



Universidad Autónoma de Baja California

Facultad de Ciencias

Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas



DESARROLLO DE UN ATLAS CIBERCARTOGRÁFICO COMO
INTEGRADOR DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y CIENTÍFICO
PARA EL MANEJO DE PLAGAS FORESTALES EN LA COMUNIDAD
INDÍGENA KUMIAI DE SAN JOSÉ DE LA ZORRA

TESIS

Que presenta:

JORGE ALBERTO ANDRADE SÁNCHEZ

Como requisito para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

DIRECTOR DE TESIS

BERNARDINO RICARDO EATON GONZÁLEZ



Universidad Autónoma de Baja California
Facultad de Ciencias
Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas



Desarrollo de un atlas cibercartográfico como integrador del conocimiento tradicional y científico para el manejo de plagas forestales en la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra

TESIS

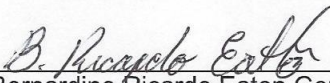
Que para obtener el grado de

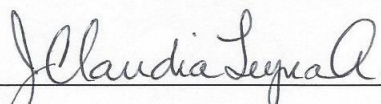
MAESTRO EN CIENCIAS


Presenta

Jorge Alberto Andrade Sánchez

APROBADA POR


M.C. Bernardino Ricardo Eaton González


Dra. Juana Claudia Leyva Aguilera


M. C. Michael Alan Wilken-Robertson

Ensenada B.C., Agosto 2015

RESUMEN

Los indígenas kumiai de Baja California tienen una profunda relación con el encino (*Quercus agrifolia*), la madera de encino fue utilizada como leña y su fruto, la bellota, fue base de su alimentación y en la actualidad todavía es consumida. Existe conocimiento tradicional kumiai importante asociado al uso histórico de este árbol. Desde hace algunos años se ha reportado la mortalidad de estos árboles en la comunidad indígena de San José de la Zorra debido a la presencia de coleópteros barrenadores y la sequía. Esta problemática se inscribe con facilidad en el paradigma de la complejidad y por consiguiente demanda de un proceso de investigación transdisciplinar el cuál considere la integración del conocimiento científico y el conocimiento empírico de la comunidad. La información espacial y precisa se considera uno de los elementos clave para los proceso de desarrollo sustentable. Debido a lo anterior se consideró la integración del conocimiento espacial kumiai y científico. Se conformó un grupo transdisciplinar y a través de procesos de discusión se consensó una solución geográfica y se formó una red semántica de conceptos la cual considera diversos ejes temáticos a abordar para cumplir con la solución geográfica. Se plantearon objetivos y métodos de investigación por eje y se desarrollaron en 4 capítulos. El primer capítulo trata sobre el conocimiento tradicional kumiai y su utilidad para el manejo de plagas forestales en un contexto moderno. A través de éste se logró la síntesis de información de prácticas tradicionales y modernas para el manejo de plagas forestales. En el capítulo dos, a partir de técnicas de percepción remota y geoestadísticas, se delimitaron encinares dentro de la comunidad indígena. El capítulo 3 corresponde a un proceso de investigación participativa para la investigación de la presencia/ausencia de

coleópteros barrenadores en los encinares de la comunidad. El resultado principal de este capítulo fue una base de datos geográfica de datos de presencia/ausencia de coleópteros. En el capítulo 4 se logró la integración de diversos insumos del resto de los capítulos en un mapa interactivo y multimedia basado en la web, un atlas cibercarográfico. En este capítulo se discuten las aportaciones de los atlas cibercartográficos para el manejo comunitario de plagas forestales y la integración de trabajo transdisciplinar. En el contexto del trabajo completo se discuten aspectos del desarrollo y evolución de las tecnologías de información geográfica, sus aportes al manejo comunitario de recursos y sus potencialidades. Se realizan recomendaciones sobre la base de los resultados del trabajo y en función de los usos potenciales

Palabras clave: Cibercartografía, kumiai, encino, coleópteros barrenadores, NDVI, enfoque participativo.

DEDICATORIA:

A la comunidad indígena kumiai de San José de la Zorra, a las tribus nativas de Baja California y los sistemas ecológicos de la región. Ustedes, sus modos de vida actuales, las memorias de su pasado y las dinámicas naturales tan caóticas y estocásticas, me confirman y me hacen recordar ideas directrices en mi vida,

a Jackie y nuestro hijo Diego,

a la familia Andrade y

a la familia Sánchez

AGRADECIMIENTOS:

El desarrollo de mi trabajo de investigación no pudo ser posible sin una gran cantidad de personas e instituciones que estuvieron a mi alrededor y que de alguna manera impactaron y moldearon mi trabajo.

Primero quiero agradecer a integrantes de la comunidad indígena kumiai de San José de la Zorra. Me faltarían líneas para nombrar a cada uno, sin embargo puedo agradecerles como grupo, como más me ayudaron. Fueron el motor y una de las grandes motivaciones para realizar este trabajo.

Me gustaría agradecer CONACYT por el otorgamiento de la beca de manutención y por el otorgamiento de la beca Mixta. A UABC en lo general, ha sido mi casa desde hace varios años y no esta demás expresar mi gratitud. A la Facultad de Ciencias en lo particular, el crecimiento académico y personal que he tenido se lo debo en gran medida a esta facultad.

A Ricardo Eaton por guiar mi proceso, por su amistad, por ser pilar y catalizador en el desarrollo de todo. El hecho de compartir ideas y hasta modos de pensar con él, cimentó las bases de una buena amistad y espero de muchas colaboraciones futuras. Gracias por permitirlo.

Al comité de revisión, a Claudia Leyva por su capacidad integradora y sus oportunos comentarios. A Mike Wilken y su gran experiencia con comunidad nativas de Baja California. Armé junto con ellos y Ricardo Eaton un buen equipo de trabajo incluso antes del inicio de la maestría y creo que no pude haber constituido un mejor equipo para este trabajo de investigación.

A los académico de MEZA, Dr. Hugo Riemann, Dra. Evarista M.C. Paty, Dra. Ileana, sus comentarios me resultaron bastante útiles. A mis compañeros, a los quince, con quienes compartí mucho. Agradecer en especial a Ceci ya que su trabajo, paralelo al mío, enriqueció el mío y a Xuxa por su apoyo en el trabajo de campo.

A Víctor, Irlanda, Abril, Héctor, Daniel, Jason por su apoyo en el trabajo de campo.

Al colectivo de fotógrafos por documentar de acuerdo a su visión propia y particular el trabajo de campo. A Dany, Jorge, Bárbara, Eva, Elo,

La comunidad indígena kumiai de San Pasqual en California y a Kristie Orosco me abrieron las puertas para trabajar con ellos. Les agradezco la atención y la apertura.

Tengo que agradecer al Dr. Tom Coleman, a Adrian Polini y al Servicio Forestal de Estados Unidos por permitirme acompañarlos y aprender de ellos. Lo aprendido con ellos en relación al monitoreo de plagas forestales fue muy importante para mi trabajo.

Debo agradecer al Centro de Investigación en Cartografía y Geomática de la Universidad de Carleton de Ottawa, a Romola, Laura Salisbury, Rob Oikle, Jean-Pierre, Amos Hayes por esas sesiones de trabajo, por dedicarme tiempo y esfuerzo para hacer productiva y

placentera esa aventura que tuve por Canadá. Me gustaría agradecer en especial al Dr Fraser, por hacer posible mi estancia y por abrirme las puertas a un regreso cercano.

Por último a mi familia, a Jackie por ser el apoyo moral más sólido que tengo, a Diego mi hijo, mi motivación más grande. Si bien el impacto que tuvieron no fue directo sobre mi trabajo, su apoyo fue trascendental y sin él esto nada hubiera sido posible.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN.....	18
MARCO CONCEPTUAL	26
ANTECEDENTES	40
OBJETIVOS.....	42
Objetivo general	42
Objetivos específicos.....	42
CAPITULO 1 ¿EL CONOCIMIENTO TRADICIONAL KUMIAI PUEDE CONTRIBUIR AL MANEJO Y PREVENCIÓN DE LA PLAGA GSOB?.....	45
RESUMEN	45
INTRODUCCIÓN.....	47
MÉTODOS.....	51
ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN	52
LITERATURA CITADA.....	69
CAPITULO 2 Delimitación encinares en la comunidad indígena de San José de la Zorra a partir de datos del sensor OLI (Landsat 8)	75
1. Introducción	75
1.1 Importancia de los bosques de encino	75
1.2 Plagas forestales y pérdida de encinos	76

2. Zona de estudio	78
3. Métodos.....	79
3.1 Obtención de insumos	80
3.2 Pre-procesamiento	81
3.3 Estimación de la cobertura de encinos	82
3.4 Estimación de índices de vegetación y correlación con el porcentaje de cobertura... 83	
3.5 Selección de NDVI, estimación de la cobertura y validación mediante fotointerpretación.....	84
4. Resultados y discusión	84
4.1 Estimación de la cobertura de encinos	84
4.2 Selección de NDVI, estimación de la cobertura y validación mediante fotointerpretación.....	88
5. Conclusiones	90
Bibliografía.....	91
CAPÍTULO 3 “Diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en encinos de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra, Ensenada, Baja California”	94
RESUMEN.....	95
INTRODUCCIÓN.....	96
JUSTIFICACIÓN.....	98
OBJETIVO	99

METAS.....	99
ÁREA DE ESTUDIO.....	99
Localización geográfica.....	99
METODOS.....	101
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRELIMAR: MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE COLEÓPTEROS EN LA COMUNIDAD INDÍGENA.....	105
Programa de actividades del trabajo de investigación previa.....	106
Diseño de muestreo.....	107
Capacitación.....	109
Muestreo prospectivo.....	109
Trabajo de campo.....	110
Sistematización de la información de campo y generación de la base de datos espacial.....	111
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA: MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE COLEÓPTEROS EN LA COMUNIDAD INDÍGENA.....	111
Sesión 1 Reunión informativa y formalización del equipo de trabajo.....	112
Sesión 2 Planteamiento del problema y priorización de soluciones.....	113
Sesión 3 Intercambio de conocimientos y formalización de conocimiento emergente.....	115
Sesión 4. Mapeo e investigación participativa para la elaboración del SIGP.....	116
EVIDENCIAS.....	117
Conceptos de comunidad y participación.....	117
Árbol de problemas.....	118
Árbol de soluciones.....	120
Matriz de priorización.....	123

En esta sección se muestran las evidencias correspondientes a la fase 2. Dichas evidencias son:.....	125
Evidencia fotográfica de la capacitación	125
Mapas participativos.....	127
Base de datos espacial y SIGP.....	128
DISUCSIONES Y CONCLUSIONES.....	130
ANEXO 1 Formato de campo	133
ANEXO 2 Fichas entomológicas	137
REFERENCIAS	147
CAPITULO 4 APORTES DE LA CIBERCARTOGRAFÍA AL MANEJO PARTICIPATIVO DE PLAGAS FORESTALES CON UN ENFOQUE TRANSDISCIPLINARIO	
RESUMEN	149
INTRODUCCIÓN.....	150
SIG convencionales, topología matemática y datos cualitativos.....	151
Conocimiento espacial local.....	152
Enfoques para la integración de conocimientos y la investigación transdisciplinar	154
Nunaliit Atlas Framework	156
MÉTODO	157
Constitución de grupo transdisciplinar	157

Sistematización de insumos.....	158
Creación del atlas e integración de insumos.....	160
RESULTADOS	161
Grupo transdisciplinar y red semántica de conceptos	161
Atlas cibercartográfico Kumiai	163
Modulo “Mapa de escarabajos”	163
Módulo “Proceso participativo”	164
DISCUSIÓN	165
CONCLUSIONES	169
REFERENCIAS	169
DISCUSION GENERAL	171
CONCLUSIONES	175
RECOMENDACIONES	177

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Red semántica de conceptos y solución geográfica	255
Figura 2. Estructura general de la tesis. Se observa la estructura por capítulos y su relación con los objetivos específicos.	444

Capítulo 2

Figura 1. Localización de la zona de estudio.....	80
Figura 2. Secuencia del método empleado.....	81
Figura 3. Imagen que muestra un plot con los 196 puntos sistemáticos.....	84
Figura 5. Modelo de regresión lineal de NDVI y porcentaje de cobertura (%TCC).....	87
Figura 6. Modelo de regresión lineal de SAVI y porcentaje de cobertura (%TCC).....	88
Figura 7 Polígono de cobertura de encino. Este polígono corresponde a la clase de valores de NDVI de 0.002082 y 0.04677.....	91

