl de la enzima DNA 01.

Preparación del master con los Primers TrnL-TrnF.

H <sub>2</sub> O	18.89 µl		85.0 µl
Buffer	2.5 µl		11.25 µl
Primer F	1 µl		4.5 µl
Primer R	1 µl	X 4.5	4.5 µl



Mg cl 25 mM		
dNTPS 2mM	0.5 µl	2.75 µl
DNA molde	1 µl	
DNA 01	0.25	0.605 µl

Una vez que se cargaron los porcentajes del máster se agregó 1 µl de DNA a los tubos y se colocaron en el termociclador durante 3 horas a temperaturas de: 94°C, 2 min; 35 ciclos (94°C, 1 min; 55°C, 1 min; 72°C, 2 min); 72°C, 5 min. (Figura 4) siguiendo la metodología de Rojas-Piña *et al.* (2014). Una vez que terminaron los ciclos del termociclador se procedió a observar el PCR en el gel de agarosa, para esto se cargaron 2 µl de agua, 1 µl de Buffer de carga y 3 µl de PCR.

#### Anexo 5. Protocolo para la purificación del PCR

1. Se mezclaron 4 µl de Buffer de carga, 1 µl de agua, posteriormente se cargó en el gel de agarosa 1 µl de PCR y 2 µl de marcador de peso durante 60 minutos.
2. Se observaron los productos del PCR en geles de agarosa al 1% dentro del transiluminador UV. posteriormente se procedió a cortar el fragmento de la banda con ayuda de un bisturí (Figura 5), el contenido se colocó dentro de un tubo eppendorf por cada muestra.
3. Los tubos con el contenido de la banda se pesaron en una balanza analítica y dependiendo el peso se agregó el Buffer ABD.

Peso de la banda cortada y contenido del Buffer que requiere para la centrifugación.

Especie o sitio	Peso (mg)	Buffer ABD (µl)
Zapotál-Espinal	384	1,152
<i>B. recurvata</i>	287	861
<i>B. inermis</i>	298	894

- 
- 
4. Se centrifugó a 10,000 rpm durante 30 segundos para extraer el Bromuro de etidio.
  5. Se realizaron 3 lavados con 200  $\mu$ l del Buffer DNA Wash y se centrifugó nuevamente por 30 segundos y solo el ultimo lavado fue de un minuto.
  6. Colocar 6  $\mu$ l de agua dentro de la resina en cada muestra y se centrifugo durante 1 minuto.

**Anexo 6. Formato FF-SEMARNAT-011 para la elaboración del plan de manejo para unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) sujeta a manejo intensivo**

Formato para la elaboración del plan de manejo para unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA) sujeta a manejo intensivo

Homoclave del formato	Fecha de publicación en el DOF
FF-SEMARNAT-011	03 / 09 / 2015

1 Nombre de la UMA a registrar

**“UMA *Beaucarnea recurvata* en Ixcacuatitla Chicontepec, Veracruz”**

I. Objetivo general

**“Conservación del hábitat natural, poblaciones y ejemplares de especies silvestres”**  
(Artículo 39 de la Ley General de Vida Silvestre)

**II. OBJETIVOS ESPECÍFICOS, METAS A CORTO, MEDIANO Y LARGO PLAZOS E INDICADORES DE ÉXITO**

Los objetivos específicos, metas a corto, mediano y largo plazo e indicadores de éxito, deberán preverse en función de las condiciones del hábitat, poblaciones y ejemplares, así como del contexto social y económico.

**2. Objetivos específicos:**

- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Restauración | <input checked="" type="checkbox"/> Protección          | <input type="checkbox"/> Mantenimiento                         | <input type="checkbox"/> Recuperación                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Reproducción | <input checked="" type="checkbox"/> Repoblación         | <input type="checkbox"/> Reintroducción                        | <input type="checkbox"/> Investigación                 |
| <input type="checkbox"/> Rescate                 | <input type="checkbox"/> Resguardo                      | <input type="checkbox"/> Rehabilitación                        | <input type="checkbox"/> Exhibición                    |
| <input type="checkbox"/> Recreación              | <input checked="" type="checkbox"/> Educación Ambiental | <input checked="" type="checkbox"/> Aprovechamiento Extractivo | <input type="checkbox"/> Aprovechamiento No Extractivo |

3. Describa cada uno de los objetivos específicos señalados (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

- Desarrollar una estrategia de educación y capacitación ambiental sobre la conservación de *B. recurvata* registrada en los fragmentos de selva mediana subperennifolia de Chicontepec, Veracruz.
- Desarrollar una estrategia para la conservación del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata*.
- Asegurar la conservación de la variabilidad genética de *B. recurvata*, a través de la reproducción de la especie en vivero.

- Mejorar el sistema de control y vigilancia sobre la extracción ilegal de semillas, plántulas e individuos juveniles de pata de elefante, provenientes de los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, con el fin de conservar el banco de germoplasma que ahí se encuentra.
- Repoblar a mediano y largo plazo los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, con plantas obtenidas por siembra en vivero.

*“De conformidad con los artículos 4 y 69-M, fracción V de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, los formatos para solicitar trámites y servicios deberán publicarse en el Diario Oficial del al Federación (DOF).”*

**METAS:**

4. Describa cada una de las metas (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias).

Corto plazo (1.5 años):

- Crear un programa de educación y capacitación ambiental dirigido a los pobladores de Ixcacuatitla, Tepecxitla y Zapotal-Espinal, con el fin de destacar la importancia ecológica y económica que tiene *B. recurvata*.
- Implementar un programa de conservación *ex situ* para *B. recurvata* en Ixcacuatitla, mediante la reproducción de la especie en vivero, lo que facilitará a mediano y largo plazo repoblar los sitios que han estado sujetos a extracción ilegal.
- Establecimiento de un comité de vigilancia para la erradicación del saqueo de semillas y ejemplares de los sitios de Chicontepec.

