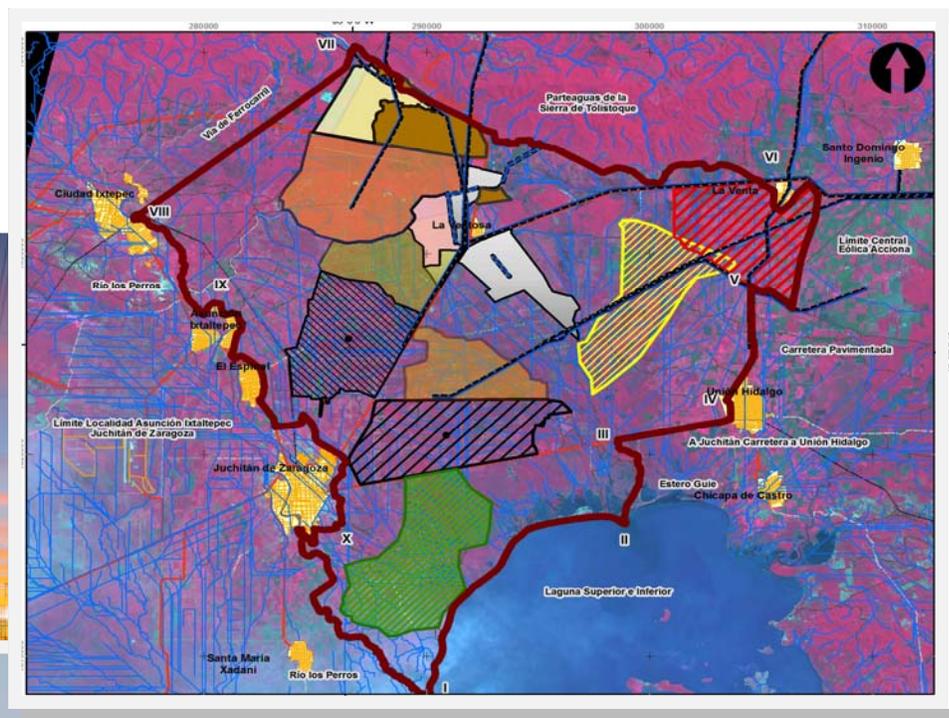


# ENERGÍA EÓLICA DEL SUR S.A.P.I. DE C.V.

## EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS ACUMULATIVOS RELACIONADOS CON LOS PROYECTOS EÓLICOS A ESTABLECERSE EN LOS PREDIOS JUCHITÁN Y EL ESPINAL



# ENERGÍA EÓLICA DEL SUR S.A.P.I. DE C.V.

## **Responsable del Estudio:**

**Dr. Rafael Villegas Patraca**

Coordinador General

Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados

## **Responsables técnicos:**

Dra. Beatriz Bolívar Cimé

M. en C. Oscar Muñoz Jiménez

Biol. Rodolfo López Polanco

## **Sistema de Información Geográfica**

### **Coordinadora:**

Lic. Marissa Mora Acosta

### **Técnico**

Geog. Verónica Osorio Carmona

## **Lugar de elaboración:**

Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados

Carretera Antigua Xalapa-Coatepec

Esq. Camino a Rancho Viejo N° 1

Fraccionamiento Briones

Coatepec, Veracruz, México



## Índice

Índice .....	i
Introducción .....	1
1. Objetivo .....	2
1.1 General .....	2
1.1.1. <b>Objetivos específicos</b> .....	2
1.1.2. <b>Objetivos particulares</b> .....	2
2. <b>Área de estudio</b> .....	2
3. <b>Evaluación de los impactos acumulativos relacionados con los proyectos eólicos a establecer en los predios Juchitán y El Espinal.</b> .....	3
<b>3.1. Metodología</b> .....	4
3.1.1. Delimitación y descripción del Sistema Ambiental Acumulativo .....	4
3.1.1.1. Ubicación geográfica .....	4
3.1.2. Criterios para la delimitación del Sistema Ambiental Acumulativo .....	6
3.1.3. Identificación de las cuestiones regionales de interés .....	11
3.1.4. Selección de Componentes Valorados del Ecosistema (VEC's) .....	11
3.1.4.1. Identificación de Componentes vulnerables .....	12
3.1.4.2. Identificación de Límites Espaciales y Temporales .....	12
4. <b>Evaluación de los impactos Acumulativos para los Parques Juchitán y El Espinal</b> 13	
<b>4.2. Identificación y establecimiento de Límites Espaciales y Temporales</b> .....	14
4.2.1. Escala Espacial .....	14
4.2.2. Escala Temporal .....	14
<b>4.3. Identificación de otras acciones y/o proyectos inmersos en el SAA</b> .....	14
<b>4.4. Identificación y evaluación de Vínculos</b> .....	15
4.4.1. Determinación de la Significancia de los Vínculos .....	16
<b>4.5. Resultados</b> .....	17
4.5.1. Cobertura vegetal .....	17



4.5.2.	Fauna .....	17
4.5.3.	Paisaje.....	18
<b>4.6.</b>	<b>Análisis de la vegetación sobre la tasa de transformación .....</b>	<b>19</b>
4.6.1.	Metodología.....	19
4.6.2.	Resultados.....	24
<b>4.7.</b>	<b>Análisis Comparativo del Riesgo de Colisión .....</b>	<b>34</b>
4.7.1.	Método .....	35
4.7.2.	Resultados.....	36
4.7.2.1.	Caso de estudio de la Central Eólica La Venta II.....	36
<b>4.8.</b>	<b>Calidad del Paisaje a nivel estructural .....</b>	<b>42</b>
<b>5.</b>	<b>Medidas correctivas propuestas para atender los efectos derivados de los impactos acumulativos, para los Componentes Valorados del Ecosistema asociados a los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal. ....</b>	<b>49</b>
5.1.	Descripción de medidas .....	50
5.1.1.	Cobertura vegetal .....	50
5.1.2.	Perdida de individuos por riesgo de colisión.....	51
5.1.3.	Intervención del Paisaje .....	52
<b>6.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>54</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>57</b>

## Introducción

Los impactos ecológicos más importantes que generan los parques de energía eólica son la muerte de aves y murciélagos por colisión contra los aerogeneradores, la pérdida de hábitat y el impacto visual al paisaje. Existen otros impactos asociados a la construcción de los parques, pero sin duda estos tres son los que prevalecen en todo el ciclo de los proyectos eólicos.

Al día de hoy todavía existen muchas incógnitas sobre las razones que provocan que las aves y los murciélagos se estén colisionando, cuáles son los factores ambientales que propician las colisiones y cuál es el impacto real sobre las poblaciones locales de las especies involucradas. Por lo tanto, la generación de información proveniente de programas de *Monitoreo Biológico* a largo plazo se debe implementar como una medida precautoria y como una estrategia para reducir la incertidumbre sobre este tema.

Se ha recomendado que un adecuado monitoreo de aves y murciélagos se debe realizar en las fases pre-construcción y de post-construcción de los parques eólicos. Los monitoreos pre-construcción crean las líneas base que serán monitoreados en las fases de post-construcción. Se trata de describir los patrones básicos de la comunidad como: diversidad y abundancia, gremios alimenticios, pero principalmente patrones de altura de vuelo y descripción del uso del hábitat. Con esta información base se pueden construir indicadores que tendrán que monitorearse en las etapas de construcción, mantenimiento y operación que permita detectar cambios en el comportamiento tanto de la avifauna como la quiropterofauna y de esta manera prevenir cualquier contingencia ambiental. Los monitoreos pre-construcción por lo menos deben incluir un ciclo anual previo a la instalación de un parque eólico.

En este sentido los proyectos eólicos que se pretenden instalar en los predios de El Espinal y Juchitán ya cuenta con estudios de monitoreo de aves y murciélagos. En el 2007 los trabajos de monitoreo solo se enfocaron en el grupo de las aves pero durante el 2011 hubo una actualización de la información que incluye a los murciélagos.

## **1. Objetivo**

### **1.1 General**

Evaluar los impactos acumulativos relacionados por la construcción y operación de los proyectos Juchitán y El Espinal, y con esto poder determinar las medidas correctivas que se instrumentaran para mitigar los riesgos e impactos ambientales potenciales durante la fase de construcción y operación de dichos parques.

#### **1.1.1. Objetivos específicos**

- Realizar una evaluación de impactos acumulativos generados por los proyectos eólicos construidos por la empresa Energía Eólica del Sur S.A.P.I. de C.V.

#### **1.1.2. Objetivos particulares**

- Identificar y evaluar los impactos acumulativos originados por pre y post-construcción de los parques eólicos El Espinal y Juchitán.

## **2. Área de estudio**

El área de estudio se encuentra conformada por dos predios delimitados para la inserción de los Proyectos ubicados en la región del Istmo de Tehuantepec: 1) Parque Eólico Juchitán (municipio. Juchitán) y, 2) Parque Eólico El Espinal (municipio. Espinal)

### **3. Evaluación de los impactos acumulativos relacionados con los proyectos eólicos a establecer en los predios Juchitán y El Espinal.**

Para la evaluación de los impactos acumulativos se estableció emplear una combinación de métodos que incluyen: Modelos de Impacto (Matrices), análisis espacial con base al Sistema de Información Geográfica (SIG) e indicadores de nivel de cambio en el paisaje. Los métodos mencionados serán empleados para analizar y evaluar los impactos de este estudio el cual será desarrollado según lo propuesto por Eccleston Charles. H. (2011) y lo emitido en la Guía de Profesionales en el Análisis de Impactos Acumulativos de la Agencia Canadiense de Evaluación Ambiental (CEEA, 1999).

Como primer paso para lograr una correcta evaluación de los impactos acumulativos, fue necesario la identificación de aquellos impactos potenciales representativos del desarrollo eólico. Para ello, a través de la participación de expertos y el análisis de sus opiniones, se generó una lista de impactos potenciales relacionados con los principales componentes ambientales de la región del Istmo de Tehuantepec y aquellos presentes en el Sistema Ambiental delimitado para los proyectos.

Una vez que se definieron los componentes, es importante delimitar espacialmente y de manera temporal el alcance de los efectos conocidos por las etapas en el desarrollo y operación de las Centrales, así como el límite de los componentes. Como primera parte de este apartado se ha llevado a cabo el establecimiento del Sistema Ambiental Acumulativo (SAA). En dicho sistema se presume la ocurrencia de diversas interacciones entre los componentes identificados y los efectos de los Parques Eólicos motivo de este estudio. El SAA se elaboró considerando las características del paisaje tanto naturales (orografía, hidrografía) como aquellas generadas por actividades humanas (áreas agrícolas, urbanas, vías de comunicación, parques eólicos) que de forma sinérgica estarían interactuando con el establecimiento de los parques.

### **3.1. Metodología**

#### **3.1.1. Delimitación y descripción del Sistema Ambiental Acumulativo**

En este apartado se presenta la metodología para definir el Sistema Ambiental Acumulativo (SAA) que es el área geográfica sobre la que incidirá directa e indirectamente la construcción y operación de los Parques Eólicos El Espinal y Juchitán, es decir la zona en la que puede originarse un efecto positivo o adverso, además de la interacción que resulte entre el proyecto y otras actividades (fuentes de impacto); de esta manera, llevar a cabo la identificación de aquellos impactos potenciales representativos del desarrollo eólico, con énfasis en el análisis de los impactos acumulativos, lo cual permitirá tener una apreciación de los efectos resultado de la interacción entre la industria eólica y actividades inmersas en la región.

##### **3.1.1.1. Ubicación geográfica**

El proyecto “Evaluación de Impactos acumulativos”, se encuentra conformado por dos polígonos cuya ubicación geográfica es, para el predio de Juchitán en el municipio de Juchitán de Zaragoza y para el predio de Espinal en los municipios de Espinal y Asunción Ixtaltepec, en el Estado de Oaxaca y cuyas coordenadas del centroide de Juchitán son: latitud norte  $16^{\circ} 27' 40.24''$ , longitud Oeste  $94^{\circ} 57' 31.68''$  y para el predio de Espinal son: latitud norte  $16^{\circ} 30' 14.72''$ , longitud Oeste  $95^{\circ} 0' 0.609''$ . (Figura 1).

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

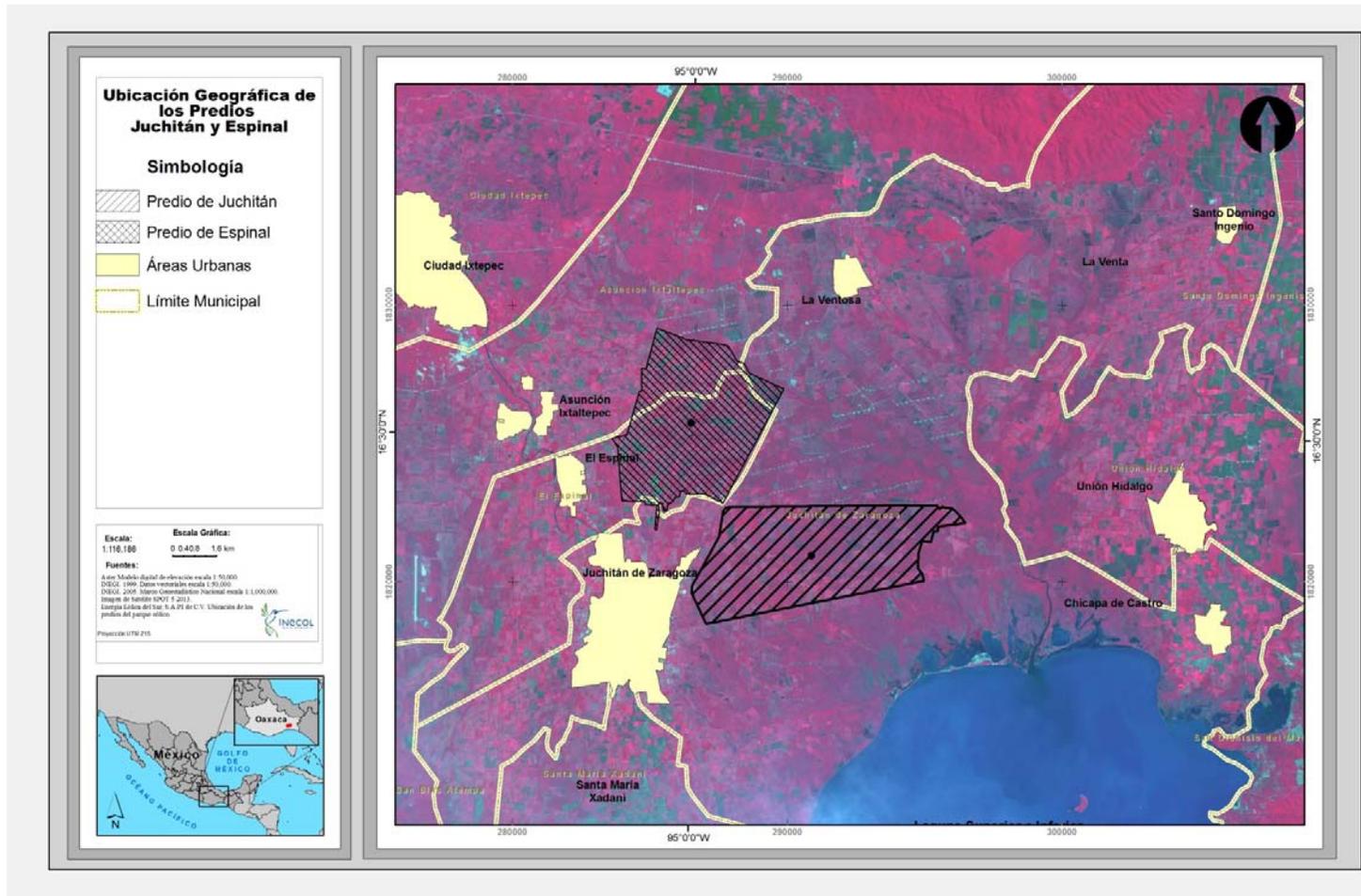


Figura 1. Ubicación de los predios Juchitán y El Espinal

### 3.1.2. Criterios para la delimitación del Sistema Ambiental Acumulativo

A continuación se explican los criterios utilizados en la delimitación del SAA, dentro del cual se encuentran ubicados ambos Parques y establece el primer paso para la Evaluación de Impactos Acumulativos.

La delimitación se llevó a cabo considerando elementos tales como vías de comunicación, cuerpos de agua (hidrología), relieve, así como las condiciones existentes, es decir, otros proyectos eólicos que se encuentran emplazados en la zona en la cual se encuentran ubicados los predios de Juchitán y El Espinal.

Para lo anterior se utilizó como método base el apoyo de un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el software ArcGIS versión 9.3, proyección WGS84, zona UTM 15N, así como el conjunto de datos vectoriales del Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI) correspondientes a información como hidrología, vías de comunicación, localidades, etc., una imagen de satélite SPOT 5 de fecha abril de 2013 y los datos vectoriales de las centrales eólicas que se encuentran ubicadas en la zona aledaña a la ubicación de los predios de Juchitán y El Espinal.