Capítulo 3

Figura 1. Localización de la zona de estudio.....	101
Figura 2. Método empleado.....	103
Figura 3. Diagrama del proceso empleado en la investigación preliminar.....	107
Figura 4. Diseño de muestreo.....	109
Figura 5. Muestreo prospectivo.....	111
Figura 6. Árbol de problemas generado con los participantes locales.....	120
Figura 7. Árbol de problemas generado a partir del árbol original.....	121
Figura 8. Árbol de soluciones.....	122
Figura 9. Árbol de soluciones generado a partir del árbol original.....	123
Figura 10. Matriz de priorización de soluciones.....	125
Figura 11. Mapa participativo de los movimientos de leña dentro y fuera de la comunidad.....	128
Figura 12. Mapa participativo de los movimientos de leña dentro y fuera de la comunidad.....	129

Capítulo 4

Figura 1. Estructura de Nunaliit Atlas Framework.....158

Figura 2. Red semántica de conceptos asociados al diseño de la solución geográfica...163

Figura 3. Captura de pantalla del módulo “Mapa de escarabajos”.....165

Figura 4. Captura de pantalla del módulo “Mapa de escarabajos”.....166

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo 1

Cuadro 1 Prácticas modernas de la plaga GSOB y prácticas tradicionales kumiai en función de la etapa del Manejo Integrado de Plagas (MIP).....65

Capítulo 2

Cuadro 1. Resumen del cálculo del tamaño de muestra.....82

Cuadro 2 Cuadro 2. Resumen de los plots, el porcentaje de cobertura.....85

Capítulo 3

Cuadro 1. Programación de actividades del trabajo de investigación.....107

Cuadro 2. Matriz de priorización de soluciones.....124

Cuadro 3 Frecuencia de registros por especie del total de 35 encinos infestados.....129

Capítulo 4

Cuadro 1. Descripción de los archivos multimedia integrados en el atlas cibercartográfico.....158

La tierra, por la magnificencia de sus horizontes, las frescuras de sus bosques y la pureza de sus fuentes, ha sido y continúa siendo la gran educadora y no ha cesado de llamar a las naciones a la armonía y a la conquista de la libertad.

Eliseo Reclus

INTRODUCCIÓN

Según Wilken (2012) los documentos históricos y etnográficos describen el territorio ocupado por los indígenas Kumiai al momento de mantener contacto con los misioneros europeos a finales del siglo 18, como un territorio extenso desde lo que hoy es Escondido California al norte, hasta Santo Tomás Baja California al sur, al este a través de toda la península hasta el desierto de Sonora (Miskwish, 2007; Hinton y Watahomigie, 1984; Mathes, 2006). A partir de la colonización por misioneros europeos y la ocupación permanente que comenzó a partir de 1780, los indígenas Kumiai vieron reducida su libertad de moverse por su territorio hacia las costas, montañas y desiertos así como su habilidad de mantener el conocimiento tradicional y habilidades asociadas con los diversos hábitats de la región (Robertson, 1978; Bendímez; 1987). Aunado a esto, el territorio Kumiai se dividió debido a la frontera internacional colocada de manera arbitraria entre México y Estados Unidos en 1848. En la actualidad aproximadamente 600 indígenas Kumiai viven en cinco comunidades indígenas en la península de Baja California (Wilken, 2012). Entre ellas se encuentra San José de la Zorra, Juntas de Nejí, La Huerta, San Antonio Nécua y San José de Tecate.

Desde un punto de vista histórico, las tribus indígenas kumiai han tenido una relación estrecha con el medio ambiente y sus recursos naturales. Los ancestros de los yumanos, grupo etnolingüístico que incluye a los kumiai, eran cazadores, recolectores y pescadores semi-nómadas y desarrollaron modos de vida que les permitieron vivir en ambientes áridos mediante la utilización de una variedad de plantas y animales (Laylander 1987, Massey 1966). Las prácticas tradicionales de los nativos fueron muy variadas y constaban de

actividades sencillas como la recolección de plantas y cacería de fauna así como actividades complejas como la poda controlada de plantas, agricultura y la práctica de incendios controlados de vegetación por los kumiai para el control de la erosión del suelo, la manipulación de la producción de bellota de encinos y el control de plagas en pinos y encinos (Shipek, 1993). Estas actividades ancestrales son evidencia de los procesos de adaptación al medio cambiante de los indígenas nativos a través de los años y demuestran un profundo conocimiento ecológico tradicional (CET) o TEK de acuerdo a sus siglas en inglés (Berkes *et al.*, 2000).

Debido a la reducción de sus territorios y a diversos procesos de erosión cultural, las tribus kumiai han dejado de realizar diversas prácticas tradicionales y con ellos se ha perdido conocimiento tradicional asociado. Las tribus han adoptado prácticas modernas para manejar sus propios recursos naturales y esa modificación de sus modos de vida ha alterado la interacción con su medio ambiente.

Otra de las consecuencias de estos procesos ha sido la pérdida alarmante de la lengua (Wilken, 2012). Con esta pérdida disminuye el conocimiento etnobotánico debido a que la lengua es la principal herramienta para construir y organizar el mundo natural, crear taxonomías y transmitir conocimiento sobre el medio ambiente (Wilken, *Ibidem*). Con base en lo anterior se puede recalcar que las tribus kumiai han enfrentado un proceso de cambio que ha modificado por un lado sus modos de vida y por otro lado ha impactado de manera negativa en el mecanismo de transmisión de conocimiento sobre el medio ambiente, la lengua kumiai. Con esto se ven comprometidos los modos de vida y el CET kumiai.

Son muchos los recursos naturales que los indígenas kumiai han utilizado a lo largo de la historia. Andrade et al (en proceso de publicación) demuestra que el encino es y ha sido uno de los elementos naturales más importantes para las tribus kumiai.

El encino es un árbol que guarda una profunda relación con los indígenas de la región de California-Baja California, en especial con los kumiai. Es característico de la Provincia Florística de California en la cual se encuentran al menos 18 especies de encino. De acuerdo con Wilken (2012) los kumiai de la región de California-Baja California continúan aprovechando al menos tres especies de encino, de las cuales destaca *Quercus agrifolia* debido a que produce una gran cantidad de bellota la mayoría de los años. Con la bellota se prepara el atole que tradicionalmente se preparaba en morteros de piedra. Wilken (*Ibidem*) menciona que el atole de bellota de *Q. agrifolia* continua siendo parte de la dieta de los kumiai y que ocasionalmente es vendido en eventos no indígenas. Wilken (*Ibidem*) también destaca que esta actividad es parte de lo que rodea ser indígena kumiai, es decir tiene un importante valor histórico y sobre todo cultural para los kumiai.

Los bosques de encino no solo son de importancia para las comunidades indígenas, también lo son para los habitantes de zonas urbanas, periurbanas y rurales. Tienen un importante valor estético y ocasionalmente es utilizado y comercializado como leña. Aunado a la importancia socio-económica y cultural, los bosques de encinos tienen un importante valor ecológico pues son un elemento importante en la dinámica de los ecosistemas de la región y cumplen con la función de hábitat para diversas especies animales debido a eso es primordial la conservación y el mantenimiento de su estado de salud

En los últimos años se han reportado diversas plagas en el condado de San Diego, California, las cuales representan una amenaza importante para los bosques de encino. Dos de las plagas contemporáneas más importantes son “Sudden Oak Death” o SOD por su acrónimo en inglés y “Goldspotted Oak Borer” o GSOB por sus siglas en inglés. Debido a la cercanía con el condado de San Diego, la continuidad de los ambientes y a las similitudes

en términos ecológicos, se considera probable la dispersión de estas plagas hacia Baja California.

De acuerdo con Swiecki y Bernhardt (2006) existe una diversidad importante de insectos nativos que son capaces de causar daños notables en los encinos. Destacan la presencia de coleópteros descortezadores y barrenadores como *Monarthrum sp*, *Pseudopityophthorus sp*, *Scobicia declivis*, *Chrysobothris mali* entre otros. Es importante mencionar que si bien estos insectos son nativos, los escenarios de cambio climático pueden modificar las interacciones entre patógenos y hospederos, éstos patógenos que son indirectamente afectados por factores climáticos, tienden a infestar hospederos estresados (Sturrock et al., 2011). En la comunidad indígena de San José de la Zorra, se ha reportado una disminución del verdor de los bosques de encinos durante los últimos años (Andrade y Eaton, en proceso de publicación). De la misma manera, miembros de la comunidad han reportado la mortalidad de encinos dentro de la comunidad.

Debido a la importancia económica, social, cultural y ecológica de los bosques de encinos y ante la amenaza de plagas con el potencial de disminuir las poblaciones de encino se considera importante monitorear dichos bosques con la finalidad de generar datos que sirvan para tomar decisiones de manejo y/o prevención. El rescate y revalorización del CET kumiai, en relación a los encinos, se considera importante para este fin debido a lo que puede aportar para los procesos de investigación y monitoreo de plagas forestales. Se reconoce que la problemática de la mortalidad de encinos es un problema complejo que requiere de los conocimientos científico e indígena para lograr procesos de diagnóstico horizontales que incentiven la participación de los habitantes de la comunidad indígena.

La información necesaria para abordar dicha problemática, debe derivar de un proceso de discusión y deberá ser tan variada como la diversidad de visiones incorporadas en el grupo

de trabajo. En el presente trabajo se reconoce la necesidad de contar con información espacial o geográfica debido a que la información espacial precisa y confiable es un ingrediente clave para los procesos de desarrollo sustentable (Brodnig, 2000).

Una de las áreas donde los cambios en la adquisición, procesamiento y diseminación de esta información se han vuelto particularmente significativos, es el manejo de recursos naturales (Brodnig, *Ibidem*). Los sistemas de información geográfica (SIG) dan cuenta del cambio en la manera de adquirir información espacial. Con anterioridad los SIG eran utilizados para resolver problemas de ubicación espacial y generar mapas digitales. Debido a la demanda de los mismos usuarios los SIG fueron cambiando y fue posible realizar análisis espaciales cada vez más complejos. Este desarrollo del software y del campo teórico implicó el traslape de los SIG con otras disciplinas y esto generó el desarrollo de un marco conceptual multidisciplinar la “*GIScience*” (Ver Gold, 2006).

Uno de los cambios importantes que surgieron a la luz de estos desarrollos fue la aparición de diversos tipos de SIG que dan mayor peso y legitimidad al conocimiento espacial indígena, popular y local; los Sistemas de Información Geográfica Participativo (*SIGP*) y los Sistemas de Información Geográfica Público Participativo (*SIGPP*). La apuesta de estos SIG en la adquisición de conocimiento espacial, es el involucramiento de la población local ya sea indígena, rural o urbana. Metodológicamente estos SIG se definen como la fusión de métodos participativos del Diagnóstico Rural Participativo y los SIG como herramienta. Desde un punto de vista ético, las finalidades más importantes son el reconocimiento y legitimización del conocimiento espacial local y el fortalecimiento de capacidades locales para fomentar el autodesarrollo de las poblaciones locales.

Las nuevas tecnologías en computación basada en la web son el catalizador más importante para la generación de SIG en línea y aplicaciones SIG. La denominada web 2.0 posibilita a cualquier usuario de un teléfono inteligente para generar, modificar y visualizar información espacial. Más allá de las posibilidades mencionadas la web 2.0 permite la interacción, a través de los SIG en línea, de cualquier usuario con información espacial a través de cualquier buscador web.

Estas tendencias son comúnmente categorizadas en un plano muy general como *neogeografía* (McCall, 2011). Representan un nivel superior en la generación y manejo de información espacial para la población que no especialista en SIG. Esto tiene diversas implicaciones pero solo se destaca que permite la incorporación de la visión de la población no especialista en SIG, sea rural, urbana o indígena.

La *cibercartografía* entendida como un método mixto que permite la organización, representación, análisis y comunicación de información espacialmente referida a través de un formato interactivo, dinámico, multimedia, multisensorial mediante el uso de una interfase multimedia y multimodal permite la integración de elementos multimedia en un SIG en línea (Taylor, 2010). Estos archivos multimedia son capaces de representar otras formas de expresión del conocimiento tradicional no cartografiables de la población urbana, rural o indígena. Es importante mencionar que recientemente la *geocibernetica* se ha posicionado como el marco teórico de la cibercartografía (Lopez-Caloca et al., 2014).