Mediano plazo (3.5 años):

- Realizar la repoblación de *B. recurvata* en los sitios de Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla, a partir de las plantas obtenidas del cultivo en vivero.
- Obtener incentivos económicos a partir de la venta de un porcentaje de plantas obtenidas de la reproducción en el vivero.

Largo plazo (5 años):

- Lograr el mantenimiento del hábitat donde se desarrolla *B. recurvata* mediante el establecimiento de una Unidad para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA).
- Continuar con la repoblación de *B. recurvata* en los sitios durante un periodo de cinco años, realizando una distribución homogénea de las plantas en la superficie de los cerros.
- Mejorar las condiciones de vida de los pobladores a través de la generación de empleos temporales sobre el cuidado y mantenimiento del vivero.

#### INDICADORES DE ÉXITO:

5. Los indicadores de éxito son un elemento, un fenómeno o producto a medir y cuyo valor es un punto de referencia del desempeño o nivel de logro de acciones realizadas para el cumplimiento del objetivo.

Describe cada uno de los indicadores de éxito (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias).

De orden ecológico:

- Determinar el área de distribución de la población de *B. recurvata* en Chicontepec, mediante la elaboración de poligonales.

- Realizar la recolecta de germoplasma (semillas) para la reproducción en vivero, tomando en cuenta a los individuos que presenten más de ocho inflorescencias y así no afectar su estructura natural.
- Obtener 4,000 plántulas de pata de elefante para repoblar los sitios que componen la población en Chicontepec, Veracruz.
- Realizar la repoblación de los sitios con 3,000 plantas obtenidas en la reproducción en vivero.
- Determinar el porcentaje de plántulas que sobrevivirán (10%) en condiciones naturales a los tres meses.
- Realizar un calendario para la prevención de plagas y enfermedades y así lograr una estabilidad poblacional de *B. recurvata* en el ecosistema de selva mediana subperennifolia.
- Formar el comité de vigilancia ambiental por medio de la PROFEPA para el cuidado de la población de *B. recurvata*.
- Generar el cronograma de actividades describiendo las actividades del comité de vigilancia ambiental.

De orden económico:

- Instalación del vivero de 4 x 3 metros para la reproducción de *B. recurvata* en Ixcacuatitla, con fines de repoblación.
- Generar dos empleos permanentes en el cuidado y mantenimiento del vivero que se establecerá en Ixcacuatitla.
- Generar una derrama económica a partir del aprovechamiento del 20% de los ejemplares de *B. recurvata* obtenidos del trabajo en vivero.
- Validación del establecimiento del comité de vigilancia que establecerá PROFEPA.

- Obtener el pago de empleos temporales para el comité de vigilancia que otorga PROFEPA (\$15,834.00 anuales).

De orden social:

- Definir al administrador del proyecto.
- Definir al encargado y a los dos responsables del mantenimiento del vivero (personas locales).
- Realizar seis talleres anuales (cada dos meses) con temáticas sobre capacitación y sensibilización de la importancia, manejo y aprovechamiento de los recursos naturales.
- Programar tres actividades anuales (extracción de germoplasma, siembra y trasplante) para el mantenimiento del vivero con los diferentes niveles académicos (primaria, secundaria y telebachillerato).

### III. DESCRIPCIÓN FÍSICA Y BIOLÓGICA DEL ÁREA Y SU INFRAESTRUCTURA

**Suelo:**

6. Describa el uso actual del suelo donde se ubica el predio

- El suelo característico del municipio de Chicontepec es de tipo Vertisol, Franco arenoso, Regosol y Phaeozem. Actualmente el 65% del territorio municipal es dedicado a la ganadería, un 25% a la agricultura, un 5% es superficie forestal y un 5% se destina a la población rural, urbana, carreteras y cerros según Sotelo *et al.* (2008); Sosa-Jiménez (2013); INEGI (2015); Osorio (2018).

Características de los sitios:

- La población de *B recurvata* registrada en Chicontepec, se distribuye en tres localidades: Cerro de Tepecxitla, Cerro de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal (área federal), cuya altura oscila

entre los 220 y 520 msnm. El área de los sitios estuvo entre 5.7 y 67.5 ha, presentan suelos rocosos con pendientes pronunciadas entre 80° y 90° de inclinación que limitan las actividades agropecuarias. Su vegetación corresponde a selva mediana subperennifolia con un estrato arbóreo que oscila entre 15 y 25 m de altura.

7. Indique las actividades que se realizan en los predios colindantes (en caso de requerir más espacio agregue las hojas necesarias):

- Los predios colindantes a los sitios de muestreo son de uso ganadero y de cultivos agrícolas.

**Clima:**

8. Indique el tipo de clima, utilizando la clasificación de Köppen, modificada por García, 1988.

- El clima es de tipo Am (f) cálido húmedo con lluvias en verano presenta una temperatura anual mayor a 22° C, cuya temperatura del mes más frío es mayor a 18° C. Presenta una precipitación anual de 1400 a 1600 mm (García, 1988; García, 2004; INEGI, 2015).

9. Escriba los siguientes elementos del clima:

Temperatura:                      mínima: 17.7 °C                                      máxima: 26.8 °C

Precipitación:                      mínima: mm 1400                                      máxima: 1600 mm

Humedad relativa: 90%

Periodo de lluvias: Marzo-Junio                      Periodo de secas: Julio-Febrero

Indique las fuentes de información consultadas:



García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Base de datos climatológicos 1921- 1995. Programa para la clasificación del clima. Versión Digital. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México.

García E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Comisión Nacional para el Estudio de la Biodiversidad. México. 98 p.

Si obtuvo los datos de una estación en particular describe el método y técnicas empleadas (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

**Infraestructura:**

Deberá establecer un sistema de señalización de las áreas o distribución de instalaciones dentro y en los límites del predio (oficina, bodega, servicios sanitarios, cuarentenas, encierros, laboratorios, entre otros).