La evaluación para la delimitación del SAA se realizó mediante el proceso de fotointerpretación de imagen satelital sobre vectores en el SIG y cuyo proceso se realizó de manera analítica y gráfica considerando los criterios más relevantes, este proceso se muestra a continuación:

Se llevó a cabo una sobreposición de los vectoriales de hidrología, vías de comunicación, áreas urbanas, líneas de transmisión, parques eólicos sobre la imagen Spot 5, estos factores permitieron analizar espacialmente el alcance de las obras derivadas del proyecto. Al realizar el análisis se observó que en la parte sur, del punto I al punto II se encuentra la laguna superior e inferior la cual se toma como un criterio de delimitación ya que es una barrera, ya que más allá de esta no habrá efectos derivados del proyecto, del punto II al punto III se utilizó como límite el estero Guie, del punto II al punto IV se encuentra un límite establecido por la carretera pavimentada Juchitán de Zaragoza–Unión Hidalgo, del punto IV al punto V por la carretera pavimentada Unión Hidalgo-La Ventosa, del punto V al punto VI se observa un límite establecido por los límites del predio del parque eólico de la empresa Acciona, del punto VI al

punto VII tenemos el parteaguas de la Sierra de Tolistoque, del punto VII al punto VIII se encuentra delimitado por la vía del ferrocarril, del punto VIII al IX se encuentra el Río los perros, cuerpo de agua perene, del punto IX al punto X se encuentra delimitado por los límites de las áreas urbanas de Asunción Ixtaltepec y Juchitán de Zaragoza y finalmente del punto X al punto XI se establece como límite el Río los perros el cual desemboca en la Laguna superior en el punto I (Figura 2).

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

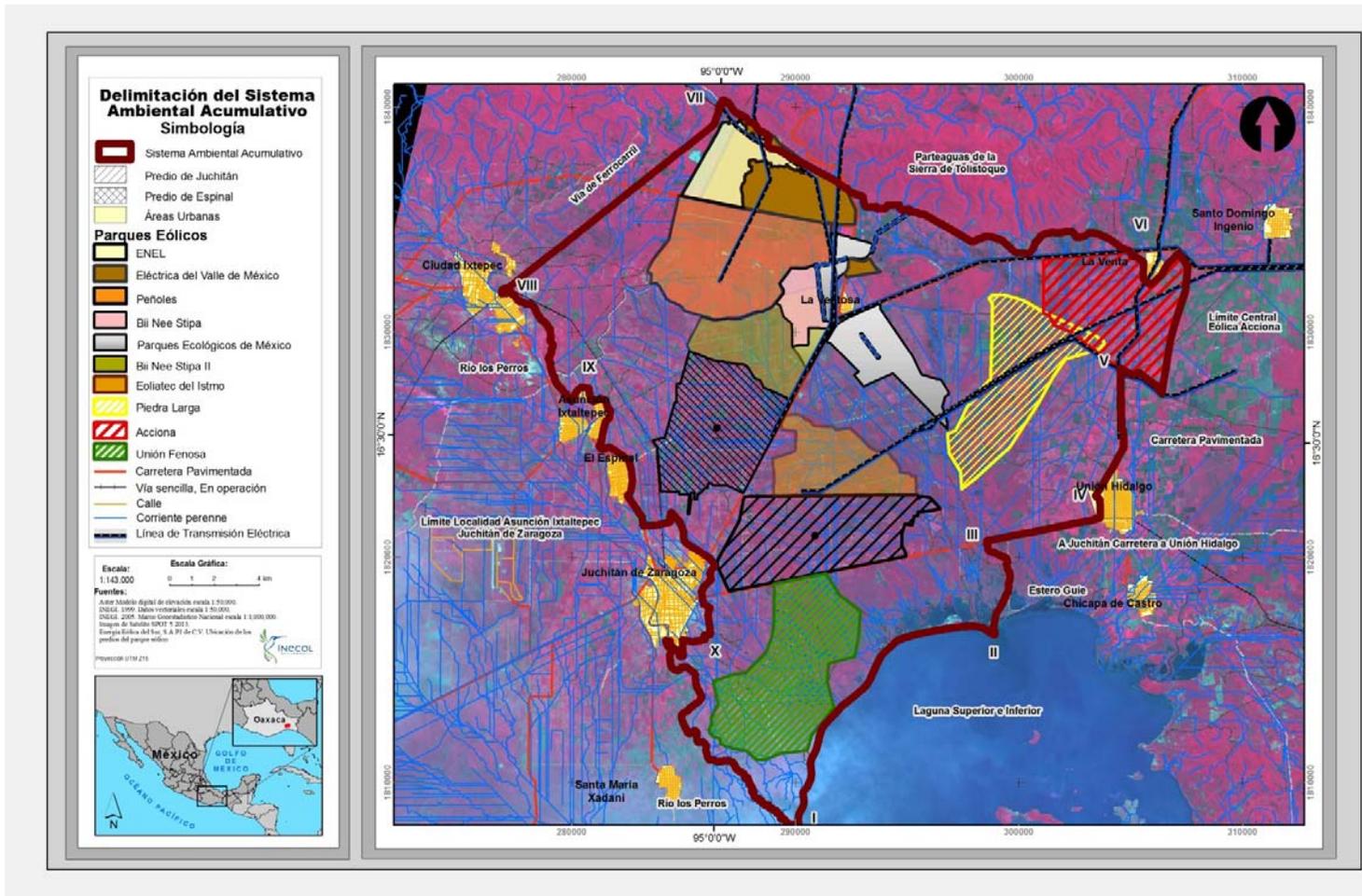


Figura 2. Delimitación del Sistema Ambiental Acumulativo para evaluar los impactos acumulativos.

Como resultado del procedimiento descrito anteriormente, el Sistema Ambiental para el proyecto queda delimitado por los factores hidrológicos, obteniendo un polígono irregular con una superficie de 46800.83 ha como se muestra en la figura 3.

Una vez que se delimitó el área de estudio o Sistema Ambiental Acumulativo, nombrado así para este caso. Se aplicó lo sugerido por la CEEA 1999 y Eccleston, C.H., 2001, lo cual incluye la determinación del alcance para el análisis de los impactos acumulativos.

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

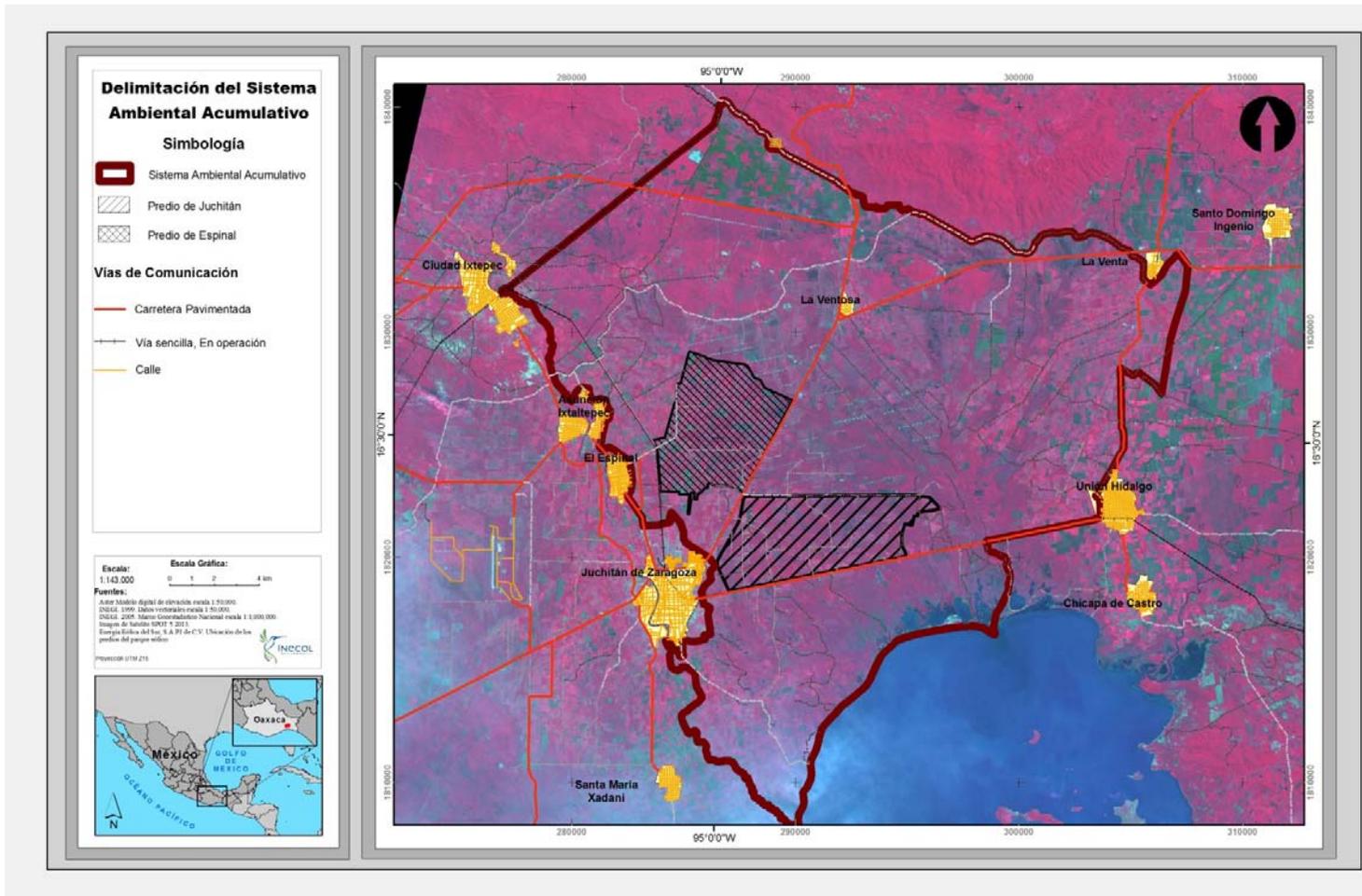


Figura 3. Sistema Ambiental Acumulativo (SAA) para los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal.

### **3.1.3. Identificación de las cuestiones regionales de interés**

La identificación de cuestiones o problemas de interés a nivel regional (Istmo de Tehuantepec), generalmente pueden conocerse a través de la población local, así como de interesados en la región (poblaciones o comunidades próximas a la región); mucho del conocimiento de la región también se obtiene de actores que en ésta operan, industria, organizaciones públicas, gobierno, etc. Por otra parte información referente a los efectos ambientales sobre temas regionales de interés (componentes ambientales), puede obtenerse mediante la consulta a especialistas con el conocimiento científico y las bases adecuadas para identificar efectos ambientales que se presentan en la región.

De acuerdo al párrafo anterior, la Unidad de Servicios Profesionales Altamente Especializados (USPAE) decidió con base a la experiencia principalmente de los especialistas que elaboran y han ejecutado Monitoreos Biológicos para diversos grupos de fauna y flora en la región del Istmo de Tehuantepec, identificar y determinar aquellos aspectos de interés en la región, principalmente componentes ambientales que interaccionan a diario con el desarrollo de ésta, y en todo momento con los Parques motivo del presente estudio.

### **3.1.4. Selección de Componentes Valorados del Ecosistema (VEC's)**

Los componentes del ecosistema que pueden considerarse valiosos, tanto del mundo natural como humano, son identificados y seleccionados mediante la participación de expertos en los diferentes temas que abarcan, así como en un proceso de revisión pública (Beanlands and Duinker 1983). Los valores atribuidos a los VEC's, nombrados así por sus siglas en inglés, pueden ser derivados de una importancia social, ambiental, económica, estética o ética. Los VEC's representan el punto central de investigación en cualquier Evaluación de Impacto Ambiental o Evaluación de Impactos Acumulativos.

Algo importante de los VEC's lo atribuye a su función como indicadores, lo cual permite su análisis y valoración de manera cualitativa y cuantitativa.

#### **3.1.4.1. Identificación de Componentes vulnerables**

Para efectos del presente estudio, la identificación de los componentes ambientales que pueden verse comprometidos por el desarrollo de los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal, obras asociadas y otras fuentes de impacto dentro de la región, se obtuvieron en primer instancia de la consulta de expertos, es decir, de la participación de especialistas en la USPAE los cuales han desarrollado y ejecutado trabajos en la región del Istmo de Tehuantepec.

Por otra parte se realizó un ejercicio para identificar las relaciones causa-efecto de actividades que se realizan en el desarrollo y operación de los Parque eólicos y su interacción con los componentes del ecosistema. Las interacciones resultantes fueron evaluadas mediante el método matricial de cribado (causa-efecto) que permitió un tamizado para identificar aquellos componentes vulnerables.

#### **3.1.4.2. Identificación de Límites Espaciales y Temporales**

Establecer límites es el proceso de realizar una delimitación de la zona y el periodo de tiempo examinando en una evaluación. Existen dos tipos de límites que fueron establecidos para el presente estudio: espacial y temporal. Límites espaciales se refieren al área de estudio del o los Proyectos, mientras que los límites temporales estarán relacionados con actividades desarrolladas en la región y que han sido motivo de cambios, así como sus efectos hacia los componentes ambientales.

#### 4. Evaluación de los impactos Acumulativos para los Parques Juchitán y El Espinal

##### 4.1. Selección de Componentes vulnerables

Como ya se mencionó anteriormente sobre los Componentes Valorados del Ecosistema (VEC's), son aquellos componentes que históricamente en los desarrollos de Centrales eólicas son vulnerables a los efectos originados durante la construcción y operación principalmente.

Para el estudio en cuestión los temas regionales de interés, los componentes de valor para este apartado serán (cuadro 1): Cobertura Vegetal (tasa de transformación de hábitat), Fauna Silvestre (perdida de individuos por colisión) y Paisaje (calidad del paisaje a nivel visual). Es importante mencionar que para estos componentes se han identificado los impactos acumulativos relacionados a las actividades comprendidas por el desarrollo de los Proyectos, estos son: Potencial degradación de hábitat como consecuencia de la disección y modificación de la vegetación presente en el área de estudio; Interferencia con desplazamientos naturales y/o migratorios de la Avifauna y quirópteros debido al potencial de colisión con la infraestructura implementada del proyecto, para este efecto es importante considerar otras fuentes de riesgo de colisión que darían paso a una sinergia, como son vías de comunicación, líneas de transmisión y parques eólicos aledaños al proyecto; finalmente el impacto paisajístico, derivado de insertar componentes ajenos al área natural (aerogeneradores, torres meteorológicas, sub-estación).

**Cuadro 1. Temas y componentes seleccionados**

Componente ambiental	Temas regionales de interés	Componentes valorados del ecosistema
Cobertura vegetal	Alteración del hábitat	Tasa de transformación de hábitat
Fauna silvestre	Perdida de individuos por colisión	Aves y murciélagos
Paisaje	Alteración del hábitat, impacto visual	Calidad del paisaje

## **4.2. Identificación y establecimiento de Límites Espaciales y Temporales**

### **4.2.1. Escala Espacial**

El límite espacial propuesto para el análisis de los impactos acumulativos fue el Sistema Ambiental Acumulativo, considerando como área de influencia la zona en donde se desarrollarán los Parques Juchitán y Espinal. La delimitación del SAA involucra las características del paisaje tanto naturales (orografía, hidrografía) como aquellas generadas por actividades humanas (áreas agrícolas, urbanas, vías de comunicación, parques eólicos) que de forma sinérgica estarían interactuando con el establecimiento de los parques.

### **4.2.2. Escala Temporal**

Considerando al SAA como el límite espacial, se tomaron en cuenta los proyectos inmersos en él, enfatizando los desarrollos eólicos, los cuales históricamente tienen inicio en 1994 con el proyecto piloto de CFE denominado La Venta I constituido por siete aerogeneradores, posteriormente se realizaron otros parques hasta la actualidad. Un parámetro importante para delimitar una escala temporal es la vida útil de un Parque eólico, la cual generalmente se estima a 30 años, aunque la vida útil podría variar dependiendo de cuestiones técnicas y económicas, las mismas que no pueden ser analizadas de un modo definitivo.

## **4.3. Identificación de otras acciones y/o proyectos inmersos en el SAA**

Para el análisis de los efectos acumulativos y atendiendo el aspecto de sinergias, se han considerado otras actividades previsibles, cuyos efectos podrían combinarse con los ocasionados por el desarrollo de los Parques eólicos Juchitán y El Espinal, lo que podría incrementar algún efecto acumulativo, incluyendo las interacciones de los impactos generando efectos sinérgicos.

Por otro lado, se han establecido diversas actividades y desarrollos en el ámbito de energía eólica, transmisión de energía eléctrica, Oleoductos y Gasoductos, así como las vías de comunicación entre municipios y/o comunidades. Fuentes de impacto potencial que de acuerdo

a diversos artículos especializados, tienen un efecto significativo para los componentes seleccionados (VEC's).