Considerando las anteriores aproximaciones teóricas y prácticas, el presente trabajo busca implementar un diagnóstico participativo para evaluar la presencia/ausencia de coleópteros barrenadores en la comunidad indígena de San José de la Zorra basado en el

reconocimiento de diversos tipos de conocimientos como el indígena y científico poniendo énfasis en la información geográfica. Esto implica la generación de un grupo de trabajo, un proceso de discusión entre los miembros del grupo, la formulación de una solución geográfica, un proceso de investigación y la ejecución de dicha solución.

Con base en un enfoque metodológico transdisciplinario, se creó un grupo compuesto por Licenciados en Ciencias Ambientales, Biólogos, Artistas visuales y miembros de la comunidad indígena kumiai de San José de la Zorra. A través de una postura de reconocimiento del conocimiento de todos los integrantes se logró un proceso de comunicación y discusión entre el grupo de trabajo. A partir de este proceso se logró la metasíntesis de conceptos, la generación de una red semántica de conceptos y la formulación de una solución geográfica. Con esta metasíntesis de conceptos se crearon 4 ejes temáticos. En la figura 1 se muestra los conceptos consensuados en la reuniones con el grupo de trabajo y la red semántica de conceptos. A partir de estos ejes temáticos se plantearon objetivos específicos y de esa manera se generó una estructura capitular para este trabajo. Se abordaron 4 ejes temáticos que se desarrollan en 4 capítulos los cuales corresponde a los objetivos específicos del trabajo.



Figure 1 Red semántica de conceptos y solución geográfica

En este trabajo se desarrolló un marco de referencia, el cual ayuda al lector a entender el desarrollo y evolución de las tecnologías en geografía en particular de los sistemas de información geográfica (SIG), sus aportes al manejo de recursos naturales y papel fundamental de las tendencias modernas en SIG para la generación de grupos

transdisciplinarios para abordar alguna problemática así como en la incorporación del conocimiento indígena.

MARCO CONCEPTUAL

Desde de la perspectiva de la *teoría de la complejidad*, las actividades humanas se conciben como producto de las interrelaciones que establecen los individuos entre sí y con su ambiente físico (Morales, 2010). Es decir, los sistemas sociales y naturales no solo son indisociables sino que co-evolucionan través del tiempo. Esta es la razón fundamental por la cual se considera que la fragmentación disciplinaria no es apropiada para abordar las problemáticas complejas como los son las problemáticas ambientales. Un hecho que ejemplifica la inoperatividad de la visión unidisciplinaria es que en los contextos rurales e indígenas, de manera tradicional, el antropólogo o el sociólogo abordan una problemática sin considerar el medio físico-natural y el biólogo o el ecólogo abordan una problemática sin considerar el componente social. Esto no permite a ninguno de los especialistas entender la complejidad de un problema en el contexto rural e indígena.

La apuesta contemporánea es trascender los límites de las disciplinas para abordar una problemática compleja, considerando los componentes sociales y naturales de manera integral. El enfoque transdisciplinario, entendido como un proceso a través del cual se trascienden los límites entre las disciplinas, para abordar problemas desde múltiples perspectivas y generar conocimiento emergente (Morales, 2010), es esencial para abordar problemas de naturaleza compleja. Diversas disciplinas han adoptado enfoques de investigaciones transdisciplinarios como el manejo de recursos naturales.

De acuerdo con Chávez-Cortés y Chávez-Cortés (2006) el manejo de recursos naturales ha evolucionado desde las perspectivas unidisciplinarias al manejo colaborativo que contempla aspectos propios de un enfoque de investigación transdisciplinario, hoy en día el manejo de recursos naturales se vale de este enfoque metodológico para abordar sus objetos de estudio. Esto invariablemente implica la integración de técnicas, métodos, marcos conceptuales y epistemologías de diversas disciplinas que van desde las ciencias sociales hasta la filosofía, pasando por la ecología, geografía y los sistemas de información geográfica por mencionar algunas.

Una de las herramientas importantes en el manejo y conservación de recursos naturales son los sistemas de información geográfica (SIG), que pueden ser definidos como un conjunto organizado de hardware, software y datos geográficos, diseñados específicamente para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y mostrar todo tipo de información referenciada geográficamente información referenciada geográficamente (ESRI). La importancia de esto radica en que la topología matemática que sustenta a los SIG permite representar fenómenos naturales a través de vectores y ráster lo que permite elaborar diversos análisis espaciales. Sin embargo se ha argumentado que los SIG convencionales son incapaces de incorporar elementos cualitativos de las ciencias sociales, lo que los define como una herramienta positivista. Por otro lado los SIG denominados cualitativos demuestran que las interfaces SIG si permiten incorporar elementos de la ciencias sociales. Las tendencias modernas de los SIG, como los SIG participativos, la neogeografía y la cibercartografía puede ser definidos como aproximaciones metodológicas mixtas que incorporan perspectivas de diversas disciplinas y de conocimiento local de las comunidades rurales e indígenas

En esta sección se describen el desarrollo de los SIG y su potencial para el manejo comunitario de recursos destacando que algunos SIG operan a través del enfoque transdisciplinario. Primero se detallan los aspectos fundamentales de la transdisciplina y de la teoría de la complejidad. Después se describen los diversos tipos de SIG, sus potencialidades y limitaciones en el manejo comunitario de recursos naturales.

Complejidad y transdisciplina: Cuestión de postura ontológica

Von Bertalanfy (1950) con su teoría general de los sistemas, estableció las bases de la teoría de la complejidad. Su propuesta se generó con la idea de crear un marco teórico y práctico de las ciencias naturales y sociales. Su propuesta, la cual tuvo un impacto en la visión general de la problemáticas ambientales y sociales, permitió observar de manera holística fenómenos nuevos y estructura de enorme complejidad. El pensamiento sistémico de Von Bertalanfy reconoce sistemas lo cuales son definidos como conjuntos de elementos que guardan estrechas relaciones entre si y que partir de estas relaciones surgen nuevos componentes.

La teoría de la complejidad busca dar razón del universo como un todo, más allá de la simple suma de sus partes, y de cómo sus componentes se unen para producir nuevas formas. Es un esfuerzo por descubrir el orden en un cosmos caótico (Cardenas y Rivera, 2004). La complejidad constituye una perspectiva novedosa ya que el estudio de la complejidad implica un quiebre o discontinuidad en la racionalidad científica occidental, que permite habilitar o incorporar problemas ignorados por el pensamiento científico moderno (Rodríguez y Aguirre, 2011). A pesar de que en la actualidad no existe una teoría unificada de la complejidad, que sintetice y sistematice de modo explícito los aspectos

fundamentales de las distintas y variadas teorías, métodos y algoritmos de complejidad elaborados en el marco de ciencias y disciplinas disímiles (Rodríguez y Aguirre, 2011), el pensamiento complejo ha permeado a diversos campos de la ciencia. Por ejemplo el manejo de recursos naturales se inscribe con facilidad en el pensamiento complejo pues implica el estudio de los seres humanos sus relaciones y su interacción con el medio ambiente. De acuerdo con Herrán (2011) la transdisciplina es congruente con la complejidad intrínseca de todo fenómeno natural o social, investigable o enseñable ya que “entiende” que un fenómeno-objeto de estudio puede ser mejor comprendido a través de diversas disciplinas.

La perspectiva transdisciplinaria, implica una postura ontológica fundamentada en el reconocimiento de otras dimensiones, perspectivas y conocimientos además del conocimiento científico. Esta postura se define como el dialogo de saberes (Morales 2010). De acuerdo con Acevedo et al (2009) el dialogo de saberes se considera un proceso comunicativo que reconoce el conocimiento tácito o empírico del saber cotidiano, este proceso permite la interacción de la lógica de dicho conocimiento con la del conocimiento científico, explícito y formal. Es a través de este proceso que se generan los mecanismos de comunicación entre las diversas disciplinas y se generan puentes de comunicación entre el conocimiento científico y el no científico. Como ya se mencionó, diversas disciplinas han transitado desde visiones disciplinarias a la adopción de un enfoque transdisciplinario, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) no han sido la excepción. Es importante destacar que los SIG han sido fundamentales en el manejo de recursos naturales y que los cambios en la adquisición, procesamiento y diseminación información espacial en el manejo de recursos naturales se deben a la evolución de los SIG (Brodnig, 2000).

Evolución de los SIG

En las últimas décadas los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han tenido un avance importante en el desarrollo de software y en el campo teórico. El uso común de los SIG era hasta hace poco tiempo, para resolver problemas básicos de ubicación espacial y generar mapas digitales. Paulatinamente la herramienta ha ido cambiando debido a la demanda de los mismos usuarios y gracias a esa evolución fue posible realizar actividades cada vez más complejas como análisis espaciales, análisis geoestadísticos y visualización en tercera dimensión, por mencionar algunas. Entre otras implicaciones epistémicas estos avances significaron un traslape con otras disciplinas, es decir los límites de la herramienta se volvieron difusos y surgió la necesidad de un marco conceptual multidisciplinario: La Ciencia de los Sistemas de Información Geográfica o “GIScience” (acrónimo en inglés) (para una revisión más detallada ver *Gold*, 2006). Se dio un cambio paulatino entre los SIG convencionales y los SIG que contemplan la integración perspectivas y conocimientos de la población local. Un ejemplo importante de esta fusión de disciplinas es el desarrollo de diversos tipos de SIG que dan mayor peso y legitimidad al conocimiento espacial local; los SIG participativo (SIGP) y el SIG público participativo (SIGPP) (Dunn, 2007). De acuerdo con Chambers (2006) el desarrollo y evolución de los SIG y del mapeo participativo (MP), permitieron la fusión de estas tecnologías con diversos métodos de aprendizaje participativo, de tal manera que hoy son considerados parte de diversas familias de aproximaciones y métodos relacionados con el diagnóstico rural participativo (DRP).

Aunado a estos cambios en la manera de hacer SIG, en la última década los métodos para la obtención y manejo de la información espacial han experimentado un cambio importante debido al desarrollo de infraestructura de red (WEB 2.0) y la computación basada en la

nube. Flickr, Facebook, Twiter, son algunos de los ejemplos de redes sociales que están insertos en la vida cotidiana del grueso de la población mundial y que a su vez significan un ventana de oportunidades al manejo de datos espaciales. El desarrollo de diversas tecnologías como celulares inteligentes y tabletas potencian las capacidades de obtención y manejo de información geográfica de usuarios comunes. Hoy en día las capacidades y potencialidades de un SIG se encuentran al alcance de la mayoría de los usuarios de teléfonos inteligentes. De acuerdo con Warf y Sui (2010) estas prácticas son someramente denominadas *neogeografía*. Turner (2006) define la *neogeografía* como las herramientas y técnicas geográficas usadas para actividades personales o para la utilización de grupos o personas no expertas en SIG.

El cambio en la rigidez de los SIG tradicionales a SIG que contemplan la integración de datos cualitativos o los SIG socialmente aptos (Elwood, 2006) ha sido motivo de críticas. Algunos autores consideran que simplemente lo cuantitativo y cualitativo no son equiparables (Tuner, 2008). Se ha llegado incluso a aseverar que la *neogeografía*, entendiéndola como una tendencia de incorporar datos generados por la población no especialista en SIG, “mató” a los SIG (Turner, 2008). Uno de los argumentos para aseverar lo anterior, es la validez o certidumbre de los datos espaciales que generan los no científicos. Esto último pone en duda la veracidad de la información espacial generada por la población no especializada en SIG.

En contraparte se puede argumentar que es a través de la presentación de datos cualitativos que se pueden integrar las perspectivas y conocimientos de las poblaciones locales, sean rurales, indígenas o incluso urbanas y periurbanas. Haciendo referencia a los SIGP, un tipo de SIG que privilegia la incorporación de conocimiento espacial local, Elwood (2006)

menciona que pesar de los desafíos del uso de esta tecnología, su implementación es muy útil pues es un poderoso mediador de conocimiento espacial así como de poder social y político. Como ya se mencionó, el manejo de recursos naturales opera a través de los paradigmas de la teoría de la complejidad y de la transdisciplina y la incorporación del conocimiento espacial local es importante para el manejo transdisciplinario de recursos naturales.