10. Población más cercana (nombre y distancia aproximada en kilómetros):

- El sitio donde se establecerá la UMA corresponde a la comunidad de Ixcacuatitla, la cual se ubica a 30 kilómetros de la cabecera municipal de Chicontepec, Veracruz. Las comunidades

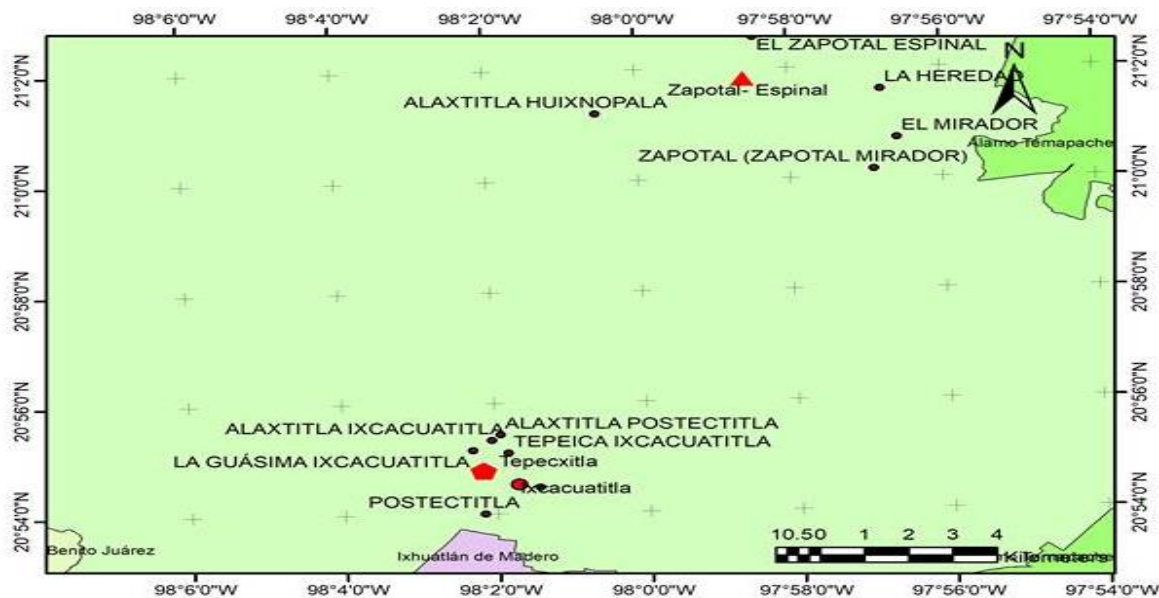
aledañas a Ixcacuatitla son: Tepecxitla ubicada a 9.6 kilómetros al suroeste y Postectitla a 3.5 kilómetros al sur de Ixcacuatitla. El municipio más cercano a Ixcacuatitla es Tlacolula y se ubica a 29.9 km.

11. Vías de acceso (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

- El recorrido en automóvil para llegar de Tuxpan a la comunidad de Ixcacuatitla, Chicontepec, Veracruz, es de 107.1 kilómetros con un tiempo estimado de 2:30 a 3 horas. Pasando por Temapache, Potrero del Llano, Tierra blanca, entre otras comunidades. La carretera esta asfaltada de Tuxpan a San Fernando facilitando el trayecto, sin embargo, de San Fernando a Ixcacuatitla son 19.1 kilómetros de terracería, por ello se recomienda utilizar una camioneta para facilitar el traslado al sitio. Para llegar de Tuxpan a Ixcacuatitla existe un autobús de la línea Álamo que te deja en la terminal de Álamo, posteriormente se transborda a otro de la misma línea a San Fernando y ahí se encuentran los taxis a la comunidad de Ixcacuatitla.
- De Poza Rica a Ixcacuatitla el recorrido es de 101.4 kilómetros, con un tiempo estimado de viaje de 2 h 30 minutos. Pasando por Totolapa, Tihuatlan, Estero el Ídolo, Álamo, San Fernando e Ixcacuatitla. La carretera de Poza rica a San Fernando esta asfaltada y su recorrido en transporte público es similar al tomar un autobús de la línea Álamo al municipio de Álamo Temapache y posteriormente tomas otro a San Fernando, para concluir tomando un taxi que te lleva a Ixcacuatitla, Chicontepec.
- De Tepetzintla a Ixcacuatitla es un trayecto de 46.5 kilómetros, con un tiempo estimado de 1 h 7 minutos. Pasando por Francia Nueva, Tlacolula, El Paso, El Mirador, Tecerca, Xococatl y Tepecxitla. La carretera de Tepetzintla a Tlacolula esta asfaltada y su recorrido es sencillo, sin embargo, de Tlacolula a Ixcacuatitla recorres 29.9 km de terracería. Para llegar a Ixcacuatitla existen taxis que salen de Tepetzintla a Tlacolula y de Tlacolula a Ixcacuatitla encuentras taxis y camionetas para transporte público.

12. Construcciones e instalaciones: anexar plano, esquema, croquis, plano de planta de conjunto, que indique la ubicación de las instalaciones, construcciones y servicios con los que cuenta (colindancias; cuerpos, fuentes y depósitos de agua, caminos, accesos, bodegas, cercos, bardas, entre otros). Para el caso de fauna silvestre indicar los encierros, corrales, mangas de manejo, enfermería, áreas de cuarentena, señalamientos, entre otros). Para el caso de flora silvestre indicar áreas de producción de composta, cuarentena, exhibición, propagación, banco de germoplasma, cámaras de germinación, sombreaderos, invernaderos, laboratorios, entre otros. (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

.



- LEYENDA**
- Benito Juárez
  - Xochiatipan
  - Huautla
  - Tantoyuca
  - Ixcatepec
  - Tepetzintla
  - Álamo Temapache
  - Ixhuatlán de Madero
  - Chicontepec
  - Comunidades aledañas
  - Veracruz
  - Zapotal- Espinal
  - Tepecxitla
  - Ixcacuattila

Datum:  
 Geographic Coordinate System: GCS\_ITRF\_1992

Figura 29. Localización de los sitios que conforman la población de *B. recurvata* en Chicontepec; colindancia con comunidades cercanas a donde se establecerá el vivero para la reproducción de pata de elefante.