Actualmente se cuenta con las siguientes obras dentro del SAA:

- ✓ Parque eólico ENEL
- ✓ Parque eólico Eléctrica del Valle de México
- ✓ Parque eólico Peñoles
- ✓ Parque eólico Bii Nee Stipa
- ✓ Parque eólico Parques eólicos de México
- ✓ Parque eólico Bii Nee Stipa II
- ✓ Parque eólico Eoliatec del Istmo
- ✓ Parque eólico Piedra Larga
- ✓ Parque eólico Acciona
- ✓ Parque eólico Fenosa
- ✓ Línea de transmisión aérea 230 kV
- ✓ Vías de comunicación
- ✓ Gasoductos y/o Oleoductos

#### **4.4. Identificación y evaluación de Vínculos**

En cada componente ambiental, se evaluarán las relaciones causa-efecto entre las actividades y los VEC's. Los vínculos resultantes se validarán evaluando la pertinencia y la probabilidad de ocurrencia de cada una de ellas. Sólo se consideran válidos aquellos vínculos que fueron pertinentes y que presentan una probabilidad de ocurrencia mayor a 50%. Mediante los atributos incluidos en el Cuadro 2 se evaluarán los vínculos identificados:

**Cuadro 2. Atributos de valoración de vínculos**

Atributos	Opciones	Definición
Signo	positivo	Efecto benéfico sobre el VEC
	Neutral	No hay cambios en el VEC
	Negativo	Efecto adverso en el VEC
Magnitud	Baja	Efecto mínimo
	Media	Efecto medible en el mediano plazo con esperanza de recuperación a condiciones pre-proyecto
	Alta	Efecto medible a lo largo del proyecto con recuperación limitada
Duración	Corto plazo	Efectos menores a 1 año
	Mediano plazo	Efectos de 1-10 años
	Largo plazo	Efectos mayores a 10 años
Frecuencia	Única	Ocurre solo una vez
	Continua	Ocurre regularmente y en intervalos regulares
	Discontinua	Ocurre raramente y en intervalos irregulares
Probabilidad de ocurrencia	Baja	Menor a 25%
	Media	Entre 25-50%
	Alta	Mayor al 50%

#### 4.4.1. Determinación de la Significancia de los Vínculos

Una vez identificados los vínculos, el siguiente paso es determinar la Significancia de estos. La Significancia de un vínculo (y el efecto consecuente) es una función de su magnitud, duración, frecuencia y confianza de ocurrencia. Se definen como significativas aquellos vínculos que: 1) presentan media o alta magnitud; 2) presentan mediano o largo plazo; 3) presentan frecuencia discontinua o continua; y 4) presentan media o alta probabilidad en su ocurrencia. Los vínculos no significativos no alcanzan estos criterios y no causarán efectos perceptibles sobre algún componente ambiental.

Durante la determinación de los vínculos significativos se ha considerado si las vías asociadas al Proyecto, cuando se les considera en combinación con otras acciones pasadas y futuras

estimadas en el análisis, podrían dar como resultado impactos residuales y acumulativos sobre los VEC's.

Para determinar si un efecto es acumulativo, se ha considerado si la magnitud o el alcance del efecto aumentará en forma significativa en caso se produzca una combinación con otros efectos dentro del límite espacial considerado.

Con el fin de determinar si un efecto podría ser residual, se determinó si se podrían seguir presentando los efectos tras la implementación de las medidas de mitigación que se han definido para el proyecto, y en qué magnitud podría suceder.

En esta fase es importante considerar que los potenciales efectos acumulativos o residuales, están referidos al aporte potencial generado por las acciones del proyecto sobre las otras acciones identificadas, y no entre el resto de las acciones entre sí.

## **4.5. Resultados**

### **4.5.1. Cobertura vegetal**

El resultado del diagrama causa-efecto (Anexo 1) indica los vínculos existentes considerando para esto las actividades principales de la zona. El Anexo 1.1 resume la valoración de los vínculos indicados. De los 65 vínculos identificados, 38 son válidos.

El análisis identifica 10 actividades en la zona (además de los Proyectos) que generan efectos que pueden relacionarse entre sí. Los efectos observados se dividen, a su vez, en dos niveles: 5 de Primer Orden, los cuales pueden ser potencialmente generados por las actividades identificadas, y 2 de Segundo Orden, cuya generación está asociada a la combinación de otros efectos y no necesariamente a las actividades en sí.

### **4.5.2. Fauna**

El resultado del diagrama causa-efecto (Anexo 2) indica los vínculos existentes considerando para esto las actividades principales de la zona. El Anexo 2.1 resume la valoración de los vínculos indicados. De los 52 vínculos identificados, 27 son válidos.

El análisis identifica 10 actividades en la zona (además de los Proyectos) que generan efectos que pueden relacionarse entre sí. Los efectos observados se dividen, a su vez, en dos niveles: 4 de Primer Orden, los cuales pueden ser potencialmente generados por las actividades

identificadas, y 2 de Segundo Orden, cuya generación está asociada a la combinación de otros efectos y no necesariamente a las actividades en sí.

#### 4.5.3. Paisaje

El resultado del diagrama causa-efecto (Anexo 3) indica los vínculos existentes considerando para esto las actividades principales de la zona. El Anexo 3.1 resume la valoración de los vínculos indicados. De los 24 vínculos identificados, 15 son válidos.

El análisis identifica 10 actividades en la zona (además del Proyecto) que generarán efectos que pueden relacionarse entre sí. Los efectos observados se dividen, a su vez, en dos niveles: 2 de Primer Orden, los cuales pueden ser potencialmente generados por las actividades identificadas y 1 de Segundo Orden, cuya generación está asociada a la combinación de otros efectos y no necesariamente a las actividades en sí.

En los apartados siguientes se realizaron análisis comparativos y deductivos con el apoyo de diversas herramientas y con referentes bibliográficos, para poder describir algunos de los efectos originados por impactos acumulativos, particularmente atribuidos al desarrollo de Parques Eólicos

Partiendo de lo anterior, específicamente para los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal se desarrollaron los siguientes componentes de este estudio: a) Análisis de la vegetación sobre la tasa de transformación; b) Análisis comparativo de colisiones de aves y murciélagos y; c) Análisis de las métricas del Paisaje.

## 4.6. Análisis de la vegetación sobre la tasa de transformación

### 4.6.1. Metodología

#### Imágenes de satélite empleadas

Para determinar el Uso de Suelo y Vegetación del SAR se analizaron cuatro escenas de distintas fechas las cuales fueron obtenidas por el satélite LANDSAT 4 TM, LANDSAT 5 TM. Las tres escenas fueron capturadas en la temporada de invierno (ver Cuadro 3).

Cabe hacer mención que para el análisis de cambio de uso de suelo solamente se emplearon imágenes del satélite LANDSAT, pues este satélite cuenta con escenas de años más antiguos, a diferencia del SPOT, que es más reciente y no posee imágenes de la década de los 70's .

**Cuadro 3. Relación de imágenes utilizadas en el análisis de cambio**

SATELITE	FECHA DE LA ESCENA	IDENTIFICADOR	RESOLUCIÓN ESPACIAL
LANDSAT 4 TM	11/04/1992	P23 - R49	30 metros
LANDSAT 5 TM	27/03/2001	P23 - R49	30 metros
LANDSAT 5 TM	23/03/2011	P23 - R49	30 metros

#### Pre-procesamiento de las escenas

Se empleó el software ERDAS 9.1 para unir las distintas bandas espectrales que conforman a cada una de las imágenes LANDSAT, para posteriormente, realizar una corrección atmosférica en el software Geomatica 2012, proceso que sirve para eliminar efectos atmosféricos como bruma y algunas nubes que podrían dificultar el análisis y clasificación de la vegetación. Para ello se empleó el algoritmo ATCOR 3, el cual toma en cuenta un Modelo Digital de Elevación (MDE) para realizar la corrección y dar un resultado más preciso en la imagen de satélite y minimizar las sombras ocasionadas por efecto de los rasgos topográficos. La corrección atmosférica requiere de datos auxiliares tales como el tipo de sensor y satélite, la fecha y hora en que fue tomada la imagen, la elevación y el azimut del Sol, la proyección geográfica y el datum que usa la imagen; así como también la coordenada central de la escena.

Después de haber aplicado todos estos procesos se realizó un corte (subset) para el límite del SAR a todas las imágenes LANDSAT. Dichos cortes se realizaron con la finalidad de excluir zonas que no interesan en el análisis.

### **Clasificación de la vegetación y los tipos de uso de suelo actuales**

Se comenzó por clasificar la imagen del año más reciente (2011); ello con el fin de conocer el paisaje actual ya que teniendo este conocimiento previo es más sencillo interpretar las imágenes de años anteriores. Por tal motivo fue necesario obtener mediante un GPS la localización geográfica de los distintos tipos de vegetación; para lo cual se emplearon todos los puntos recolectados en los muestreos y transectos que se realizaron en el SAR.

Habiendo verificado el tipo de vegetación en campo se cargaron estos puntos en el software ArcMap 9.3 para visualizarlos en conjunto con la imagen de satélite. Mediante ello se pudieron apreciar visualmente las características de color y textura que muestra la imagen en el sitio que se visitó y en cual se identificó la vegetación.

Tomando en cuenta las observaciones de los recorridos de campo y la interpretación visual de la imagen satelital se procedió a crear más puntos en la computadora (sitios de entrenamiento), para realizar la clasificación supervisada.

Se crearon un total de 46 sitios de entrenamiento, combinando entre sí los puntos de campo y los puntos realizados visualmente tomando en cuenta las características de textura y color de la imagen.

Posteriormente en el programa ENVI 4.8 se realizó la clasificación supervisada empleando la combinación de bandas RGB 4-3-2 para LANDSAT 5. Se usó el algoritmo de máxima verosimilitud (Maximum Likelihood) y se obtuvieron las firmas espectrales de cada sitio de entrenamiento, las cuales permiten diferenciar los objetos en la superficie (tipos de vegetación) ya que reflejan los distintos patrones de reflectancia característicos para cada uso del suelo y tipo de vegetación.

Finalmente, después de haber generado varias clasificaciones se tomó la que más se asemejaba a la realidad y que no confundía distintos usos de suelo o de vegetación.

Inmediatamente de ello se le realizó una minuciosa verificación visual en donde se hicieron correcciones manuales para asegurar que no hubiera zonas que se confundieran con otro tipo de vegetación y si fuera así recodificar o editar la zona que tuviera error. Se detectaron ocho distintos tipos de uso de suelo agrupando como agropecuario: pastizal y el agrícola. (ver Cuadro 4)

**Cuadro 4. Tipos de vegetación identificados en las imágenes LANDSAT y en los recorridos de campo.**

<b>Tipo de vegetación/Uso de Suelo</b>
Mangle
Bosque Tropical Caducifolio
Acahual
Ripario
Agropecuario
Cuerpo de agua
Suelo desnudo
Área urbana

Para obtener la clasificación supervisada algo que también fue de ayuda es el empleo de distintas fuentes de información para comprobar la clasificación, como es el caso de otras clasificaciones de uso de suelo existentes o incluso una sencilla aplicación que vincula al SIG ArcMap 9.3 con Google Earth y se puede visualizar la misma zona en ambos programas con fines de validación.

#### **Clasificación de los tipos de vegetación y uso del suelo 1992 y 2001**

Para poder realizar la clasificación de uso de suelo de estos años se siguió el mismo método que fue descrito para la clasificación 2011, salvo que aquí se eliminaron los sitios de entrenamiento que se emplearon durante la clasificación del año 2011, puesto que no coincidirían con estos años. Solamente se emplearon puntos visuales que fueron generados en la computadora. Las combinaciones de las bandas fueron RGB 4-3-2 para LANDSAT 4 TM, y 5 TM.

**Detección de cambio y tasa de deforestación.**

Habiendo obtenido las clasificaciones de uso de suelo de 1992, 2001 y 2011 se reclasificaron para cada año los distintos usos de suelo en Arc Map 9.3 con la ayuda de la herramienta Reclassify. El procedimiento para reclasificar consiste en agrupar los distintos usos de suelo en dos clases, Cubierta forestal y Zona deforestada, quedando de la siguiente manera: (ver Cuadro 5)

**Cuadro 5. Nuevas clases y códigos para los distintos usos de suelo en el SAA del área de influencia de los Proyectos Juchitán y El Espinal**

Uso de Suelo	Clase	Código
Mangle	Cubierta forestal	1
Bosque Tropical Caducifolio	Cubierta forestal	1
Acahual	Cubierta forestal	1
Ripario	Cubierta forestal	1
Agropecuario	Zona deforestada	2
Cuerpo de agua	Zona deforestada	2
Suelo desnudo	Zona deforestada	2
Área urbana	Zona deforestada	2

Posteriormente se utilizó la herramienta Combine en ArcMap 9.3, la cual permitió combinar las distintas clasificaciones entre sí para obtener como resultado final el análisis de cambios multi-temporales; mismos que permiten conocer que transformaciones ha sufrido el SAR y el área de influencia a lo largo de 19 años (1992-2001, 2001-2011 y 1992-2011).

De la combinación de códigos de las diferentes capas multi-temporales se obtienen cuatro distintas clasificaciones: Cobertura arbórea sin cambios, Zonas deforestadas sin cambios, Deforestación – Impacto y Regeneración. (ver Cuadro 6)

**Cuadro 6. Interpretación de las combinaciones entre códigos de distintas fechas de uso de suelo para obtener los cambios de uso de suelo**

Código año más antiguo	Código año más reciente	Interpretación
1	1	Cobertura arbórea sin cambios
1	2	Deforestación – Impacto
2	2	Zonas deforestadas sin cambios
2	1	Regeneración

Por otra parte, después de haber obtenido las superficies de cada uso de suelo se calculó la tasa de cambio de uso del suelo y vegetación, misma que se estimó con la siguiente ecuación:

$$\delta n = (S2/S1)^{1/n} - 1$$

Donde:

$\delta$  = tasa de cambio (para expresar en %, multiplicar por 100)

S1 = superficie forestal, al inicio del periodo

S2 = superficie forestal, al final del periodo

1/n= número de años del período analizado

#### 4.6.2. Resultados

La región del Istmo del Istmo de Tehuantepec se encuentra inmersa en la Provincia Florística de la Costa Pacífica, una región que se extiende en forma de una franja estrecha y continua desde el este de Sonora y SE de Chihuahua hasta Chiapas prolongándose a lo largo de la misma vertiente hasta Centroamérica, que específicamente en el Istmo de Tehuantepec incluye la Depresión Central de Chiapas. El clima en esta Provincia Florística es caliente y semihúmedo o semiseco, lo que propicia el desarrollo de los tipos de vegetación dominantes, como son el bosque tropical caducifolio y el subcaducifolio.

Ahora bien el SAA delimitado para los proyectos Juchitán y El Espinal, está inmerso en la Provincia Florística de la Costa Pacífica dentro la cual existen distintos tipos de vegetación y usos de suelo, de manera natural tenemos vegetación de tipo: Bosque Tropical Subcaducifolio, Bosque Tropical Caducifolio, Ripario, Acahual, Pastizal y, por otro lado, se encuentran los usos o vocación del suelo: Agrícola, Área Urbana y Suelo desnudo; para poder entender mejor en el análisis los usos de suelo y vegetación presente en el SAA, se realizó una figura (Figura 4) la cual dispone de imágenes de las variables vegetación y uso de suelo a través de un periodo de tiempo considerado entre 1992 y 2011, lo que hace posible distinguir los procesos de cambio atribuidos a factores que más adelante se mencionan.