SIG convencionales, topología matemática y datos cualitativos

Los SIG convencionales se han fundamentado en la obtención y análisis de datos meramente cuantitativos. Esto se debe a que son espacialmente deterministas por naturaleza y la topología matemática que los sustenta tiene sus propias representaciones de datos en forma de rásters y vectores lo que permite representar fácilmente fenómenos empíricos y observables como recursos naturales, infraestructura, patrones demográficos y eventos ambientales, en lugar de entidades menos definidas como etnicidad, género y otros distintivos de la identidad social (Warf y Sui, 2010). Los SIG convencionales privilegian la precisión, simplificación, certidumbre y causalidad determinística, en lugar de los tópicos que más les preocupan a los teóricos sociales como la complejidad, ambigüedad, multiplicidad y contingencia (Warf y Sui, *Ibidem*). La crítica social constructivista de los años 90 debido a la incapacidad de los SIG convencionales de representar datos cualitativos derivó en un importante debate, la última consecuencia de este debate fue la aparición de diversos SIG que son empleados dentro de epistemologías no positivistas tales como SIG crítico (Sheppard 2005), SIG participativo (SIGP) y SIG público participativo (SIGPP) (Dunn, 2007), geografía voluntaria (Goodchild, 2007), SIG afectivo/emocional (Aitken y

Crane, 2009), SIG cualitativo (Cope and Elwood 2009), SIG feminista (Kwan 2002, McLafferty 2002, 2005, Story 2002), Contramapeo (Peluso, 1995). Esto demuestra que a pesar de que los SIG aparentan ser solamente aptos para el análisis de datos cuantitativos, pueden ser utilizados para el análisis de datos cualitativos (Pavlovskaya, 2006) .

Diagnóstico Rural Participativo y SIG: El nacimiento de los SIGP

La crisis ambiental al interior de las comunidades rurales e indígenas, está caracterizada por ser de una complejidad todavía mayor en contraste con la crisis global. Para Toledo (2002), el fenómeno rural adquiere un carácter multidimensional en el momento que se visualiza lo rural como punto donde la sociedad metaboliza los recursos naturales para los centros urbanos. La población rural realiza el primer paso del proceso metabólico; la apropiación de la naturaleza. El abordar una problemática en el contexto rural significa entender el sistema rural como un sistema complejo. Desde la visión de la complejidad de dicho sistema es necesario abordar las problemáticas rurales de manera inter y transdisciplinaria.

Shaner *et al* (1982) dieron el primer paso al adoptar un visión sistémica de las problemáticas rurales. Shaner *et al* (*Ibidem*) entendieron al sistema agrario compuesto por varios subsistemas. Surgió de esa manera la investigación de sistemas agrarios o FSR por las siglas en inglés de Farming Systems Research. De acuerdo con Contreras (1998), en la práctica el FSR se lleva cabo mediante equipos multidisciplinarios y se han desarrollado metodologías de campo que comúnmente no han alcanzado el nivel de multidisciplinaria.

Posteriormente, al final de la década de los setenta, surge el Diagnóstico Rural Rápido (DRR), sobre todo en el mundo de habla inglesa, con un fuerte desarrollo en Tailandia y la India. El elemento que pretendía atender era el conocimiento local técnico en referencia a lo agrario. Suponía una revalorización del conocimiento agrario indígena (Contreras *et al* 1998).

A partir del DRR, surge el Diagnóstico Rural Participativo (DRP) con énfasis en otros aspectos, ya que no sólo atribuye valor al conocimiento de la gente rural, sino también a sus capacidades de diagnóstico y análisis. El agente externo pasa de ser “el que explicita información” a ser “el que cataliza la generación de información”, y la gente local pasa de ser “la que se investiga” a “la que investiga” (Contreras *et al* 1998).

Chambers (1994) destaca que el DRP incluye todos los métodos que invitan a la comunidad a compartir, mejorar y analizar dentro de una acción orientada en la investigación. El DRP integra herramientas de la modelación cartográfica y le dio a la geografía participativa un papel prioritario en la integración de la población local y de las perspectivas de los planeadores regionales en cualquier enfoque de gestión de recursos (Sedongo. 2002).

En la década de los noventa se dio la fusión entre el DRP y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para generar el Sistema de Información Geográfica Participativo (SIGP). Como ya se mencionó el SIGP surgió ante la incapacidad de los SIG convencionales de responder preguntas del contexto social. Chambers, (2006) explica que los SIGP innovaron en la manera de integración de la visión y perspectivas de los actores locales en un ambiente SIG. Chambers, (*Ibidem*) dice que los actores locales y comunidades han utilizado mapas mentales por mucho tiempo para expresar su realidad así como han

utilizado su propias formas de representación espacial. Los SIGP sirvieron para integrar dichas formas de representación.

El uso de estas herramientas han probado ser muy importantes en la recuperación de conocimiento tradicional (Smith, *et al.*, 2012; Eisner *et al.*, 2012; Granados, 2008), en la toma de decisiones comunitaria para la planeación y manejo de recursos naturales (Jankowski, 2009), en el aumento de la participación pública (Mansourian, *et al.*, 2011; Wang, *et al.*, 2008) y en el fomento de diversas dimensiones de gobernanza (McCall, 2003; Cinderby *et al.*, 2008).

Con el nacimiento de los SIGP surgió una serie de cuestionamientos. Probablemente la inquietud más importante en términos éticos, fue: ¿Quién está ganando y quién está perdiendo? (Chambers, 2006). Esta interrogante ética surgió debido al hecho de que el integrar información generada por los participantes locales plasmada en un SIG implica el riesgo de inaccesibilidad de los datos generados para los participantes locales. Aún más que eso Kuman *et al* (1997) argumenta que en esencia los SIGP imponen una representación cuantitativa de la realidad social lo que conlleva el riesgo de un positivismo engañoso en su interpretación. Conuerdo parcialmente con esto debido a que en las primeras décadas los SIGP se centraban en los aspectos técnicos de los SIG en lugar de priorizar la aproximación metodológica de los SIGP, la cual fomenta la participación de la población y el desarrollo endógeno de dicha población. Entendiendo que la posición ética de los facilitadores y expertos en SIG son el factor clave para desarrollar SIGP que fomenten la participación de la población local y promuevan el desarrollo endógeno de los pobladores locales Rambaldi *et al* (2006) lanzaron una guía práctica y ética para los facilitadores e investigadores de

SIGP en la cuál destacan diversos puntos para llevar a cabo el proceso metodológico de los SIGP.

Conocimiento espacial local

En la búsqueda de más y mejor información los investigadores en materia de recursos naturales han volteado a ver un cuerpo de conocimiento ignorado, el conocimiento ambiental tradicional o conocimiento ecológico tradicional (CET). El CET es según Berkes *et al* (2000) un: *“cuerpo acumulativo de conocimientos que evoluciona a través de procesos adaptativos y es transmitido mediante formas culturales de una generación a otra acerca de las relaciones entre los seres vivos con su medio ambiente”*. En las últimas décadas se le ha dado importancia a este cuerpo de conocimiento y se han desarrollado métodos para rescatarlo e integrarlo al conocimiento científico.

El conocimiento espacial local (CEL) se expresa en una variedad de formas a menudo involucrando nociones no lineales del espacio, historias, mitos y diferentes taxonomías (Brodning, 2000). De acuerdo con McCall (2011) es posible distinguir tres tipos de conocimiento espacial local: Uno es el conocimiento espacial técnico el cual es similar en estructura, propósito y cognición que el conocimiento científico. Este se refiere al conocimiento local sobre el suelo, plantas, agua, riesgos y vulnerabilidades. Otro nivel representa un punto de vista diferente y se refiere a las prioridades, intereses y problemas de los diferentes actores locales. El tercer nivel es un conocimiento espacial más especializado, el conocimiento espacial espiritual o místico, el cual es simbólico, metafórico, visionario y difiere cualitativamente del conocimiento científico.

Según Reyes (2009) la búsqueda del CET y por extensión del CEL ha generado en algunos casos consecuencias negativas. Reyes (*ibídem*) menciona que representantes de comunidades indígenas han expresado su descontento sobre el uso del CET, argumentando razones como la descontextualización del CET, la falta de retribución para los grupos que han desarrollado este conocimiento y la explotación de los recursos naturales asociados a este conocimiento.

Los niveles de CEL que describe McCall (2011) pudieran ser el punto de partida para explicar la descontextualización del CEL. Los primeros dos niveles, debido a la similitud con el conocimiento científico, pueden ser integrados de mejor manera. Sin embargo el conocimiento espacial místico, al ser cualitativamente diferente del conocimiento científico y representarse mediante expresiones no lineales resulta difícil de representar.

El acoplamiento del saber espacial local con el conocimiento científico se da a través de metodologías de los SIG modernos que buscan la incorporación del saber local, como los SIGP. El elemento más importante para permitir este acoplamiento es una postura de reconocimiento del saber local. En el contexto de los SIGP, esta postura se denomina dialogo de saberes (Chambers, 2011). Este proceso de comunicación fomenta el reconocimiento de diversos saberes, incentiva la discusión en relación a una problemática y permite el acoplamiento de las visiones, perspectivas y saber local así como de la visión científica. De esa manera el conocimiento espacial local se ve representado. Sin embargo la representación de este conocimiento emergente (fusión de conocimiento local y científico) y del conocimiento local en una plataforma SIG, a menudo se ve forzada a representarse a través de elementos cuantitativos. La *cibercartografía* contempla la incorporación de elementos multimedia como audios, videos y documentos, y su representación en un SIG

basado en la web que pueden representar el conocimiento local y emergente sin necesidad de forzar su representación a través de taxonomías positivistas.

Cibercatografía

De acuerdo con Taylor (2003) la cibercatografía fue propuesta como una línea de investigación, la cual incluye modelación, diseño, desarrollo tecnológico y el acoplamiento de éstas con la sociedad. Lopez-Caloca et al (2014) menciona que después se establecieron las bases conceptuales y metodológicas para la creación de su marco conceptual y a partir de ahí se abrió la puerta para la formalización de la semántica y sintaxis de su metalenguaje. De esa manera se propuso el concepto de geocibernética como una línea de investigación más comprensible (Reyes et al, 2006). Es importante aclarar que metalenguaje es una analogía de la lógica y filosofía del lenguaje y hace referencia al lenguaje de la geocibernética. La geocibernética tiene su propio cuerpo de conocimiento y recientes desarrollos teóricos la posicionan como un marco de referencia para la cibercatografía Este nuevo marco teórico conduce a la inclusión de paradigmas existentes combinando métodos cuantitativos y cualitativos bajo la visión cibernética, compleja y caótica derivada de la estructura, el funcionamiento y el comportamiento de los sistemas sociales que interactúan en tiempo y espacio (Lopez Caloca et al, 2014). De acuerdo con Lopez-Caloca *et al (Ibidem)* es necesario un nuevo marco conceptual espacio-temporal para establecer formas organizacionales que guíen el comportamiento y permitan establecer el acoplamiento de grupos transdisciplinarios durante diversas etapas de diseño, modelación y

desarrollo de procesos. La geocibernética se posiciona como ese marco conceptual. Uno de los componentes importantes para la geocibernética es el *método reyes* Lopez-Caloca *et al* (*Ibidem*), el cuál se constituye como una guía metodológica para la formulación de soluciones geográficas y la constitución de grupos transdisciplinarios.

Enfoques para la integración de conocimientos y la investigación transdisciplinar

Existen diversos enfoques para la integración de conocimiento tácito-empírico con conocimiento científico. En este apartado se describen el dialogo de saberes y el método reyes como dos enfoques importantes para la integración de dicho conocimiento destacando las similitudes entre ambos.

El *método reyes* contempla un proceso de comunicación entre los involucrados en la formulación de una solución geográfica a una problemática a través del cual se logra el acoplamiento de diversos saberes (Lopez-Caloca *et al*, 2014). De acuerdo con Acevedo *et al* (2009) el dialogo de saberes se considera un proceso comunicativo que reconoce el conocimiento tácito o empírico del saber cotidiano, este proceso permite la interacción de la lógica de dicho conocimiento con la del conocimiento científico, explícito y formal. Desde nuestra visión el proceso de comunicación del *método reyes* es incentivado por una postura de reconocimiento todo tipo de saber que fácilmente puede ser catalogada como *dialogo de saberes*. Ambos enfoques guardan similitudes importantes, como la generación de procesos de discusión en los grupos de trabajo transdisciplinar.

A través de dicho proceso de comunicación se da la discusión en relación a una problemática. Esta discusión entre los involucrados permite la creación de una red semántica de conceptos y disciplinas asociadas en torno a la generación de una solución

geográfica a una problemática. Es decir se descubren dominios de conocimiento o ejes temáticos que le competen a la problemática central.