Figura 28. Vivero para la reproducción de *B. recurvata*.



Figura 29. Ubicación de las áreas de vivero y compostaje para la reproducción de *B. recurvata* en Chicontepec, Veracruz.

El primer paso para continuar con la reforestación de *B. recurvata* en Chicontepec, inicia con la construcción de un vivero de 4 x 3 m para la reproducción y cuidado de la semilla que se extraerá de los bancos de germoplasma ubicados al sur del municipio (Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla) (Figura 1). Se establecerá un área para composteo o preparación del sustrato en el mismo sitio. Se cuenta con el apoyo de la Universidad Veracruzana, Campus Tuxpan Para realizar monitoreo y apoyo logístico durante el establecimiento de las instalaciones y en la revisión del material durante su crecimiento.

14. Mencione los recursos con los cuales operara la UMA (personal, servicios y equipos disponibles para llevar a cabo las actividades de manejo), (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

**Personal:** se considera a los responsables del área donde se encuentran los bancos de germoplasma, el subagente municipal Justo Cruz Martínez de Zapotal-Espinal. Hay un responsable técnico para la implementación del plan de manejo, la Dra. Consuelo Domínguez Barradas, además se cuenta con la ayuda del Sr. Miguel Osorio Cruz y el Sr. Eulogio García quienes fungen como guías de campo de Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla respectivamente.

**Servicios:** cuenta con servicios de red de agua y alcantarillado, luz eléctrica, telefonía celular e internet prepagado.

**Equipo:** Computadora portátil (laptop) marca DELL, GPS, cámara fotográfica CANON Power Shot 50x, refrigerador Whirlpool con capacidad de 196 dm<sup>3</sup>, tijeras telescópicas, tres palas cuchara y una espada, charolas germinadoras de 200 cavidades, bolsas de nylon de medio kilo, 20 metros de manguera de media pulgada, diez cubetas de plástico de 20 litros.

#### **MEDIDAS DE MANEJO DE LOS EJEMPLARES:**

En caso de realizar movimientos o traslados de ejemplares silvestres se deberá tomar en cuenta las medidas necesarias sanitarias y de bioseguridad, así como las técnicas de contención y manejo que eviten o disminuyan la tensión, sufrimiento y dolor de los ejemplares durante esta práctica.

15. Describa las acciones de manejo para la alimentación, medicina preventiva, medidas sanitarias (disposición de desechos), contención química o física, transporte, reproducción o propagación, (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

#### **Reproducción:**

Para la reproducción se extraerá material genético (semillas) de los sitios en Chicontepec durante octubre y noviembre, ya que es el periodo donde los frutos se encuentran maduros. Se extraerá



una infrutescencia por individuo manteniendo la variabilidad genética; la germinación de semillas será después de tenerlas almacenadas durante 20 días, para esto se utilizarán charolas germinadoras de unicel de 200 cavidades, las cuales se mantendrán en condiciones controladas (riego, temperatura iluminación) dentro del vivero y así mantener las medidas necesarias de sanidad y bioseguridad. Para acelerar el crecimiento de la pata de elefante se aplicará un fertilizante orgánico (estiércol de animales mezclado con tierra negra), además de debe cambiar el sustrato y las macetas cada seis meses.

### Transporte

Una vez concluido el proceso de reproducción se realizará el trasplante para repoblar los sitios que han sido afectados por la extracción ilegal. Con ello se transportarán 3, 000 plantas distribuidas parcialmente a Cerro de Ixcacuatitla, Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal. Se tomarán las medidas necesarias para reducir el estrés de las plantas durante el traslado, utilizando una lona que cubra la batea de la camioneta donde se transportaran minimizando la entrada de aire, se debe regar una noche antes de hacer el traslado de las plantas. Además, se cuenta con el permiso de Licencia de Colecta Científica expedido por SEMARNAT (oficio N°SGPA/DGVS/002581/18), para el traslado de germoplasma; así también se dará aviso a PROFEPA para la movilización de ejemplares para la repoblación.

### MEDIDAS DE CONTINGENCIA:

16. Indique las medidas para atender contingencias sobre los ejemplares, poblaciones o especies de silvestres y su hábitat, (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

**Sequias:** debido a las sequías que se registran en la región y con el fin de prevenir esta problemática, se establecerá una medida preventiva que consiste en disponer de un contenedor

de 1,000 litros agua cerca del vivero facilitando su mantenimiento (siembra, riego, etc.). Toda vez que falle el servicio de agua potable en la comunidad se dispondrá de este recurso.

**Incendios:** el grado de peligro de un incendio tanto en los sitios donde se encuentran las poblaciones de *B. recurvata*, como donde se establecerá el vivero son poco probables debido a que no se manejan productos inflamables, sin embargo, no están exentos a que ocurran en un determinado momento. Es por ello una de las medidas para contrarrestar un incendio dentro de los sitios, es colocar de una brecha corta fuegos con el fin de reducir la expansión del incendio, además se debe contar con los números de emergencia local (bomberos, protección civil, etc.) en caso de requerirse.

**Contingencias sanitarias:** cuando se presenten plagas o enfermedades en los ejemplares, el primer paso es identificarlas para posteriormente combatirlos con productos orgánicos de preferencia. Se realizará el monitoreo de todos los individuos y se pondrán en cuarentena a todos aquellos que presenten enfermedad; a su vez se tomarán medidas sanitarias durante la manipulación de los ejemplares mediante la utilización de guantes de hule para evitar alguna infección.

#### **MECANISMOS DE VIGILANCIA:**

17. Describa el mecanismo de vigilancia (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

La UMA al ser registrada estará resguardada por el comité de vigilancia ambiental establecido por PROFEPA, esta comisión de personas realizará recorridos cada dos días para contrarrestar el saqueo ilegal de semillas y ejemplares de las diferentes categorías de tamaño que aún se encuentran en los sitios. Se promoverá que los vecinos realicen la función de vigías en las entradas y salidas hacia los sitios, facilitando la vigilancia que realizará el comité.