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

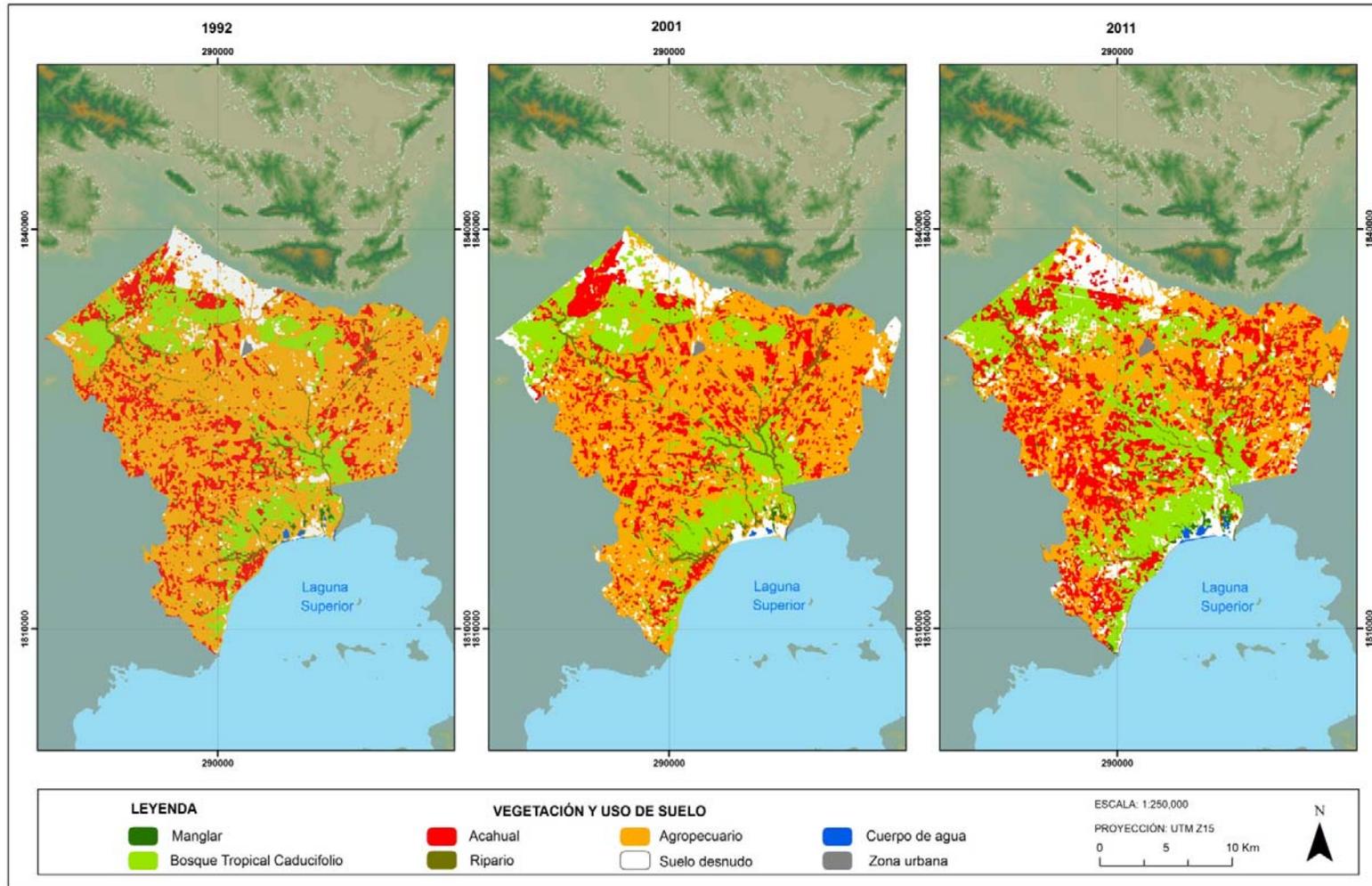


Figura 4. Vegetación y uso de suelo identificado para el Sistema Ambiental Acumulativo

La figura anterior refleja cómo se ha estado configurando el SAA en las últimas décadas, a través del uso de suelo y los tipos de vegetación, recalcando que uno de los principales perturbadores que genera presión en los ecosistemas ha sido la actividad Agrícola; además es notable que la parte Sur correspondiente a la Laguna Superior se torna como uno de los sitios con mayor cobertura vegetal y posiblemente en mejor estado de conservación. Más sin embargo también podemos notar como a través del tiempo se ha incrementado la superficie destinada al uso agrícola (Cuadro 7) y esto a su vez reduce la superficie de vegetación primaria y secundaria.

**Cuadro 7. Superficies en hectáreas y en porcentaje para distintos usos de suelo para los años 1992, 2001 y 2011.**

USO DE SUELO	AÑOS 1992 (%)	2001 (%)	2011 (%)
Mangle	118.53 (0.25)	239.04 (0.50)	233.55 (0.49)
Bosque Tropical Caducifolio	7236.00 (15.17)	9664.02 (20.26)	12100.41 (25.37)
Acahual	7854.30 (16.47)	8217.00 (17.23)	12176.91 (25.53)
Ripario	1082.88 (2.27)	1426.95 (2.99)	727.02 (1.52)
Agropecuario	27968.13 (58.64)	24313.68 (50.98)	16735.32 (35.09)
Cuerpo de agua	83.52 (0.18)	38.70 (0.08)	160.11 (0.34)
Suelo desnudo	3292.65 (6.90)	3724.47 (7.81)	5443.29 (11.41)
Área urbana	57.42 (0.12)	69.57 (0.15)	116.82 (0.24)

Se realizó una gráfica (Figura 5) de los porcentajes de la tabla anterior en donde se muestran las variaciones que han tenido algunos usos de suelo a través del periodo 1992-2011. Pudiendo notar que no existe una continuidad en cuanto al aumento o disminución de superficies, más sin embargo para el BTC y Acahual de BTC en los periodos 2001 a 2011 hubo cambios considerables.

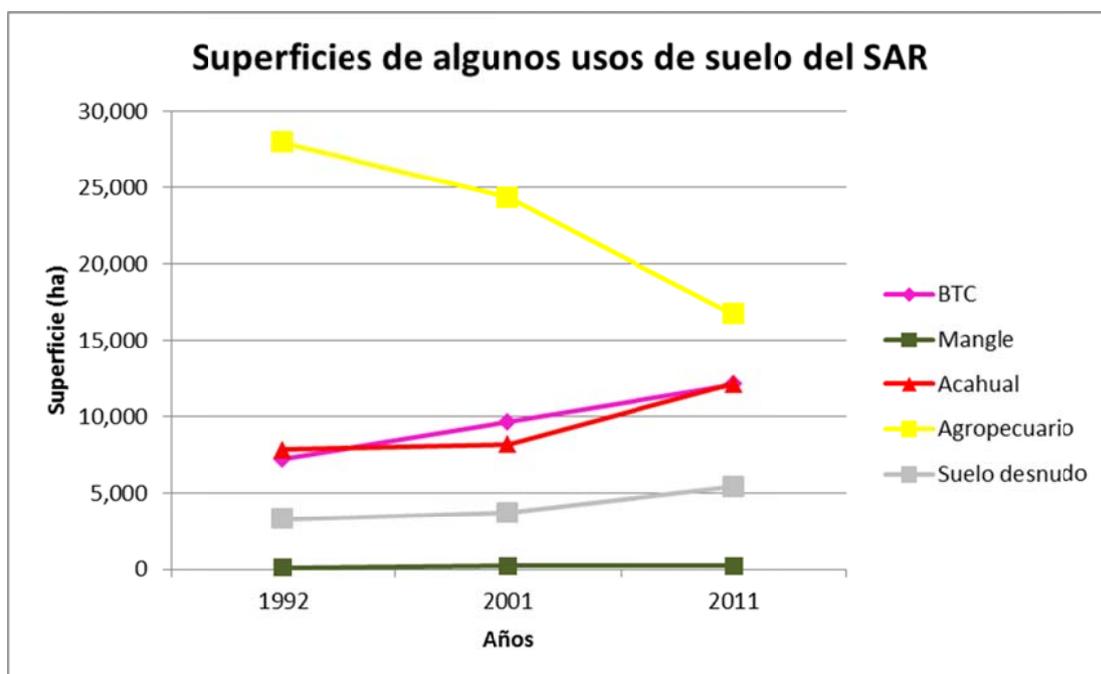
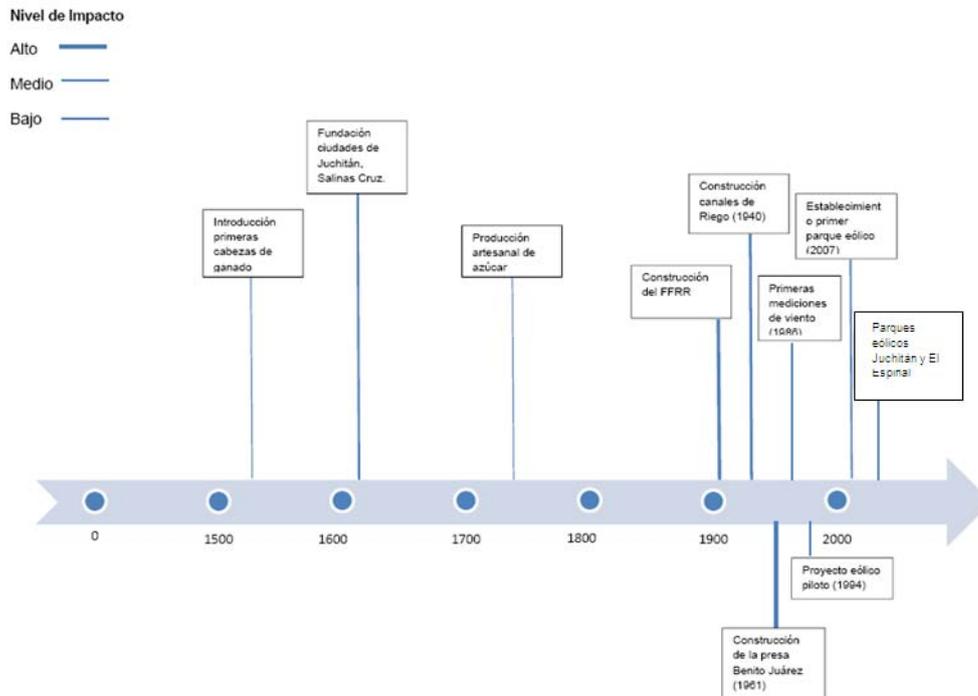


Figura 5. Distribución de vegetación y usos de suelo para los años 1992,2001 y 2011.

A lo largo del tiempo la vegetación predominante en el Istmo de Tehuantepec ha sido configurada principalmente por las actividades humanas, dominando actualmente los cultivos y pastizales. A través de una documentación bibliográfica se ha logrado identificar las principales etapas de transformación de paisaje que han sido ubicadas en una línea de tiempo (figura 6).

## Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal



**Figura 6. Línea de tiempo de los procesos de transformación en la región del Istmo de Tehuantepec.**

Uno de los aspectos que nos interesa para el análisis de este apartado se relaciona con la ubicación geográfica de la región. Dadas las condiciones predominantes durante la mayor parte del año en el SAA se cuenta con vientos de manera intensa y constante lo que originó en la década de 1980 que se realizaran estudios para conocer el potencial eólico de la región, instalándose torres anemométricas (Borja-Díaz et al.2005). En 1994 se instaló la primera prueba piloto con alrededor de siete aerogeneradores, corroborando lo que ya se había pronosticado, un alto potencial eólico (Muñoz 2012). La central eólica La Venta I con una capacidad de generación de 1575 Kw demostraron que la energía eólica era rentable dada la calidad de los vientos que predominan en la región. A partir de ahí surgió el proyecto de desarrollar un corredor eólico con la meta de producir cerca de 3000 MW por año, lo anterior más la infraestructura asociada como lo son líneas de transmisión y subestaciones eléctricas, factor que ha contribuido en los procesos de cambio en el paisaje y biodiversidad.



## Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

---

En la siguiente Figura 7 se puede apreciar las superficies que han modificado la vegetación y uso de suelo, debido principalmente por la deforestación con el propósito de establecer aprovechamientos para actividades humanas. Respecto a la cobertura arbórea se deduce que los cambios han sido dinámicos, es decir, existe pérdida de cobertura como regeneración de la misma, lo que ha llevado considerando el periodo de 1992 a 2011 a una disminución de superficie vegetal Cuadro 8.

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

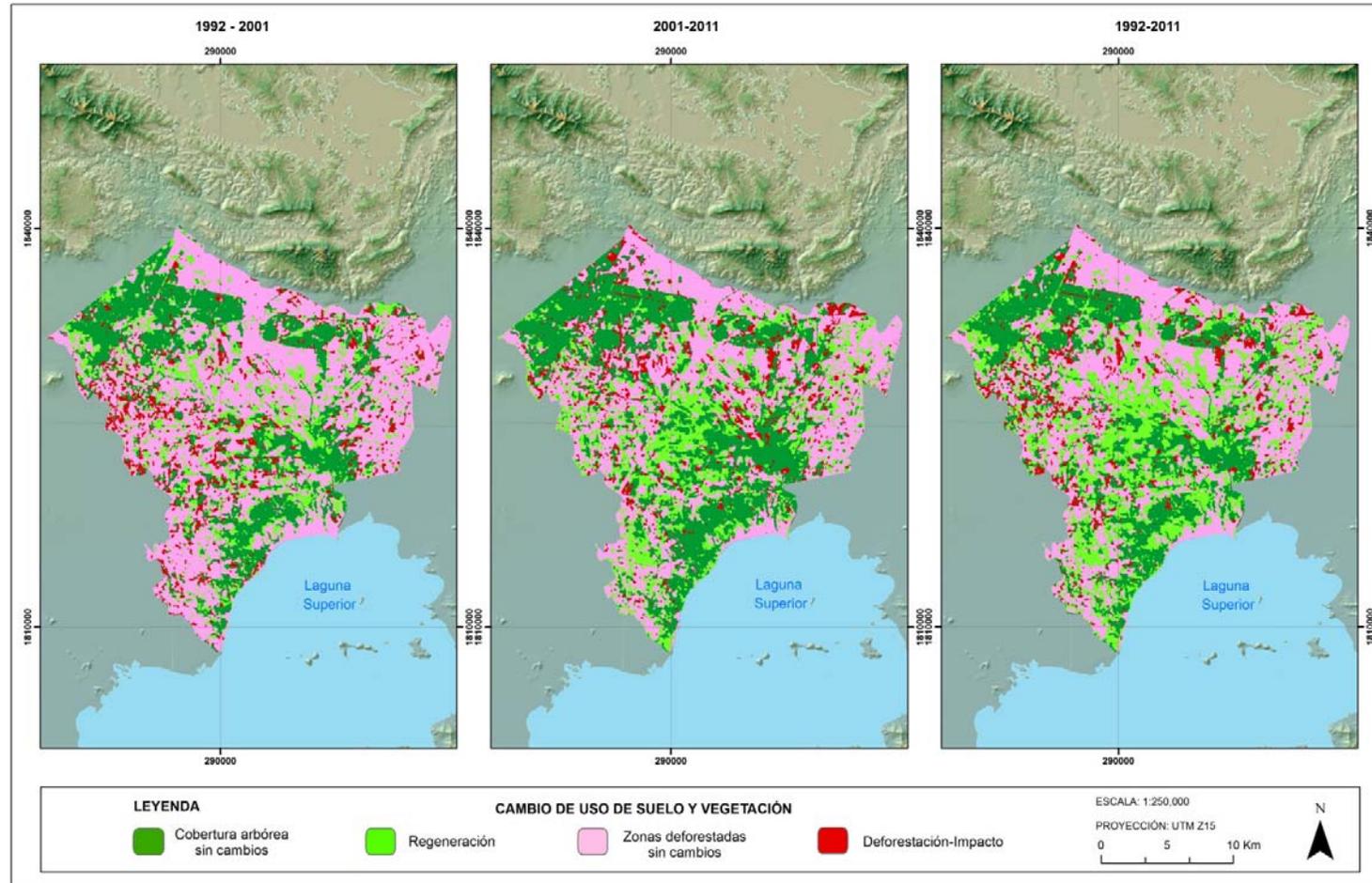


Figura 7. Cambio de uso de Suelo y Vegetación determinado en el SAA

**Cuadro 8. Superficies en hectáreas y en porcentaje de los cambios de cobertura en el SAA respecto a los proyectos Juchitán y El Espinal para los años 1992-2001, 2001-2011, 1992-2011.**

CAMBIOS EN COBERTURA	AÑOS	1992 – 2001	2001 – 2011	1979 – 2011
		(%)	(%)	(%)
Cobertura arbórea sin cambios		12124.89 (25.42)	15524.73 (32.55)	12608.64 (26.44)
Regeneración		7422.12 (15.56)	9713.16 (20.37)	12629.25 (26.48)
Zonas deforestadas sin cambios		23979.60 (50.28)	18433.26 (38.65)	18772.47 (39.36)
Deforestación - Impacto		4166.82 (8.74)	4022.28 (8.43)	3683.07 (7.72)

Además de considerar el porcentaje de los cambios en la cobertura vegetal dentro del SAA, se elaboró una gráfica (figura 8) que muestra las variaciones que ha tenido el cambio de uso de suelo durante los distintos periodos ya mencionados.

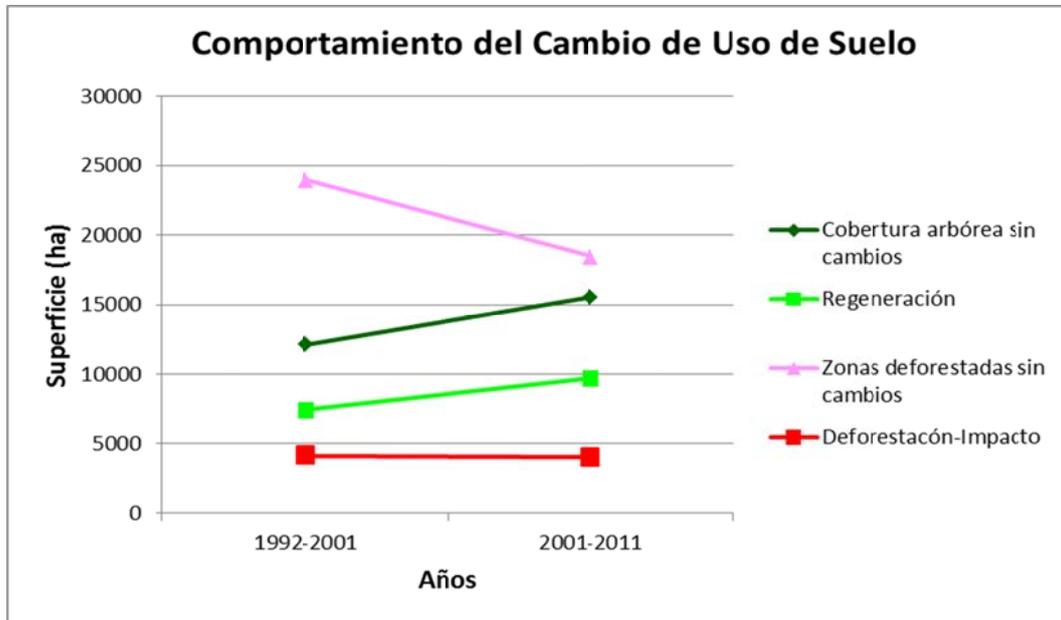


Figura 8. Distribución del cambio de uso de suelo en el SAA para los periodos 1992-2001, 2001-2011

Un dato que también resulta de mucha utilidad es conocer las tasas de deforestación o tasas anuales de cambio de uso de suelo que se han presentado con el paso de los años, para ello se ha elaborado la siguiente tabla (cuadro 9).