ANTECEDENTES

Sobre la revalorización del CTE de comunidades indígenas de Baja California, se han realizado diversos trabajos, algunos de ellos relacionados con el manejo de recursos. No existen muchos trabajos relacionados con el manejo de la información espacial. De dicho trabajos destacan los siguientes:

Rivera (2000) llevó a cabo una capacitación a comuneros de San José de la Zorra para la georreferenciación de los recursos naturales aprovechados por la comunidad, donde se logró georreferenciar diversos sitios de colecta de diversas plantas.

En el año 2008 se llevó a cabo el taller “uso y conservación de los recursos naturales en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica, en las comunidades nativas de Baja California”, en él se trabajaron los temas de los recursos naturales en las comunidades nativas, la reglamentación, el aprovechamiento y conservación de la flora nativa por prácticas y técnicas contemporánea. El resultado de ese taller fue la planeación esquemática de un “Programa de formación para el manejo integral de las artesanías en comunidades indígenas de Baja California” considerando tres puntos específicos: artesanía, artesano y recurso natural.

Durante el 2011 se desarrolló el proyecto “Autodiagnóstico de aspectos ecológicos relacionados con el aprovechamiento y conservación de recursos naturales para la elaboración de artesanías”, el cual proporcionó nuevos conocimientos por medio del ejercicio de enseñanza-aprendizaje, para realizar actividades de diagnóstico e inventario de recursos naturales con importancia para la elaboración de artesanías (ReNEA). Para dicho autodiagnóstico se realizó muestreo y georeferenciación, mediante el uso de GPS, de los sitios de muestreo. La información que se generó fue específica para conocer el estado de la población de Junco (*Juncus* spp).

En 2013 se llevó a cabo el proyecto “Artesanas y artesanos promotores del desarrollo sustentable y custodios de sus recursos naturales” como una continuación del proyecto antes citado. En dicho proyecto se evaluó el estado de la población de sauce, así como de junco. Los métodos de recolección de información fueron los mismos; muestreo de especies vegetales y georeferenciación de los sitios de muestreo.

Andrade (en proceso de publicación) realizó una integración de un modelo SIG-p con la comunidad de San José de la Zorra. Dicho modelo se integró con información sobre actividades productivas de la comunidad, estado de poblaciones vegetales con importancia para la elaboración de artesanías, casas y lugares importantes.

OBJETIVOS

Objetivo general

Integrar el conocimiento tradicional y científico a través de un enfoque participativo para el manejo de plagas forestales en la comunidad indígena de San José de la Zorra.

Objetivos específicos

1. Identificar prácticas de manejo tradicional kumiai que puedan ser útiles en el manejo de plagas forestales y contrastarlas con prácticas modernas.
2. Delimitar los encinares dentro de la comunidad de San José de la Zorra a través de percepción remota
3. Realizar un diagnóstico participativo de la presencia de coleópteros en la comunidad de San José de la Zorra.
4. Desarrollar un atlas cibercartográfico para la integración de la información generada en los objetivos anteriores.

Para el cumplimiento de los objetivos se siguió el proceso metodológico que se muestra en la figura 2. Este proceso completo corresponde a la propuesta metodológica para cumplir el objetivo general y cada uno de los capítulos, corresponde a un objetivo específico de la tesis. Los capítulos 1 y 2 son investigación previa al desarrollo del proceso participativo, el capítulo 3 es el planteamiento de la solución geográfica así como el desarrollo de la investigación participativa y el capítulo 4 corresponde al diseño del atlas cibercartográfico. Cada capítulo tiene su método propio para el cumplimiento del objetivo específico correspondiente y las disciplinas asociadas. En el capítulo 1, a través de revisión de literatura, se identificaron prácticas de manejo tradicional kumiai de utilidad para el manejo de plagas forestales. En el capítulo 2 se realizó la delimitación de encinares dentro de la comunidad indígena mediante técnicas de percepción remota y geoestadística. En el capítulo 3 se llevó a cabo un diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en la comunidad. El principal producto de este capítulo es una base de datos espacial de presencia/ausencia de coleópteros barrenadores. El capítulo 4 presenta la creación de un atlas cibercartográfico para la integración de los insumos generados en los 3 primeros capítulos. En este capítulo se describen los aspectos teóricos y metodológicos de la creación del atlas y la integración de los productos de los capítulos restantes.

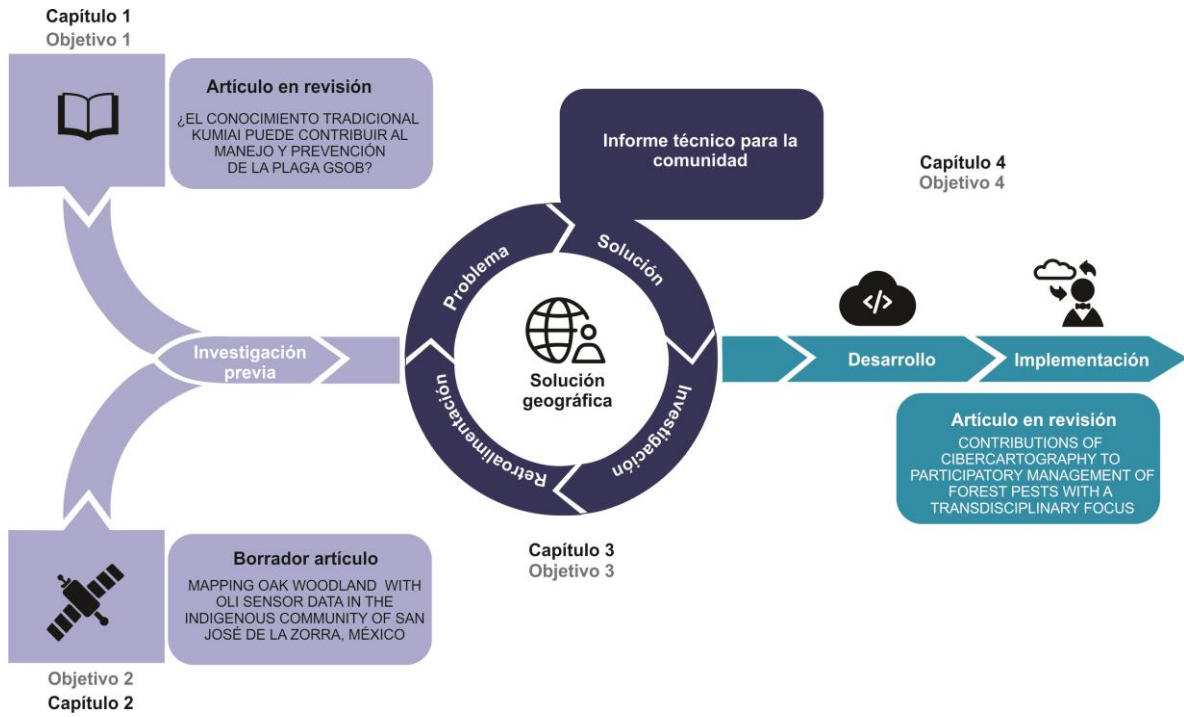


Figura 2. Estructura general de la tesis. Se observa la estructura por capítulos y su relación con los objetivos específicos.

CAPITULO 1 ¿EL CONOCIMIENTO TRADICIONAL KUMIAI PUEDE CONTRIBUIR AL MANEJO Y PREVENCIÓN DE LA PLAGA GSOB?

Jorge A Andrade-Sanchez¹, B. Ricardo Eaton-Gonzalez¹, Hugo Riemann², Claudia Leyva-Aguilera¹

¹*Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Baja California. Carretera Escénica Tijuana-Ensenada km 103, Ensenada, Baja California, 22860, México*

²*Departamento de Estudios Urbanos y del Medio Ambiente, El Colegio de la Frontera Norte. Carretera Escénica Tijuana-Ensenada, km 18.5, San Antonio del Mar Tijuana, Baja California, 22709, México*

RESUMEN

La plaga comúnmente conocida con el acrónimo GSOB por sus siglas en inglés (Goldspotted Oak Borer), afecta a los encinos de la región de California-Baja California. Este escarabajo (*Agrilus auroguttatus*) fue detectado y colectado por primera vez en San Diego California en 2004 por el *California Department of Food and Agriculture* (CDFA, por sus siglas en inglés) pero no fue asociado con la mortalidad de encinos hasta 2008. Se estima que para el 2010 ha matado aproximadamente 21,500 árboles que equivalen a 4902 kilómetros cuadrados en el condado de San Diego. El presente trabajo tiene como objetivo abordar la interrogante de que si el conocimiento tradicional kumiai puede contribuir al manejo y prevención de la plaga del encino GSOB. Para la consecución de dicho objetivo se realizó una revisión bibliográfica evaluativa donde se analiza y sintetiza la literatura académica sobre los usos tradicionales que las comunidades kumiai hacen del encino, aspectos de etnomanejo, el uso de la entomofauna de la región y sobre las prácticas de

manejo modernas y recomendaciones para la plaga GSOB. Se encontró que los indígenas kumiai desarrollaron diversas técnicas como la poda controlada, colecta de bellota de encino y la más efectiva y compleja la quema controlada de la vegetación como parte de un sistema complejo de proto-agricultura y control de erosión del suelo. Esta técnica era empleada para el control de plagas de encino y pino. Se encontró que algunas de las diversas técnicas tradicionales kumiai caen dentro alguna etapa del manejo integrado de plagas modernas. Se recomienda la revalorización y recuperación del conocimiento tradicional kumiai como conocimiento complementario de las prácticas modernas para el manejo y prevención de la plaga.

Palabras clave: Conocimiento tradicional kumiai, GSOB (*Agrilus auroguttatus*), Encino, *Manejo integrado de plagas*

ABSTRACT

The pest commonly known as GSOB (*Agrilus auroguttatus*), affects the oak trees of the region of California-Baja California. This beetle was detected and collected for the first time in San Diego California in 2004 for the *California Department of Food and Agriculture* but was not associated with oak mortality until 2010. It is estimated that by 2010 have killed 21 500 trees which equivalent to 4902 square kilometers on San Diego county. This paper has as an objective to address the question of whether kumeyaay traditional knowledge is useful to prevent and managing the pest. To achieve this objective a literature review was conducted which analyzes and synthesizes the academic literature about traditional knowledge of the kumeyaay tribes, oak tree and their traditional uses, ethno-management topics, traditional uses of insects and about modern management practices for

the pest. It was found that the kumeyaay tribes developed various techniques such controlled pruning, acorn collection and the most effective and complex controlled burning of vegetation as part of a complex system of proto-agriculture and soil erosion control. This technique was used to control pests of oak and pine. We recommend the recovery of kumeyaay traditional knowledge as a complementary knowledge of modern practices for the management and prevent of the pest.

Keywords: Kumeyaay traditional knowledge, GSOB (*Agrilus auroguttatus*), Oak tree, Integrated Pest Management

INTRODUCCIÓN

El conocimiento indígena, conocimiento tradicional, conocimiento local o conocimiento ecológico tradicional (CET) es un cuerpo de conocimientos acumulativo, prácticas y creencias sobre las relaciones de los seres vivos con el medio ambiente, evoluciona a través de procesos adaptativos y es transmitido de generación en generación (Berkes 2000). Con anterioridad este tipo de conocimiento fue ignorado debido a falsas concepciones sobre lo tradicional o popular, a menudo era visto como algo salvaje, simple y estático. La revalorización de este conocimiento por parte de la comunidad científica se dio a partir del reconocimiento de que tiene una utilidad y un uso potencial importante. Los ecólogos y conservacionistas reconocen que el CET puede contribuir a la conservación de biodiversidad (Gadgil *et al.*, 1993), de especies raras (Colding-1998), de áreas naturales

protegidas (Alcorn 1989) y para el uso sustentable de recursos naturales en general (Berkes et al, 2000). En ese sentido la recuperación y revalorización del CET es importante en diversos ámbitos académicos y técnicos y debe ser considerado como un insumo importante para el manejo y conservación de recursos naturales.

El norte de la península de Baja California ha estado poblado por nativos por más de 12 mil años y desde ese tiempo han hecho del paisaje agreste su hogar (Erlandson *et al.* 2007). Durante ese periodo las condiciones climáticas de la región cambiaron paulatinamente. Los climas húmedos del Pleistoceno dieron lugar a los climas cálidos y áridos del Holoceno (Davis 2006). A la par de estos cambios climáticos, los pobladores nativos se fueron adaptando exitosamente.