**18. CALENDARIO DE ACTIVIDADES**

Actividad	AÑOS																							
	2019												2020											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	C	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Construcción del vivero para la reproducción de <i>B. recurvata</i> .	x	x																						
Recolecta de semilla de los bancos de germoplasma.	x	x																						
Reproducción de <i>B. recurvata</i> en vivero.			x	x	x	x																		
Mantenimiento del vivero (riego, trasplante de ejemplares).	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Presentación de la solicitud para registrar el plan de manejo, así como la solicitud de registro de la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA).		x	x	x																				
Generación del material divulgativo enfocado a resaltar la importancia ecológica y los beneficios de conservar a <i>B. recurvata</i> .			x	x																				
Impartir cursos de capacitación, así como talleres educativos en relación con la conservación del hábitat y de <i>B. recurvata</i> .	x			x			x			x			x			x			x			x		
Instalación de carteles en zonas de acceso a los cerros indicando que queda prohibida la extracción de semillas, plántulas e individuos juveniles.		x												x										
Repoblar los sitios de Tepecxitla, Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal, mediante los ejemplares obtenidos de la reproducción en vivero.																			x	x	x	x	x	x



**21. Especies (inventario)** (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias).

Flora:

Nombre común	Nombre científico	Marca	Proporción de sexos	Legal procedencia
Pata de elefante	<i>Beaucarnea recurvata</i>	Etiqueta	80% M y 20% F	Propiedad de la nación

**Ciclos biológicos de la especie:**

23. Indique los ciclos biológicos de la especie a aprovechar (reproducción, incubación, destete, muda de piel, pluma, pelaje, astas, entre otros) (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

**Fenología**

La fenología de *B. recurvata* en Chicontepec inicia con la floración de marzo a junio, fructifica de mayo a diciembre, su polinización es melitófila, es decir, propiciada por abejas del orden Hymenoptera. El número de inflorescencias por individuo presentó un promedio general de 5.9. A escala de sitios, Zapotal-Espinal tuvo un promedio mayor (9.5) y el menor en Cerro de Ixcacuatitla (1.8). Esta especie presenta sincronía en su floración, ya que sus individuos masculinos y femeninos florecen simultáneamente al ser una especie dioica.

La formación de hojas ocurre de marzo a abril y las va cambiando paulatinamente a lo largo de las estaciones del año. La dispersión de semillas es por viento (anemocoria) y ocurre de noviembre a febrero; el número de frutos por inflorescencia es de 1800 a 2000 con una semilla por fruto. No se registró germinación y supervivencia de individuos *in situ*, precedido por la extracción de semillas, herbivoría y la falta de humedad. Sin embargo, en condiciones *ex situ* las semillas germinan en un 100%; además es importante mencionar que la semilla debe estar totalmente madura para ser separada del raquis y así obtener mayores posibilidades de germinar.



Figura 30. Etapas de la fenología de *B. recurvata*, a) Floración, b) Fructificación y c) Formación de la inflorescencia

**PROGRAMA DE REPRODUCCIÓN:**

24. Indique las actividades que lo integran (montas, inseminación artificial, trasplante de embriones, cultivo de tejidos, entre otros). En caso de considerar reproducción con fines de repoblación o reintroducción señale el programa que garantice la calidad genética de los ejemplares (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias)

**Extracción de germoplasma**

En esta etapa se extraerá material genético (semillas) de los bancos de germoplasma que se encuentra en Cerro de Tepecxitla, Zapotal-Espinal y Cerro de Ixcacuatitla. El momento ideal para recolectar semillas es cuando los frutos están maduros (octubre, noviembre y diciembre) sobre la planta e inicia la dispersión. Estas deben recolectarse del mayor número de plantas y así mantener la variabilidad genética de la especie (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

Se extraerá una inflorescencia por individuo femenino tomando en cuenta que cada uno genera un promedio de ocho y cada inflorescencia genera entre 1800 a 2000 frutos. Esta recolecta de semillas será durante noviembre y diciembre, considerando que su dispersión inicia en noviembre y culmina en febrero. Además, es importante realizarla en este periodo debido a que los frutos y semillas se encuentran en su etapa madura, lo que facilitará su reproducción asexual. Para realizar esta actividad se contará con el permiso de Licencia de Colecta Científica expedido por SEMARNAT (oficio N°SGPA/DGVS/002581/18). Una vez recolectados los frutos se colocarán en charolas germinadoras para que su secado, una vez secos se guardarán en bolsas de papel en condiciones de oscuridad hasta que sean sembrados (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

**Germinación**

La siembra de semilla puede ser después de la recolecta del material genético, se recomienda colocar las semillas dentro de un recipiente con agua durante un periodo de 24 horas para ablandar



la cubierta o testa (Osorio-Rosales *et al.*, 2011). La siembra de semillas será en 20 charolas de unicel (Figura 5 c) de 67 x 34 cm, las cuales tienen capacidad de 200 cavidades. Cada semilla será depositada a una profundidad de 1 cm cubriéndola con una capa fina de sustrato, el cual estará compuesto por tierra negra, agrolita y Peat moss en una proporción de 1:1. Se espera que la germinación dure entre 10 y 12 días después de su siembra. El riego debe ser diario para mantener el sustrato húmedo cuidando de no remover la semilla. Las charolas no deben estar expuestas a los rayos del sol directamente, deben ser cubiertas con una malla o bien deben ser colocadas en zonas con sombra. Cuando la planta alcance una altura entre 10 y 20 cm el riego debe ser moderado generalmente cada dos días y cuando alcance una altura de 20 a 50 cm el riego debe ser una vez a la semana (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).



Figura 31. Preparación del sustrato y siembra de semilla; 1) tierra negra, 2) Peat moss y 3) siembra en charolas.