**Cuadro 9. Tasas de deforestación anual en porcentaje para los periodos, 1992-2001, 2001-2011, 1992-2011.**

Uso de suelo	1992 - 2001	2001 - 2011	1992 - 2011
Mangle	8.11	-0.23	3.63
Bosque Tropical Caducifolio	3.27	2.27	2.74
Acahual	0.50	4.01	2.33
Ripario	3.11	-6.52	-2.08
Agropecuario	-1.54	-3.67	-2.67
Cuerpo de agua	-8.19	15.26	3.48
Suelo desnudo	1.38	3.87	2.68
Área urbana	2.16	5.32	3.81
<b>Cobertura forestal</b> (Bosque Tropical Caducifolio, Ripario, Mangle, Acahual)	2.04	2.59	2.3304

La siguiente gráfica (figura 9) muestra la dinámica que presentan las tasas anuales de cambio de uso de suelo durante los distintos periodos.

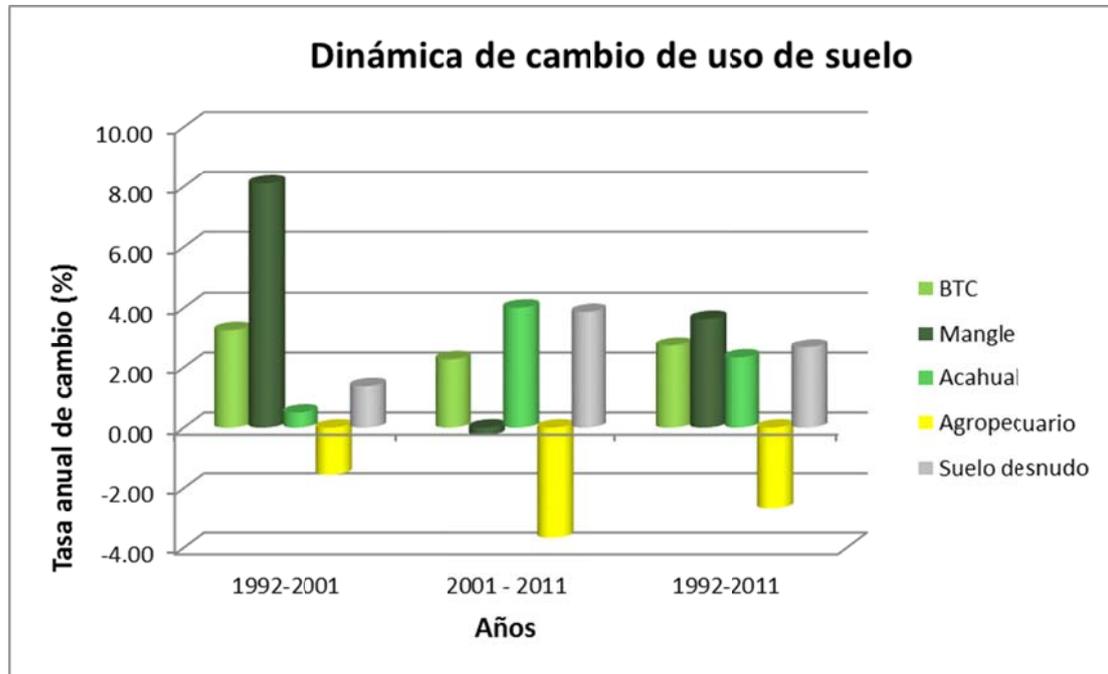


Figura 9. Tasa anual de cambio de uso de suelo para los periodos 1992-2001, 2001-2011 y 1992-2011.

Ante un panorama de cambios presentes a lo largo del tiempo en el SAA, para este análisis es importante considerar los polígonos que conforman los proyectos Juchitán y El Espinal; más sin embargo no se cuenta con la información necesaria para realizar el análisis a detalle, por lo tanto se considera pertinente conocer las tasas de deforestación con base al análisis aplicado anteriormente pero detallado para los predios en estudio. Esto demostraría puntualmente la contribución de los proyectos en los procesos de transformación de la cobertura vegetal.

#### 4.7. Análisis Comparativo del Riesgo de Colisión

El presente análisis tiene la finalidad de realizar una comparación de la magnitud y riesgo de colisión de aves y murciélagos generado por los Proyectos Juchitán y el Espinal y otras fuentes de colisión como, vías de comunicación (carreteras), líneas de transmisión eléctrica, edificios, entre las más comunes.

Se ha reconocido que los impactos ecológicos más importantes que generan los parques eólicos son la muerte de aves y murciélagos por colisión contra los aerogeneradores y otras estructuras asociadas (Lekuona 2000). Existen otros impactos generados durante la construcción de los parques, pero sin duda las colisiones son las que prevalecen en todo el ciclo de los proyectos eólicos. Por lo tanto la muerte de individuos de aves y murciélagos se considera un impacto acumulativo porque estas muertes se adicionan a las ocasionadas por otras fuentes de impacto como lo son carreteras, torres de comunicación, líneas de transmisión eléctrica, torres anemométricas, edificios, entre otras.

#### **4.7.1. Método**

Como primer paso de este análisis se procedió a inventariar el número de infraestructuras que se sabe ocasionan colisiones de aves y murciélagos. En la sección 5.1.3 se reportan la infraestructura que actualmente ya está instalada en el SAA y algunas son potenciales fuentes de muertes de aves y murciélagos por colisión.

Con el propósito de analizar un impacto acumulativo y/o sinérgico con respecto al componente ambiental: avifauna, se realizó la solicitud correspondiente al monitoreo de colisiones de aves y de algunos parques instalados dentro de la región.

Posteriormente, se procedió a la búsqueda de información bibliográfica que incluyó la revisión de las Manifestaciones de Impacto Ambiental de proyectos relacionados, dos resolutivos (Bii Nee Stipa II y Fuerza Eólica del Istmo), emitidos por la autoridad ambiental (<http://cdm.unfccc.int/Projects/>), reportes técnicos, artículos científicos y de divulgación, libros y búsquedas en internet. La finalidad de esta búsqueda fue identificar algún indicador de colisión que se pudiera contrastar con las condiciones de los Proyectos Juchitán y El Espinal y poder hacer estimaciones de los impactos que se generarán en esa Central durante su construcción, operación y abandono.

#### **4.7.2. Resultados**

Para la región del Istmo de Tehuantepec no se encontró información relacionada con colisiones de aves y murciélagos en centrales eólicas en el SAA, por ejemplo, analizando el resolutivo de un proyecto eólico presente dentro del SAA se puede observar que no hay ninguna medida relacionada con la mitigación de impactos relacionados con colisiones.

Otro problema que ha impedido un análisis serio de los efectos negativos de los proyectos eólicos es el acceso a la información. Casi todas las empresas privadas no aportan información sobre los monitoreos biológicos dentro de sus parques. En diversos foros sobre la industria eólica en México, se ha planteado la necesidad de compartir este tipo de información para hacer una evaluación ambiental estratégica y determinar la capacidad de carga del ecosistema. Desafortunadamente todos estos intentos no han tenido éxito. Actualmente solo la CELVII (Central Eólica La Venta II de CFE), proporciona información sobre las interacciones de las aves y murciélagos con los aerogeneradores. Más adelante se analizará este caso detalladamente para poder hacer una inferencia sobre la contribución que se espera con la operación de los Proyectos sobre este impacto acumulativo.

Otras infraestructuras fuente de posibles colisiones de aves y murciélagos identificadas en el SAA son: Las líneas de transmisión, las torres anemométricas, las torres de comunicación y las carreteras. Desafortunadamente no se cuenta con un estudio que haya evaluado el número de muertes de aves y murciélagos producidos por este tipo de infraestructura en la región del SAA. A nivel nacional e internacional si se cuenta con información sobre el número de muertes de fauna silvestre en general (incluyendo aves y murciélagos) producen y los números pueden ser alarmantes.

##### **4.7.2.1. Caso de estudio de la Central Eólica La Venta II**

Desde que comenzó sus operaciones en el 2007 la CELVII ha contado con monitoreo de aves y murciélagos en la fase de post-construcción. Desde entonces se han registrado colisiones de aves y murciélagos que han sido reportados a las autoridades correspondientes. La información se ha generado por medio de la aplicación de protocolos de investigación respaldados por fuertes fundamentos científicos. Gracias a lo anterior, en el 2011 el monitoreo biológico llevado

a cabo en esa central fue presentado como un caso de estudio en un libro editado por el Banco Mundial con la finalidad de implementar una política ambiental acorde con las condiciones socioeconómicas de Latinoamérica (Ledec et al, 2011). Esta referencia bibliográfica es la más adecuada para hacer el análisis del impacto acumulativo de las colisiones debido principalmente a: 1) la información proviene de un parque localizado en la misma ecorregión (Istmo de Tehuantepec); 2) El contexto ecológico presente en la CELVII es similar al de los proyectos Juchitán y El Espinal; 3) Es probable que las centrales compartan un mismo pool de especies de aves y murciélagos que posibilita que pueda haber unas interacciones ecológicas entre las especies presentes en cada central y 4) Se tiene una certeza de la calidad de información y las conclusiones a las que se llega en el libro mencionado pueden servir de base para futuros análisis de impactos acumulativos en la región del Istmo.

Mediante el uso de la información que proporciona Ledec *et al* (2011) en el Anexo I del libro “Greening the wind”, editado por el Banco Mundial, principalmente los resultados más sobresalientes encontrados a través del Monitoreo biológico implementado en la CELVII, datos que a continuación se presentan y serán la base para la descripción de este análisis sobre las colisiones de aves y murciélagos:

- ✓ El número de colisiones registradas en el periodo 2007-2008 fue un total de 78 aves y 123 murciélagos. Existe evidencia suficiente para decir que los murciélagos se están colisionando más que las aves contra los aerogeneradores instalados en el Istmo de Tehuantepec, y es una tendencia que ha continuado en monitoreos posteriores hasta la actualidad (Villegas-Patracá, *com per*).
- ✓ Se estima, sin embargo, que el número de muertes de murciélagos y aves pequeñas, es mucho mayor (en un factor de 50) que lo verdaderamente registrado lo anterior principalmente se debe a: a). Las altas tasas de remoción de cadáveres (Villegas-Patracá et al 2012) registradas dentro del predio de la CELVII; b) La imposibilidad de los buscadores (eficiencia de búsqueda) de inspeccionar todas las áreas debido al tipo de vegetación y al número insuficiente de buscadores y c) la tendencia de no detectar cadáveres de talla pequeña (murciélagos y aves paseriformes).

- ✓ Para cadáveres grandes (aves rapaces y acuáticas) el factor de corrección entre lo observado y lo real debe ser mucho menor debido a que los carroñeros suelen comerse los animales en el sitio permitiendo con eso dejar evidencia de la presencia de un ave.
- ✓ Se tiene evidencia de que en la CELVII se han colisionado individuos de 19 especies de murciélagos y 27 de aves.

Considerando la información anterior y aplicando el factor de corrección estimado se puede decir que en La Venta II el número de colisiones reales que se presentaron en el periodo 2007-2008 pudo llegar a 6150 murciélagos y 3900 aves. Una estimación que puede ser sobre estimada. Por lo tanto, para reducir el grado de incertidumbre sobre este fenómeno, es necesario continuar con la búsqueda de cadáveres y con la implementación de experimentos para determinar las tasas de remoción y de detección para poder construir un estimador más confiable. Aún con lo anterior, ya se puede partir de un dato con la cuál hacer comparaciones con lo que se estima produce las otras fuentes de impacto de muertes de individuos por colisión detectadas en el SAA.

En el Cuadro 10 se presentan datos provenientes de estudios en algunas regiones del mundo sobre muertes de aves y murciélagos producidos por otras estructuras antropogénicas. Se puede apreciar que las carreteras y edificios pueden llegar ocasionar más muertes de colisiones de aves que las reportadas en la CELVII. Otro aspecto interesante que se encontró, es que las aves son más impactadas por otras estructuras diferentes a los aerogeneradores que los murciélagos. Son escasos los reportes, por ejemplo, de muertes de murciélagos por colisión en carreteras o contra edificios.

**Cuadro 10. Reportes de colisiones de aves y murciélagos ocasionados por estructuras antropogénicas en algunas regiones del mundo.**

Fuente de Colisiones	País o Ecosistema	Grupo	Núm. Ind.	Periodo de monitoreo	Dato anual	Fuente
Carreteras	México	Murciélagos	1	49 días	7.44	Grosselet, M., Villa-Bonilla, B., Ruiz M. G., 2006
		Aves	41		305.4	
Carreteras	España	Murciélagos	42	5 meses (1998-1999)		Bafaluy, J.J. 2000
Carreteras	Australia	Murciélagos	11	12 semanas	47.66	Taylor, B.D. and R. L. Goldingay. 2004.
		Aves	139		602.33	
Carreteras	España	Aves	511	6 meses	1022	Ballester P. A., 2008
Edificios	México	Aves	15	94 días	58.24	Cupul-Magaña, F.G. 2003.
Edificios	Colombia	Aves	106	2006-2008	271	Agudelo-álvarez, L. et al. 2010.
Edificios	Manhattan	Aves	318	10 días	100	Gelb, Y. and Delacretaz, N. 2006.
Líneas de Transmisión	España	Aves colisionadas	86	1991-1995	21.5	Anónimo
		Aves electrocutadas	219		54.75	
CELVII	México	Aves	78	2007-2008	78	Ledec et al, 2011
		Murciélagos	123		123	

Estos datos permiten hacer inferencias sobre los que puede estar pasando dentro del SAA. Es probable que se estén presentando más muertes de aves producidas por las carreteras y líneas de transmisión que por los aerogeneradores que hasta el momento se han instalado. Para el caso de los murciélagos, estas muertes deben ser menores.

Sin embargo, para realizar una adecuada comparación y análisis del componente ambiental, se ha considerado la información de otras fuentes de información principalmente publicaciones científicas especializadas en el tema de colisiones.

El artículo publicado por D.Y.C. Leung, Y. Yang “Wind energy development and its environmental impact: A review, 2011. presenta resultados de estudios locales que han demostrado que las aves locales pueden aprender rápidamente a evitar obstáculos, por lo cual las “turbinas de viento” no resultan un problema grave para las aves, sin embargo aún son vulnerables a colisionar aunque las muertes resultarían de menor relevancia en comparación con la mortandad resultado de otras actividades humanas. Bajo este mismo argumento, se presenta el caso de estudio de un Parque Eólico en Texas con buenos resultados en sus medidas de protección con las aves, enfatizando el uso de Radares establecidos para detectar el curso de las aves que transiten dentro del área de influencia del Parque y realizar paros programados.

Por otro lado en el artículo *Strategic impact management of wind power projects*, de acuerdo a los análisis y resultados presentados por sus autores, Fátima Lima *et al*, concuerdan en varios estudios que la muerte de aves es mínima en los Parques Eólicos de lo que representa el índice con otras causas antropogénicas. No obstante también mencionan que la naturaleza del impacto (colisión) es altamente dependiente a las características de los sitios en que se ubican los Parques Eólicos, los atributos de los proyectos y el tipo de especies involucradas y sus patrones (como la migración rutas, hábitos de alimentación o de los sitios de reproducción). Dentro de las recomendaciones que mencionan, adoptar la aplicación de medidas correctivas eficientes principalmente para áreas sensibles y con especies poco comunes, evitando la potenciación del impacto.

Los argumentos del párrafo anterior permiten de cierta manera inferir, previendo que el impacto por colisión dentro del SAA y específicamente en los polígonos de los proyectos se vea, ya que no cuenta con tránsito de rutas migratorias. Esto minimiza el riesgo de colisión y hace al proyecto contribuyente de manera mínima a la muerte por colisiones. Además de recomendar la aplicación de medidas preventivas como la aplicación de un sistema de alerta temprana (Radar), sujeto a un programa de Monitoreo biológico para aves y murciélagos.