La continuidad cronológica a través de los periodos paleoindígena, arcaico y la prehistoria tardía de los grupos nativos que desde hace 12 mil años habitaron la región, aún hoy en día es motivo de discusión entre los antropólogos y arqueólogos. Por un lado están los autores que han argumentado continuidad cultural entre estos periodos (Malcolm J. Rogers 1945; True 1966; True et al. 1974; Cardenas 1986; Cardenas y Van Wormer 1984:168; Bull 1977 1983 1987), mientras que otros autores argumentan discontinuidad (Moriarty, III, 1966; Warren 1964, 1968). Los ancestros de los grupos nativos yumanos pudieron haber habitado la región desde hace 12 mil años o pudieron no hacerlo. La familia etnolingüística yumana está formada por al menos 15 grupos étnicos distribuidos a lo largo de los desiertos de Baja California, Sonora, Arizona y California. Junto con los grupos Cucapá, Pai-Pai y Kiliwa los Kumiai son los grupos que tienen representada a la familia yumana en Baja California en la actualidad. De acuerdo a los registros de exploradores europeos y misioneros así como diversos estudios etnográficos realizados, hace aproximadamente 1 300 años los ancestros de los yumanos habitaban la región binacional

de California/Norte de Baja California (Gallegos et al. 2002). Es importante mencionar que de acuerdo a la cosmovisión de los grupos indígenas ellos existen en la región desde que se creó el mundo (Wilken, Comunicación personal¹) como lo demuestra el mito Kumiai sobre la creación del mundo (Para una revisión de dicha historia ver Wilken, 2012:30) Indistintamente del tiempo que los indígenas yumanos han habitado la región, éstos se han adaptado y modelado el paisaje a través de sus prácticas tradicionales. Anderson (1993) menciona que California – región que incluye Baja California- ha estado esculpida por manos prehistóricas humanas de la misma manera que de terremotos, flujos de lava, inundaciones, incendios y tormentas. Las prácticas tradicionales de los nativos fueron muy variadas y constaban de actividades sencillas como la recolección de plantas y cacería de fauna así como actividades complejas como la poda controlada de plantas, agricultura² y la práctica de incendios controlados de vegetación por los kumiai para el control de la erosión del suelo, la manipulación de la producción de bellota de encinos y el control de plagas en pinos y encinos (Shipek, 1993). Estas actividades ancestrales son evidencia de los procesos de adaptación al medio cambiante de los indígenas nativos a través de los años y demuestran un profundo conocimiento ecológico tradicional.

El encino es un árbol que guarda una profunda relación con los indígenas de California, así como con los kumiai. Son característicos de la Provincia Florística de California en la cual se encuentran al menos 18 especies de encino. La bellota de los

¹ Michael Wilken, mensaje de correo electrónico al autor, 24 de enero de 2014

² Existen diversas hipótesis que hablan sobre el desarrollo de la agricultura en las etnias de California, Spinden (1917) propuso una hipótesis cultural la cual sostiene que la colecta de bellota en California fue el factor determinante para que la agricultura no se dispersara. Esta práctica fue tan abundante y fundamental para la economía de las culturas de la región de California que funcionó como una barrera. Kroeber (1939 en Laylander sin fecha) propuso una hipótesis ambiental la cual argumenta que los veranos muy calientes e inviernos con muy poca precipitación eran factor limitante para mantener las prácticas agrícolas. Algunos autores difieren con esta idea y demuestran que algunas culturas nativas de California si desarrollaron prácticas agrícolas entre las que se encuentran las etnias yumanas (Gifford 1931; Forbes 1963).

encinos ha sido históricamente aprovechada por indígenas de California-Baja California y está bien establecido que la comida a base de bellota de encino era un componente básico de la dieta de las indígenas nativos la región de California. McCarthy (1993) menciona que las diversas especies de encinos eran preferidas por algunas etnias mientras que otras no lo eran. Esto se debió por un lado a la disponibilidad de las especies de encino y la preferencia de sabores de cada etnia. Existe traslape de especies de encino en la región y algunas etnias eran privilegiadas con una amplia variedad de bellotas para aprovechar, mientras que otras solo tenían acceso a pocos tipos de bellota. De acuerdo con Wilken (2012) los kumiai de la región continúan aprovechando al menos 3 especies de encino, de las cuales destaca *Quercus agrifolia* debido a que produce una gran cantidad de bellota la mayoría de los años. Con la bellota se elabora el atole de bellota que tradicionalmente se preparaba en morteros de piedra. Wilken (*ibidem*) menciona que el atole de bellota de *Q. agrifolia* continua siendo parte de la dieta de los kumiai y que ocasionalmente es vendido en eventos no indígenas, resalta también que esta actividad es parte de lo que rodea ser indígena kumiai, es decir tiene un importante valor histórico y sobre todo cultural.

La plaga comúnmente conocida con el acrónimo GSOB por sus siglas en inglés (Goldspotted Oak Borer), afecta a los encinos de la región de California-Baja California, Coleman et al. (2011) mencionan que la investigación extensiva del rango de afección no está completa. Sin embargo es conocido que en el sur de California el parásito ataca principalmente a *Quercus agrifolia* y en menor medida *Q. kelloggii*, *Q. chrysolepis* y a *Q. engelmannii*. Estas especies están presentes en las comunidades indígenas Kumia de Baja California. Sobre la mortalidad de encinos por la infestación del escarabajo barrenador Coleman et al. (*ibidem*) menciona que los encinos con alto grado de infestación pueden morir en menos de un año.

Este escarabajo fue colectado y detectado por primera vez en San Diego CA en 2004 por el *California Department of Food and Agriculture* (CDFA, por sus siglas en inglés) pero no fue asociado con la mortalidad de encinos hasta 2008. Se estima que para el 2010 ha matado aproximadamente 21,500 árboles que equivalen a 1,893 millas cuadradas en el condado de San Diego (4,903 km²).

El presente trabajo es una revisión evaluativa de literatura específica que tiene como objetivo responder el cuestionamiento de que si el conocimiento tradicional indígena kumiai puede ayudar a manejar la amenaza de la plaga GSOB de los encinos. Para lograr responder esta pregunta de investigación se plantearon tres objetivos, uno es la revisión de literatura evaluativa para determinar cuáles son las prácticas tradicionales kumiai que hablan de la relación entre el encino y los kumiai, el segundo es la revisión de literatura para sintetizar la información sobre las prácticas de manejo actual de la plaga GSOB y por último realizar una comparación entre ambas prácticas.

MÉTODOS

Los métodos de búsqueda que se emplearon fueron los siguientes:

- Búsqueda y revisión de literatura primaria en bibliotecas de Universidades y Centros de Investigación.
- Búsqueda sistematizada en bases de datos en línea.
- Identificación de autores más destacados en la temática y búsqueda de su literatura.
- Estudio de las referencias y localización de las más importantes.
- Consulta e intercambio con académicos relacionados con el tema.

Para la selección de literatura se tomó en cuenta que ésta fuera de carácter académico privilegiando aquella que conste de información sobre los usos tradicionales de las comunidades kumiai en general, sobre el encino y sus usos tradicionales, aspectos de etnomanejo y sobre el uso de la entomofauna de la región. De la misma manera se seleccionó la literatura específica sobre la identificación, monitoreo, prevención y control de la plaga GSOB en la actualidad.

ANÁLISIS E INTEGRACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Quercus spp, un elemento vinculante entre las comunidades indígenas kumiai

Los documentos históricos y etnográficos describen el territorio ocupado por los indígenas Kumiai al momento de mantener contacto con los misioneros europeos, como un territorio extenso desde lo que hoy es Escondido California al norte hasta Santo Tomás Baja California al sur, al este a través de la península del desierto de Sonora (Hinton y Watahomigie 1984; Mathes 2006; Connolly Miskwish 2007). Los indígenas kumiai se desempeñaban en este territorio como seminómadas y como cazadores-recolectores así como pescadores. Gamble y Wilken (2008) mencionan que en este territorio aprovechaban una variedad de recursos de acuerdo a los periodos estacionales, de los cuales destacan dos de los recursos más importantes; los bosques de pino y de encino. Desde una perspectiva histórica los indígenas kumiai han guardado un vínculo muy importante con el encino, en términos de alimentación, tanto como en términos culturales. Esto es demostrado por una

historia Kumiai llamada “El viaje de los árboles sagrados” de la cual a continuación se muestra un pequeño fragmento:

Hace muchos años, el pino, el piñón y el encino bajaron de la Rumorosa. Ellos caminaron hacia la costa [...] Después de mucho caminar, el pino se cansó y se quedó en las partes altas de las montañas; pero el piñón y el encino siguieron. Cuando estaban a punto de llegar a la Huerta, donde los kumiai todavía viven, el piñón se cansó y se quedó ahí [...] Finalmente, el encino continuó su viaje para llevar a donde estaban todas las comunidades kumiai para darles bellota para que prepararan su comida. Por eso todas las comunidades kumiai tienen encinos.

Wilken (*ibidem*) destaca que esta historia habla de 4 regiones ambientales o ecosistemas importantes para los kumiai, las zonas desérticas que corresponden a la Rumorosa, las zonas altas de Sierra Juárez, las zonas riparias de la Huerta y la zona costera. Es a través de éstas regiones que el encino permanece constante y cuyo aprovechamiento periódico por parte de los kumiai les permitió migrar desde las partes altas de las sierras hasta la costa oeste de la región. La literatura y las diversas taxonomías de expresión kumiai demuestran que el encino es un elemento natural transversal entre las comunidades kumiai de la región binacional de California-Baja California, vincula a todas las comunidades así como vincula a éstas con su origen étnico, prácticas tradicionales y conocimiento ecológico tradicional.

Uso de la entomofauna

La entomofagia, consumo de insectos, ha sido documentada para los indígenas nativos de California incluyendo a los indígenas kumiai. Harris (1998) menciona que las larvas de abejas, típulas, avispa y polillas eran consumidas por los nativos de California. Un ejemplo que menciona es el de las larvas de *Ephydra hians* las cuales eran llevadas a las orillas de las playas y lagos para después ser colectadas y consumidas. Barret (1936) documentó la colecta de larvas de insectos del género *Noctuidae* por parte de los indígenas *Pomo*. Otro de los insectos que eran consumidos por los nativos de California eran las langostas o chapulines (Clavigero, 1937).

Los indígenas Kumiai también fueron consumidores de insectos, de acuerdo con Wilken (*ibidem*) cuando las condiciones eran favorables consumían una larva de insecto la cual denominaban *me'* (en lengua kumiai). Esta larva era colectada, cocida y molida en una piedra hasta remover sus interiores y la parte restante era consumida con atole de bellota. Aunque el consumo de insectos no es practicado en la actualidad, algunos kumiai contemporáneos puede recordar y referirse a algunas prácticas de uso de los insectos en sus dietas. La revisión de literatura no arroja datos sobre ningún otro uso de los insectos, probablemente nuevos estudios arqueológicos y etnográficos permitan recolectar información sobre una mayor diversidad de usos de insectos de las culturas nativas de California-Baja California.

Manejo tradicional del encino

McCarthy (1993) describe una serie de prácticas manejo tradicional de encino de los nativos de California, para lograr esto realizó revisión de literatura etnográfica y trabajo de campo en la zona sur-central de la Sierra Nevada con indígenas Mono y Chukchansi. Menciona la plantación de encinos como una estrategia para aumentar el número de encinos deseados por área. Esta actividad aunque si se practicaba probablemente no fue exitosa debido a diversas características biológicas de los encinos. Una de estas características es la tasa de crecimiento de todas las especies del género *Quercus*, la cual es baja. Por ejemplo *Q. kelloggii* tarda 30 años para empezar a producir bellota mientras que *Q. agrifolia* crece 60 cm por año. Otra de los factores a considerar es la producción de bellota por individuo. Si bien cada especie de encino tiene tasa de producción de bellota diferente, árboles de la misma especie también varían en la producción de bellota. Es decir la producción de bellota en términos de cantidad y tamaño de bellota se debe a características inherentes de cada árbol. McCarthy (*ibidem*) describe el proceso de colecta de bellota y menciona que durante este proceso las bellotas eran transportadas a otros sitios, sin embargo el proceso mismo involucraba secar la bellota antes de ser almacenadas y la consecuente pérdida de humedad impedía su germinación. Concluye que la plantación de encinos pudo no haber sido exitosa en California.