## Trasplante

Una vez que las plántulas hallan germinado y estas alcancen una altura entre 5 y 7 centímetros, se puede realizar el trasplante en bolsas de plástico de 10 cm de altura por 7 cm de diámetro, a los 6 meses se puede realizar otro trasplante en bolsas o macetas de 10 cm de diámetro lo que favorecerá al desarrollo de la base de la plántula. Posteriormente al año se realiza otro trasplante en macetas o bolsas más grandes (20 x 20 cm) preparándolas para la repoblación de los sitios o en su caso para la comercialización (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

## Control de plagas

En condiciones de vivero Pérez-Cortinez *et al.* (2010) y Hernández-Sandoval *et al.* (2011) describieron la presencia de hongos (*Coniothyrium concentricum*), moluscos (*Succinea luteola*), nemátodos (*Meloidogyne spp*), arácnidos (*Scyphophorus acupunctatus* e insectos; que ocasionan marchitamiento de hojas tiernas, de inflorescencias y daños a los frutos. En caso de encontrarnos con una plaga el control se realizará manualmente aplicando insecticidas caseros dependiendo la plaga a tratar.

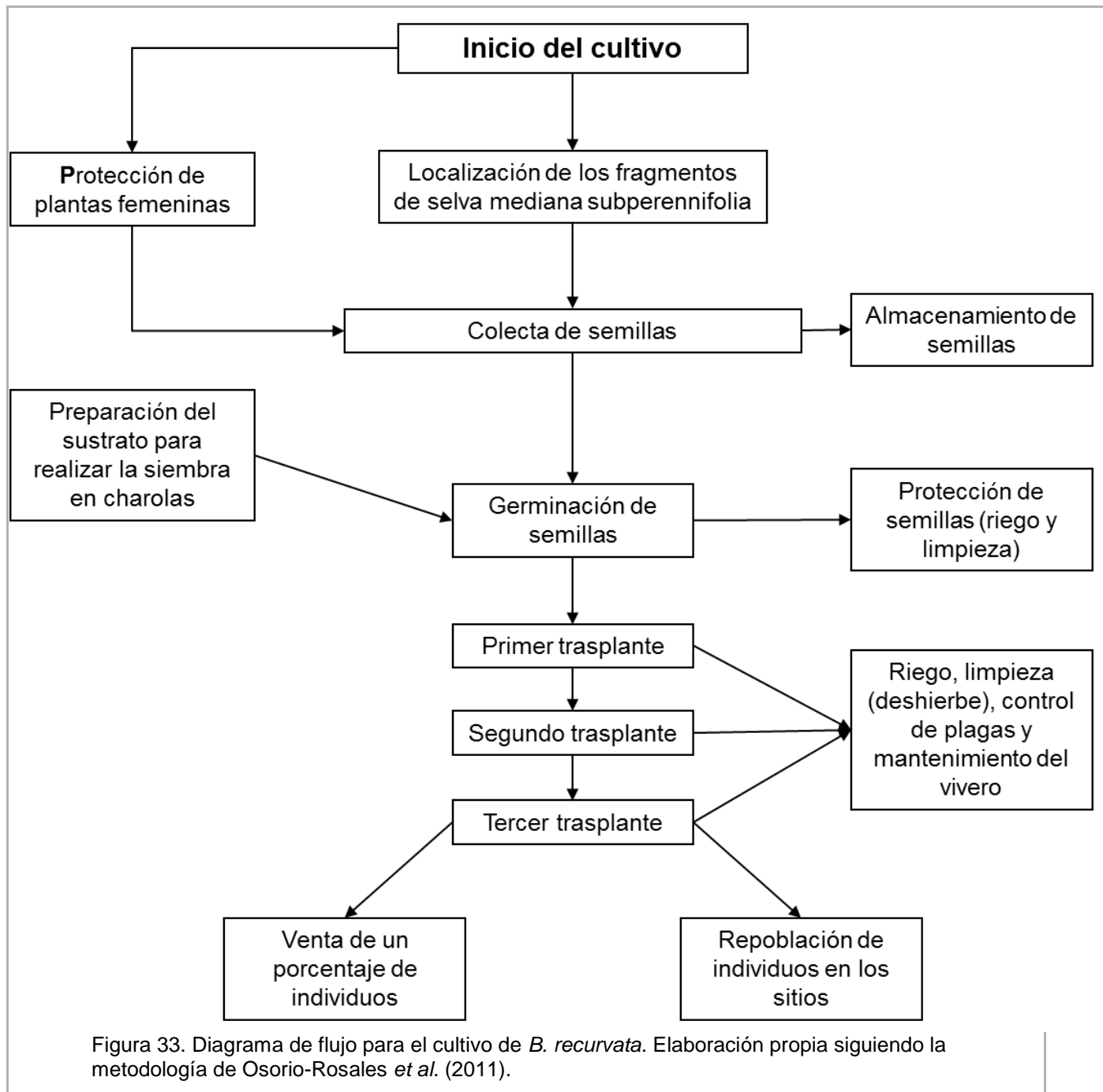


Figura 33. Diagrama de flujo para el cultivo de *B. recurvata*. Elaboración propia siguiendo la metodología de Osorio-Rosales *et al.* (2011).

### Manejo de especies en algún estatus de riesgo:

25. Para el caso de especies en riesgo debe describir los criterios, medidas y acciones para la reproducción controlada y el desarrollo de dicha población en su hábitat natural; diagnóstico de los factores locales que han llevado a disminuir las poblaciones de dichas especies y las medidas y acciones concretas para contrarrestarlos. (en caso de requerir más espacio puede anexar las hojas necesarias):

### Conservación y manejo de la población de *B. recurvata*

#### Problemática

En México la mayoría de las especies del género *Beaucarnea* han estado sometidas a fuertes presiones, de las que destacan la pérdida del hábitat, herbivoría, plagas y la sobre extracción ilegal de semillas, plántulas, juveniles y adultos para venta ilegal (Golubov *et al.*, 2007; Reyes-Silva *et al.*, 2013; CITES, 2015). En el caso particular de *B. recurvata* en Veracruz, se ha visto afectada por la continua fragmentación en la parte media de las cuencas de los ríos Actopan y La Antigua; lo que se ha traducido en daños en su estructura poblacional y de sexos, así como a los procesos naturales de regeneración de poblaciones silvestres (Osorio-Rosales *et al.*, 2011).