Otros autores con artículos que tratan de la magnitud del impacto por colisiones, presentan resultados de estudios y análisis estadísticos como evidencia respecto al índice de muertes ocasionadas por colisiones, incluidos los Parques Eólicos. R. Saidur *et al.* (2011) resaltan el

hecho presentado por la American Wind Energy Association (2009) y esta calcula que si tan solo el uso de energía a un 100% en EUA fuera eólica, habría una muerte de aves por cada 250 muertes de aves relacionadas con otras actividades, haciendo referencia a la tasa actual en mortandad de aves expuesta en la tabla (Cuadro 11) siguiente:

**Cuadro 11. Causas relacionadas a las actividades humanas**

Causas relacionadas con humanos	Número de aves muertas por año (millones)
Gatos	1000
Edificios	100
Cazadores	100
Vehículos	60-80
Torres de comunicación	60-80
Pesticidas	67
Líneas de transmisión	0.01-174
Turbinas de viento	0.15

Por lo tanto se prevé que la contribución de los Proyectos Juchitán y El Espinal será mínima con respecto a las colisiones que actualmente se deben estar presentando (escenario sin proyecto) en el Sistema Ambiental Acumulativo debido a la infraestructura existente.

#### **4.8. Calidad del Paisaje a nivel estructural**

Generalmente para determinar y analizar los efectos acumulativos sobre el componente de Paisaje, se aborda considerando al paisaje desde una perspectiva visual que permita identificar los efectos de los procesos de deterioro en los sistemas naturales. Particularmente el paisaje es evaluado por tres atributos, la visibilidad, la calidad paisajística y fragilidad del paisaje; para el análisis que nos ocupa, será el paisaje a nivel estructural el atributo que nos permita realizar una estimación de la magnitud con que los proyectos Juchitán y El Espinal contribuyan al impacto acumulativo.

Para complementar el análisis se incorporó también el análisis de las características estructurales del paisaje (i.e. superficie ocupada por los diferentes tipos de cobertura, número de parches, conectividad entre parches, etc). Con esta información se puede determinar el grado de fragmentación del hábitat disponible para la fauna silvestre tanto en el SAA como en cada uno de los predios de interés.

A partir de la imagen LANDSAT clasificada que fue empleada para estimar la tasa de transformación del hábitat, se calcularon también nueve métricas del paisaje con el programa Fragstats 3.3 para el SAA, así como los predios El Espinal y Juchitán. Para ello se consideró el cambio en el paisaje ocurrido entre los años 1992, 2001 y 2011. Este análisis tomó como referencia los tipos de cobertura vegetal, presentes en el SAA y los predios, que se sabe tienen un efecto positivo en el mantenimiento de la fauna silvestre (el bosque tropical caducifolio y acahual), así como aquellos que podrían tener un impacto negativo (las zonas agropecuarias). A continuación se describen los cambios más relevantes ocurridos en las características del paisaje dentro del SAA entre 1992, 2001 y 2011.

En 1992 el 58% del SAA estaba ocupado por actividades agrícolas, la superficie del acahual era la segunda más importante con el 16%, sin embargo pese a su extensión este tipo de cobertura se encontraba altamente fragmentada (591 parches), el área promedio de sus parches era de 13.15 m<sup>2</sup>, y como consecuencia los valores en el Índice de Agregación y el Índice de Conectividad para este tipo de vegetación eran bajos, indicando que sus numerosos parches se encontraban muy dispersos. Por su parte el bosque tropical caducifolio aunque ocupaba el 15% del SAA, se encontraba menos fragmentado (282 parches), sus parches eran más grandes (25.6 m<sup>2</sup> en promedio) y el hecho de presentar menos borde total que otros tipos de vegetación

con una superficie similar (el acahual) indicaba que era mucho más continuo, lo que también se refleja en que su parche más grande ocupaba el 3.5% del SAA (LPI). Sin embargo, tenía valores agregación medios y su conectividad era muy baja (Cuadro 12).

Para el 2001 la zona agropecuaria ocupaba el 50% del SAA, el bosque tropical caducifolio había incrementado su superficie en un 5% respecto al 1992, eso lo convertía en el segundo tipo de vegetación más importante en el SAA. El tamaño promedio de los parches para este tipo de vegetación se incrementó (32.59 m<sup>2</sup>), la distancia promedio al vecino más cercano disminuyó, lo que mantuvo altos valores de agregación aunque la conectividad seguía siendo baja. Por otro lado, aunque la superficie ocupada por el acahual sólo se incrementó 1% hay que destacar que el número de parches y la distancia promedio al vecino más cercano disminuyeron, con lo cual se incrementó el área promedio de los parches, para este año el parche más grande de acahual ocupaba el 2% del SAA. Los valores de agregación y conectividad para este tipo de vegetación se mantuvieron (Cuadro 4).

Durante el 2011 el 50% de la superficie del SAA estaba ocupada por bosque tropical caducifolio y acahual contribuyendo cada uno de ellos con el 25% aproximadamente, mientras que la superficie destinada a actividades agrícolas se redujo al 35% del SAA. Tanto para el bosque tropical caducifolio como para el acahual se redujo el número de parches y se incrementó el tamaño promedio de los mismos, sobre todo para el bosque tropical caducifolio ya que su parche más grande (LPI) ocupaba el 12.5% del SAA. Sin embargo, el acahual continuó siendo el tipo de vegetación más fragmentado entre ellos, como lo refleja el tener el mayor número de parches por tipo de vegetación (533) y presentar los valores más altos de borde total. A pesar de haber incrementado su superficie en los últimos años, los índices de agregación y conectividad de estos dos tipos de vegetación continuaron siendo bajos.

En síntesis se podría decir que en el SAA después de casi una década se ha dado una regeneración de la vegetación nativa (bosque tropical caducifolio), la disminución en el número de parches y el aumento en su superficie han dado como resultado un incremento en sus valores de agregación pero la conectividad que en general sigue siendo aún muy baja.

Impactos Acumulativos, Parques Eólicos: Juchitán y El Espinal

**Cuadro 12. Características del paisaje en el Sistema Ambiental Regional (SAR) durante 1992, 2001 y 2011.**

SAR92	Tipo	AREA_T	%	NP	BORDE_T	AREA_MN	LPI	DIST_MN	AGREG	CONNECT
	Acahual	7770.00	16.29	591	1125788.61	13.15	0.94	350.03	0.43	0.36
	Agropecuario	28025.56	58.76	219	1679846.48	127.97	54.80	298.36	0.51	1.33
	Agua	81.75	0.17	9	9759.65	9.08	0.06	321.57	0.60	13.89
	Bosque Tropical Caducifolio	7237.73	15.17	282	678163.66	25.67	3.53	463.55	0.64	0.62
	Manglar	113.06	0.24	19	21365.72	5.95	0.05	1206.00	0.43	4.09
	Bosque Ripario	1111.49	2.33	179	228956.07	6.21	0.22	411.06	0.30	0.80
	Suelo desnudo	3301.42	6.92	233	320090.08	14.17	3.88	496.67	0.66	0.52
	Zona urbana	57.40	0.12	2	4220.39	28.70	0.12	13230.85	0.91	0.00
<b>SAR01</b>	Acahual	8251.82	17.30	566	1094663.25	14.58	2.09	330.77	0.48	0.42
	Agropecuario	24284.07	50.91	217	1608891.20	111.91	45.94	321.01	0.55	1.09
	Agua	40.01	0.08	4	5275.49	10.00	0.03	564.52	0.64	16.67
	Bosque Tropical Caducifolio	9678.14	20.29	297	812556.66	32.59	6.91	418.99	0.66	0.59
	Manglar	224.39	0.47	75	54337.50	2.99	0.12	965.46	0.21	0.86
	Bosque Ripario	1407.19	2.95	195	273797.70	7.22	0.36	440.85	0.33	0.73
	Suelo desnudo	3746.71	7.86	203	345280.53	18.46	3.42	535.64	0.65	0.55
	Zona urbana	66.10	0.14	2	4484.16	33.05	0.13	13212.43	0.92	0.00
<b>SAR11</b>	Acahual	12088.98	25.34	533	1466584.97	22.68	3.36	328.01	0.46	0.53
	Agropecuario	16863.69	35.35	329	1496655.24	51.26	14.0	341.72	0.54	0.77
	Agua	156.55	0.33	10	17145.33	15.65	0.11	1169.57	0.64	20.00
	Bosque Tropical Caducifolio	12083.76	25.33	261	983350.50	46.30	12.5	449.29	0.64	0.65
	Manglar	252.22	0.53	68	53809.95	3.71	0.10	1137.76	0.30	0.53
	Bosque Ripario	699.25	1.47	202	163803.83	3.46	0.06	445.13	0.18	0.58
	Suelo desnudo	5433.95	11.39	436	664315.51	12.46	3.76	425.37	0.54	0.33
	Zona urbana	120.02	0.25	5	7253.79	24.00	0.23	6638.28	0.88	0.00

**AREA\_T:** Área total ocupada por tipo de cobertura (m<sup>2</sup>)

**%:** Porcentaje ocupado por tipo de cobertura

**NP:** Número de parches

**BORDE\_T:** Borde total (m)

**AREA\_MN:** Área promedio de los parches (m<sup>2</sup>)

**LPI:** Índice del parche más grande (%)

**DIST\_MN:** Distancia promedio al vecino más cercano (m)

**AGREG:** Índice de agregación

**CONNECT:** Índice de conectividad

Para el caso particular del predio El Espinal, de 1992 al 2011 se ha dado una recuperación gradual de la cobertura vegetal arbórea, sin embargo las áreas agropecuarias siguen ocupando poco más del 50% del predio. En 1992 el área ocupada por el acahual era la segunda más importante (20%), sin embargo se encontraba dispersa en un gran número de parches, cuya área promedio era de 10.98 m<sup>2</sup>, la distancia promedio al vecino más cercano era de 339.5 m, tenía un índice de agregación con valores intermedios y una conectividad baja (Cuadro 4). Para el 2001 las zonas agropecuarias abarcaban el 72% del SAA, el acahual seguía prácticamente sin cambios pero el bosque tropical caducifolio había incrementado su superficie en un 2% debido al aumento el número de parches, sin embargo la distancia promedio al vecino más cercano seguía siendo alta para este tipo de vegetación, por lo que sus valores de agregación y conectividad eran muy bajos. En el 2011 el 59% del predio estaba destinado a actividades agropecuarias, el acahual ocupaba el 33% y el bosque tropical caducifolio el 3%, el número de parches ocupados por estos dos tipos de vegetación se redujo, se incrementó el área promedio de sus parches pero en particular para el acahual. Para este tipo de vegetación la distancia promedio al vecino más cercano se había reducido respecto a los años anteriores, uno de sus parches más grandes ocupaba el 12% del predio en el 2011 y esto dio como resultado que sus valores de agregación y conectividad se incrementaran al compararlos con los del SAA (Cuadro 5).

En Juchitán las características del paisaje han seguido una dinámica muy diferente. En 1992 el 63% de la superficie del predio estaba dedicada a actividades agropecuarias, el acahual ocupaba el 29.5% y el bosque tropical caducifolio 4.5%. Estos dos últimos tipos de vegetación estaban constituidos por numerosos parches, en general tenían valores de agregación y conectividad bajos pero su conectividad era más alta que la reportada para el SAA o El Espinal ese mismo año (Cuadro 13). En el 2001 la zona agropecuaria ocupaba el 57% del predio, el área del acahual disminuyó ligeramente, sin haber cambio en el número de parches pero sí en el tamaño promedio de ellos ya que se redujeron. Mientras que para ese año el bosque tropical caducifolio había incrementado casi en un 10% su superficie, aumentaron el número de parches y se duplicó su área promedio (11.2 m<sup>2</sup>), estos parches eran más continuos ya que el borde total era menor al compararlo con el registrado en 1992. Los valores de agregación y conectividad para este tipo de vegetación se incrementaron y fueron los más altos para ese año con respecto a lo registrado en el SAA y El Espinal. En el 2011 el 60% del SAA ya estaba

ocupado vegetación arbórea, el acahual contribuía con el 44% y el bosque tropical caducifolio 16%, mientras que las zonas agropecuarias apenas cubrían una extensión del 31%. El número total de parches se había reducido, mientras que su área promedio se incrementó, el parche más grande (LPI) del acahual ocupaba el 22.2% del SAA, mientras que el parche más grande del bosque tropical caducifolio el 9.4%. Aunque los valores de agregación se mantuvieron, respecto a 2001, los valores de conectividad aumentaron. En conclusión, se podría decir que la vegetación arbórea en el predio se ha recuperado en una proporción mayor a lo que se registró en El Espinal, aunque la mayor de su superficie es ocupada por el acahual con el paso del tiempo se espera que ese tipo de vegetación de lugar al bosque tropical caducifolio maduro. Como parte de este análisis también se tiene evidencia de que aunque los remanentes de vegetación relevantes para la fauna (acaahual, bosque tropical caducifolio) se encuentran moderadamente agregados, su conectividad en cada uno de los predios es más alta de la que se registra a nivel regional (SAA).

**Cuadro 13. Características del paisaje en El Espinal durante 1992, 2001 y 2011.**

ESP92	Tipo	AREA_T	%	NP	BORDE_T	AREA_MN	LPI	DIST_MN	AGREG	CONECT
	Acahual	527.04	20.73	48	85067.20	10.98	7.59	339.53	0.32	5.05
	Agropecuario	1934.24	76.06	2	91397.79	967.12	75.79	294.91	0.30	100.00
	Bosque Tropical Caducifolio	24.35	0.96	11	6198.70	2.21	0.21	893.23	0.14	0.00
	Bosque ripario	57.40	2.26	16	12529.28	3.59	0.48	350.87	0.20	7.50
<b>ESP01</b>	Acahual	495.74	19.49	55	70559.62	9.01	2.26	323.58	0.40	4.31
	Agropecuario	1852.48	72.85	6	89419.48	308.75	72.16	268.96	0.40	33.33
	Bosque Tropical Caducifolio	74.80	2.94	25	16617.78	2.99	0.41	547.43	0.21	5.33
	Bosque ripario	78.27	3.08	17	14243.81	4.60	0.82	340.05	0.29	11.03
	Suelo desnudo	41.75	1.64	7	6462.47	5.96	0.68	708.07	0.60	4.76
<b>ESP11</b>	Acahual	854.06	33.58	31	93903.64	27.55	16.01	284.39	0.46	9.03
	Agropecuario	1502.86	59.10	14	103267.63	107.35	52.67	299.75	0.42	19.78
	Bosque Tropical Caducifolio	76.53	3.01	9	9232.10	8.50	1.37	774.46	0.55	5.56
	Manglar	10.44	0.41	4	2901.52	2.61	0.14	1965.32	-1.00	0.00
	Bosque ripario	12.18	0.48	2	1582.65	6.09	0.34	672.50	0.50	0.00
	Suelo desnudo	86.97	3.42	16	14903.25	5.44	0.82	722.14	0.46	1.67

**AREA\_T:** Área total ocupada por tipo de cobertura (m<sup>2</sup>)

**%:** Porcentaje ocupado por tipo de cobertura

**NP:** Número de parches

**BORDE\_T:** Borde total (m)

**AREA\_MN:** Área promedio de los parches (m<sup>2</sup>)

**LPI:** Índice del parche más grande (%)

**DIST\_MN:** Distancia promedio al vecino más cercano (m)

**AGREG:** Índice de agregación

**CONECT:** Índice de conectividad

**Cuadro 13. Características del paisaje en Juchitán durante 1992, 2001 y 2011.**

JUC92	Tipo	AREA_T	%	NP	BORDE_T	AREA_MN	LPI	DIST_MN	AGREG	CONECT
	Acahual	827.96	29.53	47	110257.65	17.62	4.03	302.84	0.38	6.20
	Agropecuario	1775.95	63.34	7	115928.79	253.71	58.37	263.77	0.38	33.33
	Bosque Tropical Caducifolio	125.24	4.47	26	23607.80	4.82	1.05	456.29	0.37	4.00
	Bosque ripario	46.96	1.67	6	9495.87	7.83	0.50	307.53	0.39	26.67
	Suelo desnudo	27.83	0.99	9	5275.49	3.09	0.31	997.51	0.28	5.56
<b>JUC01</b>	Acahual	723.60	25.81	47	95354.40	15.40	3.04	287.91	0.41	5.83
	Agropecuario	1621.14	57.82	12	116060.68	135.10	53.97	268.96	0.41	28.79
	Bosque Tropical Caducifolio	372.24	13.28	33	54205.61	11.28	2.48	361.32	0.45	5.87
	Manglar	13.92	0.50	8	4220.39	1.74	0.06	674.43	-1.00	7.14
	Bosque ripario	38.27	1.36	9	8704.55	4.25	0.37	821.10	0.28	19.44
	Suelo desnudo	34.79	1.24	9	8177.00	3.87	0.25	510.11	0.28	11.11
<b>JUC11</b>	Acahual	1243.69	44.35	29	111444.63	42.89	22.27	282.07	0.47	10.59
	Agropecuario	871.45	31.08	35	95222.51	24.90	7.38	304.52	0.45	6.89
	Bosque Tropical Caducifolio	471.38	16.81	27	64097.15	17.46	9.43	441.20	0.46	7.41
	Manglar	19.13	0.68	8	5011.71	2.39	0.19	835.57	0.19	3.57
	Bosque ripario	57.40	2.05	12	13452.49	4.78	0.50	531.64	0.26	4.55
	Suelo desnudo	140.89	5.02	17	21761.38	8.29	1.80	673.23	0.50	3.68

**AREA\_T:** Área total ocupada por tipo de cobertura (m<sup>2</sup>)

**%:** Porcentaje ocupado por tipo de cobertura

**NP:** Número de parches

**BORDE\_T:** Borde total (m)

**AREA\_MN:** Área promedio de los parches (m<sup>2</sup>)

**LPI:** Índice del parche más grande (%)

**DIST\_MN:** Distancia promedio al vecino más cercano (m)

**AGREG:** Índice de agregación

**CONECT:** Índice de conectividad

## **5. Medidas correctivas propuestas para atender los efectos derivados de los impactos acumulativos, para los Componentes Valorados del Ecosistema asociados a los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal.**

El presente apartado se desarrollo con el objetivo de proponer y recomendar el uso de medidas correctivas, algunas diseñadas por esta Unidad y otras han sido aplicadas en casos similares y a través del tiempo y su monitoreo, han resultado adecuadas para atender los efectos mencionados anteriormente.