Otra estrategia de manejo que describe es el golpeteo con una vara larga para tumbar las bellotas, los nativos golpeaban las ramas de los encinos para obtener de esa forma la bellota. Según Peri y Patterson en McCarthy (*ibidem*) esta práctica era una manera de poda de los mismos encinos, pues cuando golpeaban las ramas de encino no solo

tumbaban bellota sino que rompían partes de las ramas de encino. Se removía de esa manera la madera muerta y con esto se promovía el crecimiento lateral de las ramas y aumentaban de esa manera la producción de bellota.

El fuego, una poderosa herramienta de manejo tradicional de la vegetación

Probablemente la práctica más compleja y efectiva que utilizaron los nativos fue la quema controlada de parches de vegetación. Esta práctica ha sido descrita para diversas culturas nativas a lo largo de California (Kroeber 1925; Steward 1955; Shipek 1993) y es probablemente el mejor ejemplo de cómo las culturas nativas han moldeado el paisaje de California a lo largo de los años. Es conocido que la vegetación de California está adaptada al fuego periódico, algunas de las especies de chaparral requieren del fuego para poder germinar y los encinos demuestran cierta resistencia al mismo (McCreary 2004). El fuego no solo modifica o afecta a plantas individuales sino que afectan a toda la estructura ecológica de la comunidad y modifica la composición y distribución de las especies en la comunidad vegetal. Si bien los fuegos periódicos en la región son parte de la dinámica natural y su ignición responde a razones naturales, las culturas nativas jugaron un importante rol en la modificación del paisaje a través del uso de fuego controlado. Incluso algunos autores mencionan que la distribución natural del *Q. kelloggii* en Sierra Central (Stanislaus National Forest, Yosemite National Park y los municipios de Calaveras y Mariposa en California) solo pudo deberse a la quema controlada por parte de los indígenas nativos y no por fuegos naturales (Reynolds 1959). De manera similar el fuego era

utilizado, en los bosques mixtos de pino y encino, para eliminar la competencia de los encinos. Al quemar dichas zonas se eliminaban los pinos mientras que los encinos resistían al fuego y rebrotaban después de que éste cesaba (McDonald 1978 y Plumb y McDonald 1981).

El uso del fuego no solo funcionó para la modificación favorable de la distribución de los encinos, sino que también fue utilizado en encinos de manera individual. Una de las motivaciones para utilizarlo de esta manera fue la presencia de plagas. McCarthy (*ibidem*) menciona el control de las plagas de la bellota, *Cucurlio occidentalis* y *Melissopus latiferreanus* las cuales eran controladas mediante la quema controlada individual de encino donde se quemaban las bellotas infestadas que se encontraban en el suelo de las cuales emergía los patógenos para volver a infestar a los encinos. Con esta práctica se interrumpía el ciclo de vida de las plagas mencionadas. De acuerdo con Shipek (1993) los pinos y encinos de las partes costeras hasta las montañas eran quemados anualmente por los indígenas kuamiai después de la colecta anual de piñón³. Las hojas caídas, pedazos de ramas y vegetación baja era quemada y con esto, los nutrientes eran “regresados” al suelo de manera inmediata, de la misma manera se prevenía la acumulación de materia orgánica que pudiera contribuir a la creación de incendios potencialmente dañinos, se prevenía la proliferación de vegetación no deseada como *Toxicodendron sp* y destruía patógenos que afectan al encino y al pino.

³ La colecta anual de piñón es una actividad que se llevaba a cabo anualmente donde se reunían varias bandas de indígenas nativos en las partes altas de las sierra para coleccionar piñones, buscar pareja y realizar rituales ceremoniales. Según Gamble y Wilken (2008) probablemente durante estas reuniones intercambiaban aspecto sobre conocimiento tradicional y sobre estrategias de manejo ambiental. Incluso hoy en día los Pai-Pai y Kumiai siguen subiendo a la sierra a coleccionar piñón durante el verano.

Manejo tradicional Kumiai de la vegetación

La quema controlada de la vegetación por parte de los kumiai fue parte de una actividad aún más compleja: un sistema de control de la erosión del suelo que combinaba, además de la quema controlada de parches de vegetación, diversos métodos de manejo del agua para mantener los niveles de agua subterránea cerca de los valles y para mantener los manantiales y corrientes superficiales a niveles usables para un sistema de plantación kumiai. Shipek (1993) describe este sistema complejo a través de la explicación de cada uno de los subsistemas. Menciona que los kumiai cultivaban un pasto nativo no identificado, el cual fue descrito por los españoles como una excelente pastura que cubría los valles y laderas bajas del área kumiai. Este pasto se fue extinguiendo gradualmente mientras los kumiai perdían paulatinamente el control de sus tierras debido a los procesos misionales y luego debido a que los rancheros introdujeron ganado y caballos.

Según Shipek (*ibidem*) los valles y las zonas de pendiente baja eran dominadas por este pasto, sin embargo también se encontraban otras plantas nativas anuales y algunas otras plantas que tenían raíces tuberosas. Estos valles se encontraban bajo el régimen de la quema controlada periódica. En los alrededores de los valles y en las pendientes bajas los kumiai plantaban encinos. Debido a que en estas zonas se realizaba la quema controlada de bellota descrita por McCarthy (1993) el pasto nativo era relativamente más pequeño. En las zonas de pendiente más pronunciada plantaban arbustos de chaparral que eran utilizados como comida o medicina, como *Ceanothus sp*, *Arctostaphylos sp*, *Yucca sp* y *Opuntia sp*.

Al igual que las demás zonas descritas ésta también se encontraba controlada por el fuego. Una vez que quemaban la zona plantaban especies anuales y perennes como los arbustos de chaparral mencionados. Estos permanecían de altura pequeña por varios años, durante ese periodo el pasto era dominante y era acompañado por diversas plantas anuales que eran utilizadas como “verduras hoja verde”. Con los años, cuando los arbustos de chaparral eran demasiado grandes y el pasto desaparecía y las plantas anuales dejaban de brotar, volvían a quemar la zona. Cada una de las familias tenía campos.

El manejo integral de plagas (MIP), el enfoque de las prácticas de manejo actual de la plaga GSOB

De acuerdo con la Environmental Protection Agency (EPA) de Estados Unidos el manejo integrado de plagas (MIP) es un método eficaz, que no daña al ambiente, que se basa en una combinación de prácticas motivadas por el sentido común. El MIP utiliza información actual y completa sobre los ciclos de vida de las plagas y sus interacciones con el medio ambiente. Esta información, combinada con los métodos de control de plagas disponibles, se utiliza para manejar el daño por plagas de la manera más económica, y con el menor riesgo posible para las personas, la propiedad y el medio ambiente. Este enfoque sigue 4 etapas básicas; la determinación del umbral de acción, el monitoreo e identificación de plagas, la prevención y el control. La división de recursos naturales de la Universidad de California en coordinación de diversas organizaciones propone, con base en el enfoque MIP, una serie de recomendaciones de manejo para la plaga GSOB (Flint et al. 2013).

Determinación del umbral de acción

Debido a la agresividad de la plaga no nativa y los impactos que han sido documentados, el umbral de acción o el punto en que las poblaciones de *A. auruguttatus* indican que debe llevarse a cabo una acción ya está determinado pues esta afección de los encinos dista mucho de ser un avistamiento único que no necesite control alguno, por el contrario es una amenaza a la economía local y global que requiere acciones de manejo.

Monitoreo e identificación de la plaga

Para la identificación de la plaga la Universidad de California recomienda el uso de la guía de identificación en campo de la plaga GSOB (Hishinuma et al. 2011) para determinar la presencia del parasito en los encinos. Esta guía describe el ciclo de vida de la plaga, el cual comienza cuando la hembra adulta deposita sus huevos en los encinos en los meses de junio a septiembre. Una vez que los huevos eclosionan en unas dos semanas empiezan a barrenar la corteza exterior para poderse alimentar del floema y capas exteriores del xilema. Las larvas completan 3 estadios antes de madurar y salir del encino. A principios de abril la pre-pupa empieza a reducir su tamaño y desarrollarse como pupa para en poco tiempo eclosionar de la corteza del encino. Además de la información específica sobre el ciclo de vida del parásito, proponen la identificación del grado de infestación de los encinos de

acuerdo a diversos indicios característicos. Para esto han compilado toda la información sobre los síntomas de la plaga y la severidad de éstos, sobre las especies de encino afectados, sobre otras plagas y sus síntomas en una guía de referencia para la evaluación de los encinos (Hishinuma et al. *ibidem*).

Una vez identificado el parásito, proponen el monitoreo de encinos tanto infestados como sanos. Éste se basa en la identificación y documentación de los síntomas de la afección. El más peculiar y confirmatorio y que se utiliza para estimar el grado de infestación son los hoyos en forma de “D” a través de los cuales emergen los adultos de la corteza. Para la colecta del patógeno adulto se recomienda la utilización de trampas para insectos (Haavik et al. 2012) y en particular la utilización de trampas púrpuras las cuales han probado ser efectivas para el muestreo *A. planipennis* (Flint et al. 2013).

Prevención y control

Los programas de manejo que propone la división de recursos naturales de la Universidad de California están centrados en limitar la dispersión hacia nuevas áreas y proteger los encinos saludables. Las recomendaciones están basadas en investigación científica y técnicas conocidas para otros gusanos barrenadores. A continuación se muestran las prácticas de manejo propuestas:

Plantar encinos menos susceptibles o especies resistentes: Debido a que las especies de encino que más son afectadas son *Q. agrifolia* y *Q. kelloggii* recomiendan plantar las áreas que han sido afectadas con otras especies de encino como *Q. engelmannii* debido a

que, a pesar de también se afectada, no parece ser seriamente afectado así como con especies no nativas de encino.

Remover encinos infestados: Esta práctica implica la remoción de los encinos que se encuentran con alto grado de infestación así como aquellos que ya han muerto. Estos encinos representan una amenaza pues pueden ser un factor de ignición de un incendio forestal y representan una amenaza para el ser humano e infraestructura pues existe el riesgo potencial de que se caigan. Sin embargo el parásito GSOB puede sobrevivir en la madera muerta y existe el riesgo de ser diseminado a otros lugares con el transporte de madera. De acuerdo con Flint et al. (2013) esto ha ocurrido múltiples veces dentro del área de San Diego y entre las zonas de San Diego y Riverside.

Debido al riesgo de la dispersión de la plaga a través del movimiento de madera de encino, la Universidad de California recomienda no mover la madera infestada. De la misma manera recomienda diversos métodos para sanear los cortes de madera con la finalidad de eliminar los gusanos barrenadores para poder ser transportados en caso de ser necesario. Uno de los métodos que describen es cubrir los cortes de madera con la finalidad de que los adultos que puedan emerger no se dispersen a otros encinos. Recomiendan la utilización de lona gruesa de alrededor de 6 mm de espesor resistente a los rayos UV y dejarlos ahí por al menos 2 años con exposición plena al sol revisándolos periódicamente y cubriendo los agujeros de salida de los adultos si éstos aparecen. Otro método propuesto es la trituración de cortes de encino. Éste es el más eficiente en la eliminación del parásito. Implica la trituración de madera hasta dejar tiras no mayores a 7.62 centímetros de largo, 2.54 centímetros de ancho y 1.27 centímetros de de grosor. Durante este proceso se destruye a los parásitos en cualquier etapa de su ciclo de vida. El proceso es apropiado para

volúmenes grandes de madera y requiere de equipo especializado, que no lo hace viable para pequeñas cantidades de madera.

Sobre el control biológico se describen algunos enemigos naturales de *A. aurugutattus* en la zona de Arizona y California, como los himenópteros *Atanycolus simplex* y *Calosota elongata* los cuales atacan y matan a las larvas, también se menciona a *Pyemotes tritici* un ácaro generalista y cosmopolita que se alimenta de la larva, pupa y adultos. El pájaro carpintero (¿especie?) ataca las larvas y pupas pero su impacto en las poblaciones de GSOB no ha sido evaluado. A pesar de que existen enemigos naturales que aparentemente afectan las poblaciones de GSOB ninguno provee un nivel de control significativo. Sobre el control químico, se han realizado diversas investigaciones sobre el uso de insecticidas, sin embargo, los resultados son demasiado preliminares como para dar directrices. Estos insecticidas son más efectivos para prevenir la infestación en encinos saludables que para combatir un encino infestado. Una gama de estos insecticidas se emplea en la cubierta del encino para matar las larvas recién eclosionadas que buscan barrenar dentro del encino. Estos insecticidas no se útiles para matar las larvas que ya han entrado al floema. También se emplean insecticidas sistémicos que son aplicados al suelo o inyectados a los encinos sin embargo no hay suficientes datos para confirmar su efectividad. Las tácticas de control del MIP son, aparte del control químico, biológico y mecánico, el control cultural, físico, legal, autocida, etológico y por organismos transformados genéticamente (OTG).