En Chicontepec el cambio de uso de suelo ha afectado considerablemente el tamaño poblacional de pata de elefante, ya que actualmente los ejidatarios han modificado el uso de suelo por terrenos agrícolas y ganaderos, reduciendo el área de distribución de la población a pequeños fragmentos donde no son posibles las actividades agropecuarias. Ocasionando serios problemas estructurales que ponen en riesgo la supervivencia de la especie, debido a la escasa regeneración natural y a las bajas densidades registradas. Por lo que se plantea realizar el siguiente programa de conservación y manejo.

### Programa de conservación y manejo

La conservación *ex situ* es la aplicación de una amplia variedad de recursos, técnicas e infraestructuras especializadas que contribuyen a la recuperación y sobrevivencia de individuos o poblaciones fuera de su hábitat natural. Cuyos objetivos se enfocan en mantener la diversidad genética para propósitos de reintroducción o restauración del hábitat, además de reducir los riesgos de extinción de especies o poblaciones silvestres (Lascuráin *et al.*, 2009; Cárdenas-López *et al.*, 2015). Por ello se establecerá un banco de germoplasma (vivero) en la comunidad de Ixcacuatitla, con el fin de reproducir y salvaguardar la diversidad genética que aún se encuentra en los sitios.

Acciones	Plazo	Resultados esperados	Indicadores	Responsables
Ubicar la población silvestre de pata de elefante en Chicontepec.	Corto plazo	Poblaciones identificadas de <i>B. recurvata</i> en el municipio de Chicontepec.	Número de poblaciones identificadas	Universidad Veracruzana
Localizar los individuos femeninos para la recolecta del germoplasma (semilla), para realizar la propagación en el vivero.	Corto y mediano plazo	Extracción de germoplasma con optima variabilidad genética.	Cantidad de semilla producida.	Universidad Veracruzana
Establecimiento de un vivero para reproducción de <i>B. recurvata</i> en la comunidad de Ixcacuatitla, perteneciente al municipio de Chicontepec; con el propósito de realizar la repoblación de los sitios.	Corto mediano y largo plazo	Producción y distribución del material vegetal (plántulas), en los sitios de Cerro Ixcacuatitla, Cerro de Tepecxitla y Zapotal-Espinal.	Número de plántulas obtenidas de <i>B. recurvata</i> .	Universidad Veracruzana y comité ejidal de Ixcacuatitla y Zapotal-Espinal.

Establecer un área bajo alguna figura de protección donde se pueda conservar a la especie.	Corto plazo	Establecimiento de una Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre.	UMA establecida.	SEMARNAT
--	-------------	--	------------------	----------

V. Responsable técnico

26. Nombres(s): Consuelo	27. Teléfono: 7838328222
Primer apellido: Domínguez	Fax:
Segundo apellido: Barradas	Correo electrónico: codominguez@uv.mx

28. Breve reseña de la experiencia y capacitación que tiene en el manejo de la vida silvestre:

Licenciada en Biología por la Universidad Veracruzana, cuenta con una especialidad en Fruticultura tropical por la Universidad veracruzana, tiene un doctorado en Biotecnología de Plantas por la Universidad Veracruzana. Es catedrática de la Universidad Veracruzana, es investigadora y ha desarrollado diversos proyectos como: Establecimiento de la colección Etnobotánica en el Herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Tuxpan, Veracruz; Establecimiento del jardín botánico de la Estación de Campo "Sierra de Otontepec" en las Cruces, Chontla, Veracruz.

Aportación de artículos, publicaciones, capítulos y libros:

- Alternativas para el manejo de *Bemisia spp.* en *Solanum melongena* L., en el valle de Culiacán, Sinaloa, México.

- Estructura y productividad de *Conocarpus erectus* L. (Mangle Botoncillo) en el sitio Ramsar No 162.
- Germinación de semillas de *Conocarpus erectus* var. *Sericeus* e. Forst. Ex dc. En condiciones de laboratorio.

El plan de manejo deberá ser elaborado por el responsable técnico, quien será responsable solidario con el titular de la unidad registrada, de la conservación de la vida silvestre y su hábitat, en caso de otorgarse la autorización y efectuarse el registro.

Dra. Consuelo Domínguez Barradas

29. Nombre y firma del responsable técnico

Instructivo para el llenado del formato

1. Escriba el nombre de la UMA a registrar.

## II. Objetivos específicos, metas a corto, mediano y largo plazos e indicadores de éxito

2. Seleccione los objetivos específicos que tendrá la UMA.
3. Describa cada uno de los objetivos específicos señalados.
4. Escriba la(s) o meta(s) de la UMA a realizar en el corto, mediano y largo plazos.
5. Un indicador de éxito es la información que muestra el grado de cumplimiento de las metas establecidas, e identifica insuficiencias y soluciones respecto a las medidas de manejo aprobadas, para el logro de los objetivos. Escriba los parámetros técnicos, sociales y económicos más adecuados que, con su evaluación continua y sistemática permitan observar el grado de avance en relación al planteamiento general que persigue la UMA de acuerdo a sus objetivos y metas, a fin de ajustar o corregir el manejo de vida silvestre de manera tal que se continúe o abandone el proyecto. Describa los indicadores de éxito de orden técnico, económico y social.

## III. Descripción física y biológica del área y su infraestructura.

6. Escriba el uso del suelo actual, donde se ubica la UMA.
7. Describa las actividades que se realizan en los predios colindantes al predio a registrar.
8. Indique el tipo de clima que predomina en la zona donde se ubica la una según la clasificación *köppen, modificada por García* (1988).
9. Escriba los valores climáticos que se presentan en la región donde se localiza la UMA predio (temperatura mínima y máxima, precipitación pluvial, humedad relativa, periodos de lluvias y secas), señale las fuentes de información consultadas y en el caso de que los datos se hayan obtenido de una estación particular anotar el método y las técnicas empleadas.
10. Escriba el nombre de la población humana más cercana impactada por el establecimiento y funcionamiento de la UMA y la distancia aproximada, en kilómetros, a la que se encuentra.
11. Anote el nombre de las carreteras o caminos por los cuales se puede tener acceso a la UMA y presente un croquis o carta topográfica en la que se indique con un trazo los caminos o veredas que comunican a la unidad de manejo.