Es importante considerar que todos los proyectos aunque similares (Parque eólico), por sus características se vuelven únicos, una de ellas, resulta el ecosistema que dará soporte al proyecto (proyecto-ambiente). Ante ello, las medidas correctivas propuestas no suelen ser las mismas para todos los proyectos, sin embargo para algunos componentes ha sido posible adaptarlos de acuerdo al proyecto obteniendo buenos resultados, un ejemplo de esto sería el uso de tecnologías como el Radar.

Normalmente, la implementación de medidas correctivas considera las etapas del proyecto en su inicio (planeación y diseño, construcción, etc.). Las medidas de control ambiental propuestas de manera común para dichas etapas, en este caso, de los proyectos Eólicos, están sujetas a la aplicación de “buenas prácticas”, por ejemplo el manejo de residuos, restauración de áreas intervenidas, programas de rescate, etc.

Aunque es de entenderse, las medidas que se deben proponer para un estudio relacionado a impactos ambientales, Están diseñadas como parte de un sistema que opera bajo estrategias ambientales (medidas) que de manera conjunta ejercen un efecto correctivo para el ecosistema.

Para el propósito del presente estudio, se hará énfasis en aquellas medidas de las que se tiene certeza de su efecto preventivo o de mitigar los efectos acumulativos generados en Parques Eólicos, con lo cual se podrán implementar conforme a las características de los Proyectos de Juchitán y El Espinal.

## 5.1. Descripción de medidas

### 5.1.1. Cobertura vegetal

Las siguientes medidas están diseñadas para atender los efectos que resultan acumulativos debido a la pérdida de la vegetación principalmente. Las medidas atenderán mediante su aplicación, de manera directa a la misma Vegetación, sin embargo para otros componentes tendrá un alcance indirecto y positivo en cuanto a su naturaleza.

#### *Rescate de individuos y/o especies*

Una de las actividades imperativas previo a cualquier tipo de intervención de la cobertura vegetal, sin duda alguna, es la ejecución de un Programa de rescate, involucrando aquellos individuos susceptibles a trasplantarle y con mayor esfuerzo aquellas especies de importancia ecológica o bien bajo alguna categoría en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

La recomendación que podemos aportar como unidad especialista, consiste en la realización de un Inventario Florista del sitio en que se pretende insertar el Proyecto, no solo en la etapa considerada para realizar los estudios ambientales requeridos una vez que se cuenta con el Proyecto, sino, en etapas como la planeación podría contarse de manera estratégica con los datos y/o características de la vegetación en los sitios potenciales para el aprovechamiento eólico, permitiendo un mejor diseño de integración del Proyecto, incluso otra alternativa para su ubicación, considerando la presencia de especies endémicas o Protegidas bajo algún instrumento de conservación.

#### *Programa de Reforestación*

Esta medida implica una acción compensatoria, para el caso de Proyectos Eólicos, esta diseñada para restituir aquellas zonas que se intervinieron de manera temporal, bajo el mismo diseño la vegetación en sitios con características ecológicas similares a donde fue intervenida, dando paso a una compensación ambiental.

Estos programas requieren de precisar prácticas restaurativas, con la misión de desencadenar efectos directos e indirectos que permitan la recuperación de los ecosistemas intervenidos,

además con el alcance de contribuir en la mejora de los procesos ecológicos a niveles de cuenca.

Relacionando lo anterior con los Proyectos Juchitán y El Espinal, se recomienda la aplicación de un Programa que permita la continuidad en cuanto a la Regeneración de la vegetación, haciendo referencia a la figura (5) en donde se puede apreciar la superficie que se ha modificado la vegetación, además de las zonas en procesos de recuperación.

Los Programas propuestos, consideramos, son acciones de ejecución obligada y en ocasiones imperante. Como se menciona en un principio del apartado, existen medidas muy generales las cuales se diseñan en función de las características particulares de la obra civil del proyecto, lo que impide establecer de manera adecuada alguna acción. Por lo tanto se recomienda en todo momento sujetar las etapas que componen a los Proyectos a principios precautorios y ejecución de buenas prácticas, lo que podrá asegurar un mejor nivel de calidad ambiental.

### **5.1.2. Pérdida de individuos por riesgo de colisión**

Este aspecto podemos considerarlo como el de mayor interés respecto a los impactos identificados para el desarrollo eólico y a su atributo como impacto acumulativo. La medida que se propone para el caso de los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal, corresponde a la puesta en marcha de un Programa de Monitoreo de Avifauna y Quirópteros como medida preventiva.

El Riesgo de colisión será atendido por acciones dentro del Programa de Monitoreo, por ejemplo, el uso del Radar marino en el caso de las aves y uso de equipo de grabación ultracústica propia para quirópteros, para identificar el comportamiento, alturas y dirección de vuelo de los grupos considerados, con respecto a la infraestructura que compone a los Proyectos.

En el caso particular de las aves, se debe considerar como parte de las acciones del Programa de Monitoreo, un Programa de contingencia ambiental en caso de identificarse el paso de algún grupo de especies migratorias y de manera inmediata si se presentará alguna trayectoria o ruta migratoria ocasional dentro del SAA.

Como se presento en el apartado de “análisis comparativo de colisiones” y de acuerdo a lo analizado en resultados de artículos de divulgación científica, la medida que hasta la actualidad ha presentado avances en cuanto a su eficacia por prevenir las colisiones dentro de los Parques eólicos, es la implementación de Programas de Monitoreo de la fauna vulnerable asociada a estos desarrollos, generalmente, Aves y Murciélagos. Razón por la cual se presenta como única medida capaz de moderar el efecto adverso por colisiones.

### **5.1.3. Intervención del Paisaje**

El paisaje es un componente que de acuerdo a las diversas maneras en que se ha evaluado, es evidente que los componentes presentes en el (biodiversidad, componentes físicos, etc.) influyen de manera directa sobre su manera de apreciarlo. Lo anterior se menciona, con la intención de exponer el efecto positivo indirecto o directo que las medidas propuestas para los componentes anteriores desencadenarán para el Paisaje, a través de una correcta ejecución.

Un aspecto sobre la mitigación de los efectos adversos ocasionados al Paisaje por la inserción de Parques Eólicos, es la naturaleza de los efectos difícil de mitigar por completo, denominados Impactos Residuales (por su persistencia a lo largo de la vida útil de los Proyectos).

Uno de los principales costos ambientalmente hablando es el impacto visual que se produce con la instalación de los aerogeneradores. Es un impacto que no se puede mitigar debido a las propias características de los Parques Eólicos (se establecen en grandes áreas y requieren de la instalación de estructuras de más de 100 metros de altura).

El mayor aspecto a considerar es la inserción de elementos ajenos al componente natural del paisaje, en este caso, los aerogeneradores que por sus características sobresalen de los demás elementos (subestación, caminos, obra complementaria). Aunado a esto, si tomamos en cuenta los proyectos similares ya establecidos, potencialmente se darían dos vertientes; 1) qué la implementación de los aerogeneradores de los Proyectos Juchitán y El Espinal se integren y sea disipado su efecto visual entre los ya establecidos, por lo tanto la percepción hacia el exterior sería mínima; 2) que los aerogeneradores de los Proyectos sobresalgan debido a su distribución y/o características particulares (tecnología, marca, estilo, etc.). En ambos casos

significaría un efecto acumulativo por la integración de una causa que recae en un mismo componente (paisaje) y al carecer el medio natural de elementos que mitiguen este efecto se prevea la aparición de un efecto residual, tomando en cuenta que no existe alguna medida propuesta en la actualidad capaz de minimizar o anular este impacto.

Esta Unidad recomienda con el objetivo de mitigar los efectos al paisaje atribuidos al desarrollo de Parques Eólicos, lo siguiente:

- ✓ Considerar los atributos del Paisaje (estructura, composición, fragilidad, etc) como un factor durante la etapa de planeación y diseño del Parque Eólico. Lo que implica involucrar los aspectos paisajísticos de una manera que el Proyecto en su inserción logre disiparse en el entorno que lo soporta.
- ✓ Utilizar tecnología de preferencia actual, lo cual implica mejoras en cuanto a los diseños de estructuras como, aerogeneradores, torres meteorológicas, Líneas de transmisión, etc. Además de considerar un mejor aspecto visual, la nueva tecnología permite mejor eficiencia en el aprovechamiento del recurso eólico y disminuye las probabilidades de ocasionar efectos adversos para la Biodiversidad.
- ✓ Los Programas de Restauración y/o Reforestación son medidas compensatorias generalmente, la ejecución adecuada de dichos Programas permite reforzar al Paisaje en cuanto a su calidad, naturalidad y fragilidad; por otro lado mediante el uso de especies autóctonas de la región se puede lograr un efecto visual que aminore lo ocasionado por la inserción de componentes ajenos. Considerando lo anterior, se recomienda que todo proyecto este acompañado de un Programa enfocado a revegetar áreas desprovistas de vegetación, principalmente en el área del Proyecto.

## 6. Conclusiones

Es bien sabido que la energía eólica es limpia, amigable al ambiente y más barata en comparación con otras fuentes renovables de energía. Sin embargo, la energía producida por el aerogenerador no es libre de impactos negativos, principalmente para la vida silvestre y el paisaje.

Los impactos ocasionados por Centrales eólicas hacia la vida silvestre, aves y murciélagos específicamente, recaen en los efectos considerados como acumulativos, esto debido a la interacción con otras fuentes de impacto que al adicionar acciones o interactuar de manera sinérgica ocasiona de manera consecutiva un efecto adverso sobre el componente ambiental impactado, en este caso, aves y murciélagos.

Con la experiencia que esta unidad (USPAE) ha generado a través de estudios realizados principalmente en la región del Istmo de Tehuantepec se ha detectado lo siguiente: 1) si bien el establecimiento de una central eólica origina impactos adversos, la inserción de un corredor eólico, incluyendo sus obras asociadas, incrementara en magnitud y frecuencia los efectos originados, dando como resultado una acumulación de efectos negativos para diversos componentes; 2) La planeación en la ubicación de las centrales eólicas es de suma importancia, considerando que gran parte de los sitios potenciales se asocian a fenómenos naturales como la migración y en otros casos se encuentran en zonas destinadas a la conservación o bajo algún decreto ecológico; 3) Las evaluaciones ambientales elaboradas para las centrales eólicas dentro de la región del Istmo, en general, carecen de un análisis adecuado hacia los impactos acumulativos, minimizando el riesgo potencial que generan para algunos componentes de la región y; 4) Las Centrales en operación (a excepción de aquellas que operan por CFE) carecen de mecanismos que permitan prevenir riesgos potenciales principalmente para las aves y murciélagos, además de no contar con una figura o instrumento “jurídico” que obligue a realizar estudios que permitan obtener datos importantes para diseñar acciones correctivas ante los impactos potenciales.

No obstante otro aspecto a considerar con la puesta en marcha de los Proyectos es la inserción de componentes ajenos al paisaje natural, en este caso aerogeneradores, que sobresaldrían entre la vegetación. Estas estructuras además de tener un impacto en la calidad visual del paisaje, se sabe que tienen un impacto negativo sobre la avifauna y quiroptero fauna local debido a las colisiones. En el SAA ya están establecidos otros 10 parques eólicos, la mayor parte de ellos agregados al norte del SAA donde la superficie está destinada en su mayoría a actividades agropecuarias. Por su posición respecto a otros parques y sus características del paisaje, El Espinal al ubicarse al sur de un grupo de siete parques y tener casi el 60% de su superficie destinada a actividades agropecuarias, la instalación de los aerogeneradores implicaría una baja tasa de transformación de la vegetación arbórea en el predio. Mientras que Juchitán al ubicarse justo entre dos parques y presentar el 60% de su superficie con vegetación arbórea (acahual y bosque tropical caducifolio), la nueva infraestructura provocaría cambios en la superficie ocupada por ambos tipos de vegetación. Es importante recalcar que tanto en Juchitán como en sus alrededores se encuentra la porción de vegetación secundaria más extensa y continua en el SAA, por lo que los aerogeneradores podrían estar afectando a la fauna que utilice este tipo de vegetación para moverse, forrajear o refugiarse.

Sin embargo, información más detallada sobre la fauna potencialmente afectada o vulnerable debido a la instalación y funcionamiento de los parques se obtendrá con los muestreos de avifauna y quiroptero fauna en los predios.

Por lo tanto y considerando lo descrito en este estudio, se infiere cual será la aportación de los proyectos Juchitán y El Espinal al originar impactos acumulativos hacia los principales componentes que son más vulnerables. Podemos mencionar que particularmente para los proyectos en estudio la magnitud de los impactos se considera moderada y poco relevante, tomando en cuenta que su ubicación no afecta de manera directa alguna de las rutas migratorias que transitan al Istmo; sin embargo, si se considera que ambos proyectos están inmersos en una zona con una densidad alta de proyectos similares, incluyendo sus obras asociadas, la interacción de estas puede potencialmente incrementar la importancia de los impactos, originando mayor presión a los componentes valorados ya identificados en este documento.

Como recomendaciones y con el objetivo de diseñar medidas correctivas que atiendan el caso particular de los impactos acumulativos originados por la inserción de los Parques Eólicos Juchitán y El Espinal. Este documento puede modificarse para asentar lineamientos que permita iniciar ante las autoridades correspondientes una gestión para la creación de instrumentos jurídicos ambientales que obliguen a los interesados en establecer Centrales Eólicas dentro de la región del Istmo y aquellas potenciales en el país, a realizar un análisis adecuado para los impactos acumulativos y sus efectos sobre los principales componentes de cada región.

Finalmente podemos concluir que este tipo de análisis es necesario desarrollarlo previo a la construcción de las Centrales eólicas, además de reforzarlo con otros estudios como la Evaluación Estratégica Ambiental y Monitoreos de vida silvestre en la etapa pre-constructiva. Es importante mencionar que el arreglo o configuración de los Parques eólicos motivo del presente estudio, juega un papel importante, por lo cual se recomienda previo a su instalación una adecuada planeación considerando la información plasmada en este documento.

## 7. Bibliografía

Beanlands, G.E. and P.N. Duinker. 1983. An Ecological Framework for Environmental Impact Assessment in Canada. Institute for Resource and Environmental Studies, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.

Canadian Environmental Assessment Agency. 1999. Cumulative Effects Assessment Practitioners Guide. The Cumulative Effects Assessment Working Group.

Dennis Y.C. Leung, Yuan Yang. Wind energy development and its environmental impact: A review. 2011. Department of Mechanical Engineering. The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong, China.

Eccleston, Charles H. 2001. Environmental impact assessment: a guide to best professional practices.