12. Mencione la infraestructura con la que se cuenta dentro de la UMA, destinada exclusivamente para el manejo de vida silvestre (cabañas, desarrollos humanos, corrales de manejo, áreas de cuarentena, comederos, bebederos, espiaderos y viveros, entre otros).
13. Describa las instalaciones con las que cuenta la UMA, indicando materiales y medidas de encierros, áreas y zonas de manejo, entre otros. Señalarlas en un plano.
14. Enuncie los recursos humanos y materiales con los que operará la UMA.
15. Describa las acciones de manejo que va a realizar en la UMA (dieta, medicina preventiva, medidas sanitarias, patologías, técnicas de contención, de reproducción o propagación, entre otras) para lograr los objetivos y metas planteados. Determine las medidas necesarias sanitarias y de bioseguridad para efectuar traslados o movimientos de ejemplares, y en caso de llevar a cabo un programa de reproducción controlada, se deberá indicar el tamaño de los hatos y todas aquellas medidas que eviten la presentación de posibles alteraciones en la viabilidad y desarrollo de los ejemplares.
16. Describa las medidas o acciones que se implementarán cuando se presente algún tipo de siniestro o eventualidad (inundaciones, incendios forestales, deslaves de suelos, derrumbes, sequías, heladas, contingencias sanitarias, control de depredadores, entre otras).
17. Describa el programa que se implementara en cuanto a la vigilancia participativa enlistando las acciones preventivas y correctivas que se tomarán en cuenta para salvaguardar la integridad física de los trabajadores y de las poblaciones de especies silvestres que se distribuyan en la superficie de la UMA.
18. Señale las prácticas de manejo que se pretenden desarrollar en la UMA y asigne un periodo de duración para su planeación, ejecución y evaluación.

## Instructivo para el llenado del formato

### **IV. Medios y formas de aprovechamiento y sistema de marca para identificar los ejemplares, partes y derivados que sean aprovechados de manera sustentable.**

19. Según sea el caso, seleccione la finalidad del aprovechamiento extractivo que llevara a cabo la UMA.
20. Según sea el caso, seleccione la finalidad del aprovechamiento no extractivo que llevara a cabo la UMA.
21. En caso de que se pretenda manejar fauna, escriba el nombre común y científico de la especie, el sistema de marca y su número o clave, la proporción de sexos, desglosado en machos, hembras y sin sexar y los datos de la documentación con que se acredite la legal procedencia del ejemplar o ejemplares.
22. En caso de que se pretenda manejar flora u hongos, escriba el nombre común y científico de la especie, el sistema de marca y su número o clave; cuando se trate de flora indique además la cantidad de plantas madre, finalmente anote los datos de la documentación con que se acredite la legal procedencia del ejemplar o ejemplares.
23. Mencione en que periodos del año se presentan los diferentes ciclos biológicos de la especie o especies a manejar (reproducción, incubación, destete, floración, entre otros).
24. Describa el programa de reproducción que se seguira en la UMA, detallando las actividades a realizar considerando las diferentes estrategias reproductivas de las especies, así como el uso de técnicas en los diferentes eventos reproductivos. En caso de considerar reproducción con fines de repoblación o reintroducción señale el programa que garantice la calidad genética de los ejemplares.
25. En caso de manejar especies listadas en la nom-059-semarnat-2010 (disponible en la página electrónica de la SEMARNAT), deberá describir detalladamente las acciones para la reproducción controlada y las acciones a seguir para contrarrestar los factores que han motivado dicha situación, así como las acciones a seguir para poder repoblar o reintroducir en áreas donde fueron extirpadas. **V. Datos del responsable técnico.**
26. Escriba el nombre completo del responsable técnico, empezando por el apellido paterno, seguido del apellido materno y su nombre o nombres.
27. Anote el número telefónico y de fax, incluyendo la clave lada, así como el correo electrónico en los que el responsable técnico puede oír o recibir notificaciones.
28. Escriba una breve reseña curricular del responsable técnico en la que se señale profesión, capacitación y experiencia en el manejo de vida silvestre.

29. Escriba el nombre completo anotando el primer apellido, segundo apellido y nombre(s) y la firma autógrafa del responsable técnico que elaboro el plan de manejo.
30. Si existen dudas acerca del llenado de este formato puede usted acudir al Espacio de Contacto Ciudadano. (ECC) de la Delegación Federal de la SEMARNAT más cercana o consultar directamente al: 01800 0000 247 (Oficinas Centrales)

**Espacio de Contacto Ciudadano de la Subsecretaría de Gestión para la Protección Ambiental**

Av. Progreso N°. 3, Edificio de Espacio de Contacto Ciudadano,  
planta alta, colonia del Carmen, C. P. 04110, MÉXICO, D. F. Horario  
de atención de 9:30 A 15:00 HRS.

Correo electrónico:  
**tramites.dgvs@semarnat.gob.mx**

Página electrónica:  
**www.semarnat.gob.mx**

Los datos personales recabados para la atención de su trámite serán protegidos, incorporados y tratados en el Sistema Nacional de Trámites de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, con fundamento en el artículo 15 de la LFPA y 4, fracción II, inciso a) del Acuerdo por el que se crea y establecen las bases de funcionamiento del Sistema de Trámites de la SEMARNAT, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de junio de 2005. Lo anterior se informa en cumplimiento del Decimoséptimo de los Lineamientos de Protección de Datos Personales, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 30 de septiembre de 2005.



**Contacto:**

Av. Ejército Nacional #223, Col. Anáhuac,  
Delegación Miguel Hidalgo  
Distrito Federal CP. 11320  
Tel. (55) 5624-3309 y 10