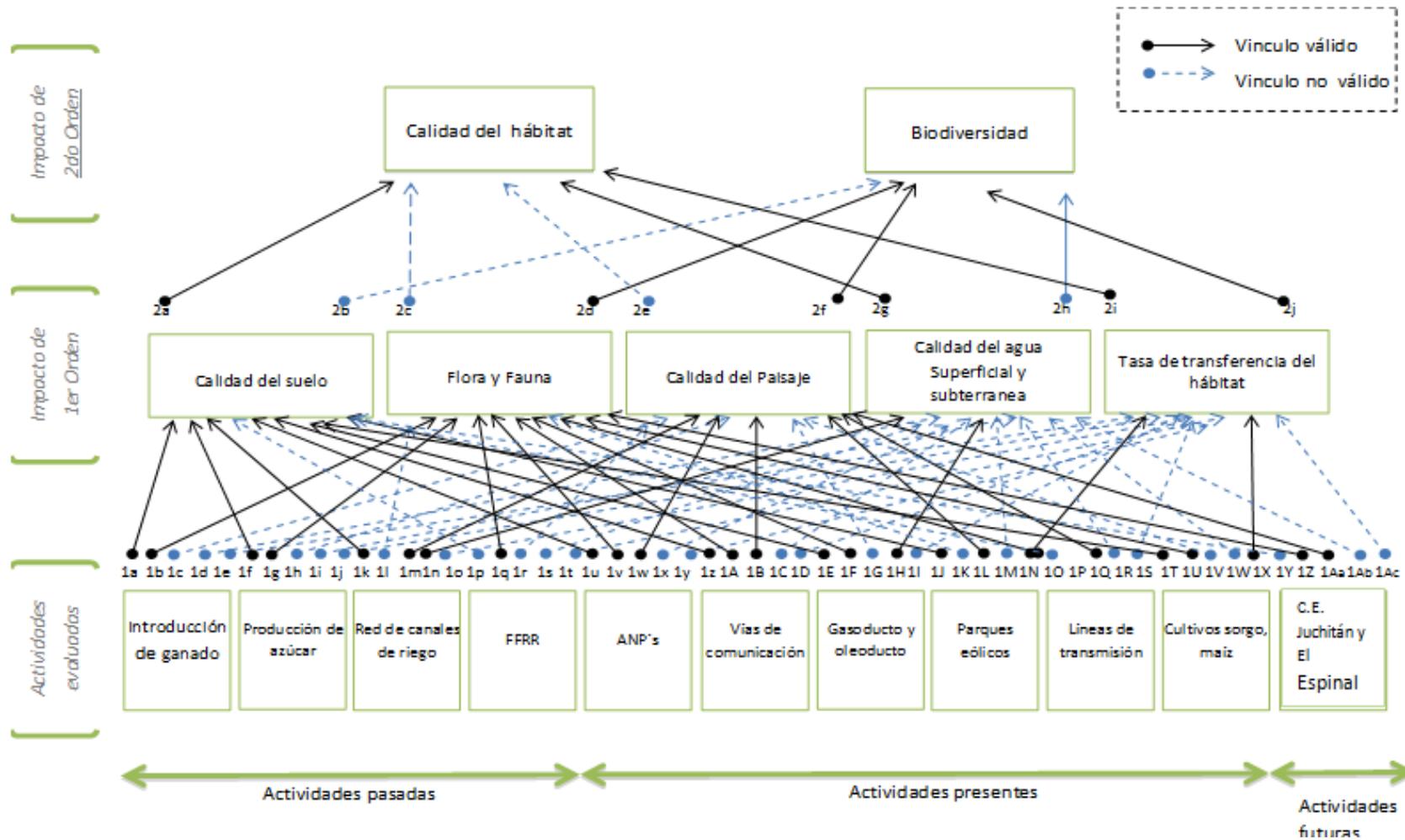
Fátima Lima, Paula Ferreira, Filipa Vieira. Strategic impact management of wind power projects. 2013. University of Minho, Center for Industrial and Technology Management, Campus Azurem, 4800-058 Guimaraes, Portugal.

Mcgarigal, K., S. A. Cushman, M. C. Neel, and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps.

<http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

R. Saidur, N.A. Rahim Islam, K.H. solangi 2011. Environmental impact of wind energy. Centre of Research UMPEAC, Level 4, Engineering Tower, Faculty of Engineering, University of Malaya, Malaysia.

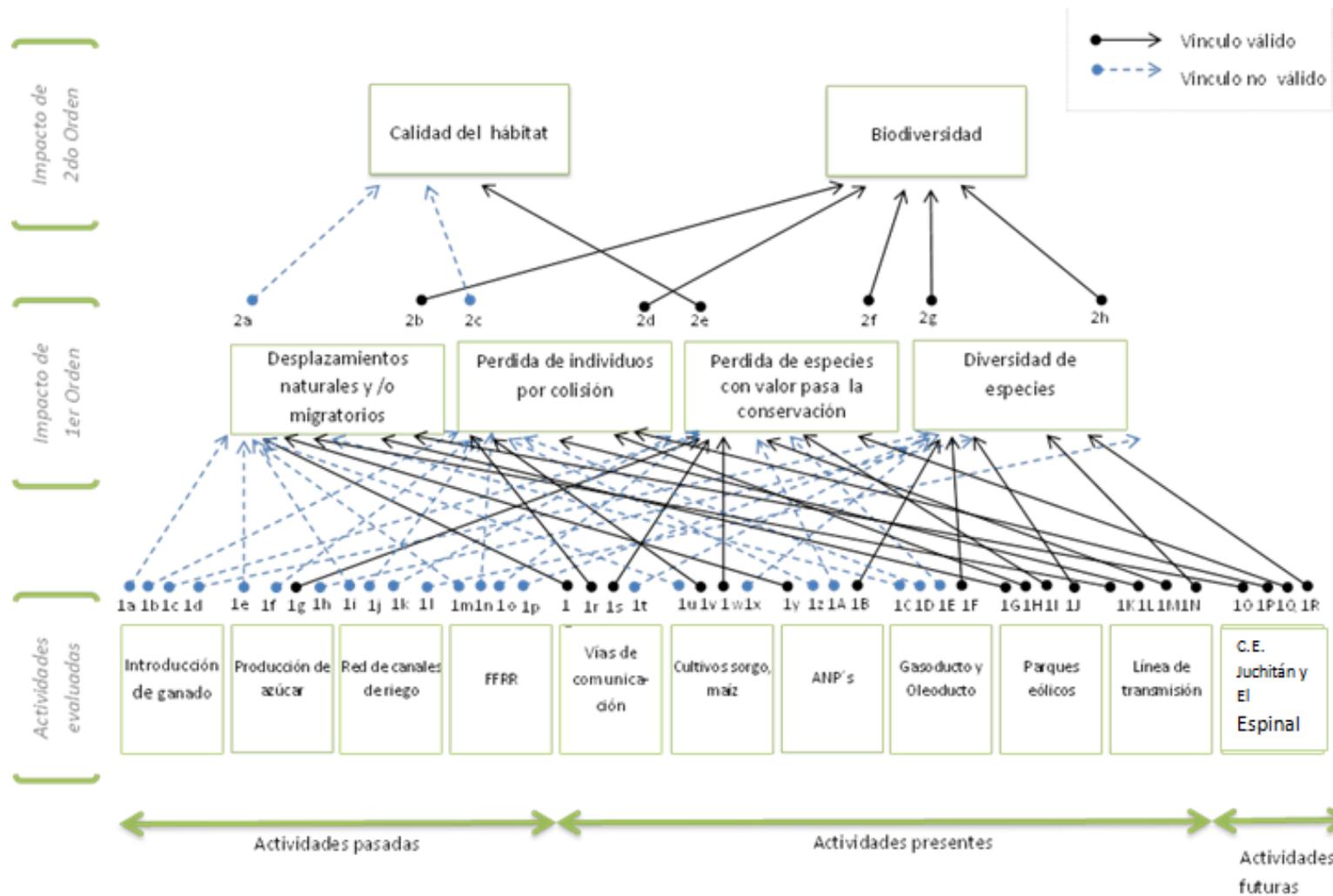
Santos, B. A., C. A. Peres, M. A. Oliveira, A. Grillo, C. P. Alves-Costa, and M. Tabarelli. 2008. Drastic erosion in functional attributes of tree assemblages in Atlantic forest fragments of northeastern Brazil. Biological Conservation 141:249-260.



Anexo 1. Diagrama de vínculos potenciales para el componente de Cobertura Vegetal

VECs	Vínculo	Signo	Magnitud	Duración	Frecuencia	Probabilidad de ocurrencia	Significancia	Efecto residual	Efecto acumulativo
Calidad del suelo	1a,2a	-	media	Mediano	continua	media	Si	No	Si
	1f,2a	-	media	Largo	continua	media	Si	No	
	1k,2a	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	No	
	1u,2a	+	Alta	Largo	continua	Alta	Si	No	
	1z,2a	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	Si	
	1E,2a	-	Alta	Largo	continua	Media	Si	No	
	1J,2a	-	Media	Largo	continua	Baja	Si	No	
	1T,2a	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	No	
Calidad del paisaje	1m,2h	-	Baja	mediano	Discontinua	Baja	No	No	Si
	1r,2h	-	Baja	Largo	Continua	Baja	No	No	
	1w,2h	+	Alta	Largo	continua	Alta	Si	No	
	1B,2h	-	Alta	Largo	continua	Media	Si	No	
	1L,2h	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	Si	
	1Q,2h	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	Si	
	1V,2h	-	Medio	Largo	continua	Media	Si	No	
	1Aa,2h	-	Alta	Largo	continua	Alta	Si	Si	
Flora y Fauna	1b,2d	-	Medio	Medio	Continua	Baja	Si	No	No
	1g,2d	-	Medio	Medio	continua	Media	Si	No	
	1q,2d	-	media	Largo	continua	Baja	Si	No	
	1v,2d	+	media	largo	continua	Alta	Si	No	
	1A,2d	-	Alta	largo	continua	Alta	Si	No	
	1F,2d	-	media	largo	continua	Media	Si	No	
	1K,2d	-	Media	largo	continua	Media	Si	No	
	1P,2d	-	Media	largo	continua	Alta	Si	No	
	1U,2d	-	media	mediano	continua	Media	Si	No	
	1Z,2d	-	media	largo	continua	Media	Si	No	
Calidad de aguas superficial y subterránea	1n,2g	-	media	largo	discontinua	Baja	Si	No	No
	1r,2g	-	baja	corto	discontinua	Baja	No	No	
	1x,2g	+	Media	largo	continua	Alta	Si	No	
	1B,2g	-	media	largo	continua	Media	Si	No	
	1L,2g	-	media	largo	discontinua	Media	Si	No	
	1Q,2g	-	baja	corto	discontinua	Baja	No	No	
Taza de transformación del hábitat	1Aa,2g	-	media	largo	discontinua	Media	Si	No	No
	1e,2i,2j	-	Media	Mediano	continua	Alta	Si	No	
	1j,2i,2j	-	Alta	mediano	continua	Alta	Si	No	
	1o,2i,2j	-	Media	largo	continua	Alta	Si	No	
	1t,2i,2j	-	media	largo	discontinua	Media	Si	No	
	1D,2i,2j	-	alta	largo	continua	Alta	Si	Si	
	1N,2i,2j	-	mediano	largo	continua	Alta	Si	No	
	1X,2i,2j	-	media	mediano	continua	Alta	Si	No	
1Ac,2i,2j	-	media	largo	continua	Media	Si	No		

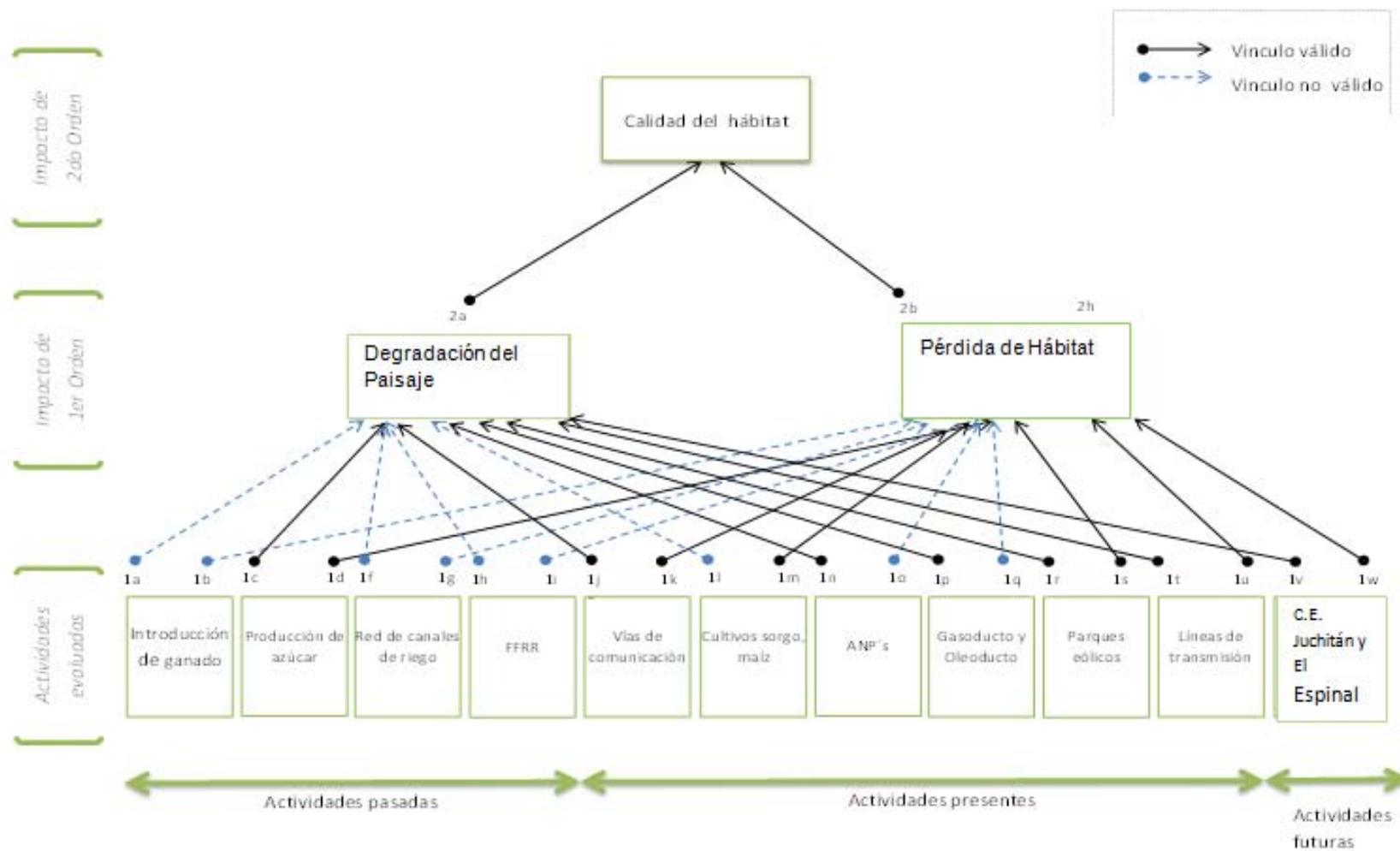
Anexo 1.1 Cuadro de evaluación de los vínculos potenciales identificados para Cobertura Vegetal



Anexo 2. Diagrama de vínculos potenciales para el componente Fauna (aves y murciélagos).

**Anexo 2.1. Evaluación de los vínculos potenciales identificados para Fauna (aves y murciélagos)**

VECs	Vínculo	Signo	Magnitud	Duración	Frecuencia	Probabilidad de ocurrencia	Significancia	Efecto residual	Efecto acumulativo
Desplazamientos naturales y/o migratorios	1q,2b	-	media	Mediano	continua	media	Si	NA	No
	1y,2b	+	Alta	Mediano	continua	Alta	Si	NA	
	1G,2b	-	Media	Largo	continua	Alta	Si	NA	
	1K,2b	-	Media	Largo	continua	Alta	Si	NA	
	1O,2b	-	Media	Largo	continua	Media	Si	NA	
Pérdida de Individuos por colisión	1r,2d	-	Alta	Largo	Continua	Alta	Si	Si	Si
	1H,2d	-	Alta	Largo	Continua	Media	Si	No	
	1L,2d	-	Alta	Largo	continua	Media	Si	No	
	1P,2d	-	Alta	Largo	continua	Media	Si	No	
Pérdida de especies con valor para la conservación	1g,2e,2f	-	Medio	Medio	Continua	Baja	Si	No	No
	1s,2e,2f	-	Medio	Medio	continua	Media	Si	No	
	1w,2e,2f	-	media	Largo	continua	Baja	Si	No	
	1l,2e,2f	+	media	largo	continua	Alta	Si	No	
	1M,2e,2f	-	Alta	largo	continua	Alta	Si	No	
	1Q,2e,2f	-	media	largo	continua	Media	Si	No	
Diversidad de especies	1B,2g,2h	+	Alta	Medio	continua	Alta	Si	NA	No
	1F,2g,2h	-	Media	Largo	discontinua	Baja	No	No	
	1J,2g,2h	-	Baja	Mediano	discontinua	Baja	No	No	
	1N,2g,2h	-	Baja	Mediano	discontinua	Baja	No	No	
	1R,2g,2h	-	Baja	Mediano	discontinua	Baja	No	No	



Anexo 3. Diagrama de vínculos potenciales para el componente Paisaje

**Anexo 3.1. Tabla de evaluación de los vínculos potenciales identificados para Paisaje**

VECs	Vínculo	Signo	Magnitud	Duración	Frecuencia	Probabilidad de ocurrencia	Significancia	Efecto residual	Efecto acumulativo
Percepción visual	1c,2a	-	Baja	Corto	Discontinua	Baja	No	NA	No
	1j,2a	-	Baja	Corto	Discontinua	Baja	No	NA	
	1n,2a	+	Alta	Largo	Continua	Alta	Si	NA	
	1p,2a	-	Baja	Corto	Discontinua	Baja	No	NA	
	1r,2a	-	Media	Largo	Discontinua	Alta	Si	Si	
	1t,2a	-	Alta	Largo	Continua	Alta	Si	Si	
	1v,2a	-	Media	Largo	Discontinua	Alta	Si	Si	
Pérdida de la naturalidad	1d,2b	-	Media	Mediano	Continua	Alta	Si	No	Si
	1k,2b	-	Baja	Mediano	Discontinua	Baja	Si	No	
	1m,2b	-	Media	Mediano	Continua	Media	Si	No	
	1s,2b	-	Alta	Largo	Continua	Media	Si	Si	
	1u,2b	-	Alta	Largo	Continua	Alta	Si	Si	
	1w,2b	-	Media	Largo	Discontinua	Media	Si	Si	