¿Recuperación del conocimiento tradicional kumiai y realizar adaptaciones ecológicas modernas del para el manejo de la plaga GSOB?

De acuerdo con Wilken (2012) los indígenas kumiai han enfrentado una importante pérdida de territorio debido a diversos procesos histórico como la época misional y una de las consecuencias de estos procesos ha sido la alarmante pérdida de la lengua y con esta pérdida que disminuye el conocimiento etnobotánico debido a que la lengua es la principal herramienta para construir y organizar el mundo natural, crear taxonomías y transmitir dicho conocimiento sobre el medio ambiente. Los conocimientos tradicionales sobre el medio ambiente se están perdiendo rápidamente y debido a esto el conocimiento tradicional que ha sobrevivido hasta el presente es muy importante pues representa pistas sobre el pasado, sobre cómo fueron relaciones entre el ser humano y el medio ambiente de California-Baja California.

Según Orosco (Comunicación personal⁴) la comunidad de San Pasqual se encuentra enfrentando la mortalidad de encino. Es importante mencionar que la plaga GSOB no se ha documentado en esta comunidad. Sin embargo, para diagnosticar la problemática han realizado diversas prácticas en conjunto con Departamento Forestal de California. Debido a la gran preocupación de los impactos potenciales de la plaga están considerado la recuperación del saber tradicional sobre el manejo de fuego como una alternativa a las opciones previstas por el Departamento Forestal de California. La recuperación de la práctica tradicional del fuego controlado supone de acuerdo a lo que Orosco expresó; la

⁴ Kristie Orosco, comunicación personal con el autor, 2 de mayo de 2012

integración de ese conocimiento tradicional como una práctica adicional a las formas contemporáneas de manejo de plagas. Esto demuestra que los indígenas kumiai de San Pasqual reconocen tanto el aporte de las prácticas modernas así como el aporte potencial de sus propias prácticas tradicionales para el manejo de la plaga. A manera de resumen se realizó un cuadro donde se contrasta las prácticas de manejo actual y las prácticas tradicionales kumiai en función de la etapa de MIP en la que se encuentran (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prácticas modernas de la plaga GSOB y prácticas tradicionales kumiai en función de la etapa del Manejo Integrado de Plagas (MIP).

Etapa MIP	Manejo GSOB	Práctica tradicionales kumiai
Determinación del umbral de acción		
Monitoreo e identificación de la plaga	Identificación del parásito	
	Identificación de encinos infestados	
	Monitoreo de encino	
Prevención y Control		Plantación de encinos
	Plantar encino no susceptibles	
	Colecta de bellota (Banco de semillas)	Colecta de bellota
	Remover encinos infestados	Manejo de fuego para modificar distribución encino
	Solarización de cortes de encino	Manejo de fuego para control de plagas
	Descortezar	

	Trituración de madera	
	Control químico	
	Control biológico	
No aplica		Golpeo/Poda de encino
		Consumo de insectos

CONCLUSIONES

El encino es un recurso natural muy importante para las comunidades indígenas kumiai de la región de California-Baja California, es un elemento vinculante entre comunidades y desde tiempos ancestrales ha sido clave en el desarrollo de las comunidades. La estrecha relación ancestral de los kumiai y los encinos, propició la generación de un cuerpo de conocimientos el cual tiene su máxima expresión en las prácticas tradicionales kumiai. A través de la pérdida de la lengua y otros procesos de erosión cultural, se han perdido estas prácticas tradicionales y el conocimiento asociado a éstas. El rescate y/o revalorización de esas prácticas permitirá el rescate de dicho conocimiento tradicional.

El rescate de estas prácticas es recomendable pues significa el rescate y revalorización de conocimiento tradicional el cual representa una fuente importante de conocimiento que tiene el potencial de proveer de información valiosa para el manejo y conservación de los encinos de la región.

Este artículo demuestra que diversas prácticas kumiai pueden ser útiles para manejar y/o prevenir plagas forestales. El cuadro 1 muestra cierta similitud entre las prácticas

tradicionales kumiai y las prácticas modernas de manejo. Es decir algunas prácticas tradicionales tienen su símil en prácticas modernas. De acuerdo con el MIP diversas prácticas tradicionales tienen el potencial de ser empleadas en un nivel preventivo y/o de control como la plantación de encinos y la colecta de bellota.

La colecta de bellota ha sido empleada por los indígenas kumiai desde tiempos ancestrales con fines alimenticios y aún hoy en días es una práctica común. De preverse la colecta de germoplasma como medida de prevención, las comunidades kumiai adoptarían la colecta de bellota como principal medio de colecta de germoplasma.

Otra práctica que puede ser empleada en un nivel preventivo es el uso controlado de fuego. Ésta es una de las prácticas más complejas y efectivas que los indígenas nativos de California pudieran haber desarrollado. Una de las razones por las que se implementó esta práctica fue para mantener libre de insectos dañinos a los encinos y es probablemente la que más pudiera aportar para el control de insectos en tiempos modernos. Aunque las estrategias modernas no contemplan el fuego como una alternativa de manejo, no se conoce en qué medida la quema controlada de encinos puede ayudar a controlar las poblaciones de insectos por lo que se recomienda estudiar el potencial de esta práctica. Otra de las razones por las que se empleó el fuego controlado, fue para modificar el paisaje a través de la eliminación de parches de vegetación. Con esto se modificaba los parches de encinos y esto probablemente llegó a generar discontinuidad entre parches de encinos. Consideramos bastante prematuro sugerir que la eliminación de parches de encino pudieran generar discontinuidad entre la dispersión de los insectos, sin embargo no descartamos la posibilidad de, apoyados en estudios más profundos, pudiera llegar a ser alguna opción viable.

Es importante destacar que se encontraron prácticas tradicionales que no consideramos dentro de ninguna etapa del MIP; el consumo de insectos como alimento y el golpeteo o poda de encinos. El presente artículo no arroja información concluyente sobre si el consumo de insectos pudiera llegar a implementarse como método para prevenir la proliferación de insectos. El golpeteo de ramas de encinos, es una práctica que paradójicamente pudiera tener repercusiones negativas ya que el eliminar ramas muertas de encino puede ayudar a la movilización de insectos. Las prácticas modernas consideran métodos de sanitización de leña antes de ser distribuidas a otros lugares. Este último caso pudiera ser un ejemplo de la integración de una práctica ancestral con una práctica moderna, pues si bien la poda de encino tendría beneficios para los indígenas deberían preverse diversas recomendaciones modernas sobre el manejo de leña.

Un estudio más extenso de las prácticas tradicionales en lo general, permitiría integrarlas en el manejo integrado de plagas como prácticas complementarias. Es importante mencionar que si bien Orosco menciona que la comunidad kumiai de San Pasqual en California contempla la recuperación de prácticas kumiai como practicas complementarias a las prácticas modernas, no todas las comunidades pueden contemplar lo mismo. Se recomienda considerar las inquietudes y perspectivas de las comunidades en torno a su propio conocimiento tradicional, así como su visión propia y emplear técnicas participativas y un enfoque transdisciplinario, además de la revisión de literatura, para tratar de revalorizar y recuperar las prácticas tradicionales y el conocimiento asociado.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos ampliamente a Kristie Orosco y a la nación indígena kumiai de San Pasqual, California. Las inquietudes, dudas y preocupación por sus encinos fueron el motor para la realización de esta investigación. Agradecemos de la misma manera a la comunidad indígena kumiai de San José de la Zorra. A la Dra. Martha Ileana Espejel, por sus comentarios.

LITERATURA CITADA

Alcorn, Janis B. 1989. "Process as resource." *Advances in economic botany* 7 (3):1-63.

Anderson, M Kat. 1993. "Native Californians as ancient and contemporary cultivators."

Before the wilderness: Environmental management by native Californians:151-174.

Barrett, Samuel Alfred. "The army worm: A food of the Pomo Indians". University of California Press, 1936.

Bendímez Patterson, J. (1987). Antecedentes históricos de los indígenas de Baja California. *Estudios Fronterizos*, 5(14), 11-46.

Berkes, Fikret, Johan Colding, and Carl Folke. "Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management." *Ecological applications* 10, no. 5 (2000): 1251-1262.

- Bull, Charles S. "A new proposal: some suggestions for San Diego prehistory." *San Dieguito-La Jolla: Chronology and Controversy*, edited by Dennis Gallegos (1987): 35-42.
- Bull, Charles S. "Shaking the foundations: the evidence for San Diego prehistory." *Casual Papers: Cultural Resource Management* 1, no. 3 (1983): 15-64.
- Bull, Charles S. "Transect To Prehistory: An Evaluation of Construction Impacts To SDM-W-1077 Resulting from Installation of a Communications Cable." (1977).
- Cardenas D. Sean "Highlands, Avocado: An Inland Late La Jolla and Preceramic Yuman Phase Site from Southern San Diego County." *San Diego State University Cultural Resource Management Center Casual Papers* 2, no. 2 (1986): 59-84.
- Cardenas, D. Sean, and Stephen R. Van Wormer. "Archaeological Investigation of SDI-4648 and SDM-W-348." RBR & Associates, Inc., San Diego. Submitted to the City of El Cajon, Planning Department. Report on file at South Coastal Information Center, San Diego State University (1984).
- Clavigero, Francesco Saverio. *The History of Lower California*. Stanford University Press, 1937.
- Colding, Johan. 1998. "Analysis of hunting options by the use of general food taboos." *Ecological Modelling* 110 (1):5-17.
- Coleman, Tom W, Nancy E Grulke, Miles Daly, Cesar Godinez, Susan L Schilling, Philip J Riggan, and Steven J Seybold. 2011. "Coast live oak, *Quercus agrifolia*, susceptibility

and response to goldspotted oak borer, *Agrilus auroguttatus*, injury in southern California." *Forest Ecology and Management* 261 (11):1852-1865.

Davis, L. "Baja California's paleoenvironmental context." *The Prehistory of Baja California: Advances in the Archaeology of the Forgotten Peninsula* (2006): 153-166.

Erlandson, Jon M., Torben C. Rick, Terry L. Jones, and Judith F. Porcasi. "One if by land, two if by sea: who were the first Californians." *California Prehistory: Colonization, Culture, and Complexity* (2007): 53-62.

Flint, Mary Louise, M. I. Jones, Tom Wyles Coleman, and Steven Jon Seybold. "Goldspotted oak borer." *Agriculture and Natural Resources Pest Notes Publication 74163* (2013).

Forbes, Jack D. "Indian horticulture west and northwest of the Colorado River." *Journal of the West* 2, no. 1 (1963): 1-14.

Gadgil, Madhav, Fikret Berkes, and Carl Folke. 1993. "Indigenous knowledge for biodiversity conservation." *Ambio* 22 (2/3):151-156.

Gallegos, Dennis R., Monica Guerrero, Steve Bouscaren, and Susan Bugbee. "Otay/Kuchamaa Cultural Resource Background Study, San Diego County, California." Carlsbad, CA: Gallegos and Associates (2002).

Gamble, Lynn H, and Michael Wilken-Robertson. 2008. "Kumeyaay Cultural Landscapes of Baja California's Tijuana River Watershed." *Journal of California and Great Basin Anthropology*:127-152.

- Gifford, Edward Winslow. *The Kamia of Imperial Valley*. Vol. 97. US Government Printing Office, 1931.
- Haavik, Laurel J, Tom W Coleman, Mary Louise Flint, Robert C Venette, and Steven J Seybold. 2012. "Agrilus auroguttatus exit hole distributions on *Quercus agrifolia* boles and a sampling method to estimate their density on individual trees." *The Canadian Entomologist* 144 (06):733-744.
- Harris, M. "Bueno para comer". Alianza editorial. (1994).
- Hishinuma, S, TW Coleman, ML Flint, and SJ Seybold. 2011. "Goldspotted oak borer: Field identification guide."
- Hinton, Leanne y Lucille J. Watahomigie. *Spirit Mountain: An anthology of Yuman story and song*. Vol. 10. Sun Tracks & University of Arizona Press, 1984.
- Kroeber, Alfred Louis. "Handbook of the Indians of California. Vol. 78". Courier Corporation, 1925.
- McCreary Douglas D, "Fire in California's Oak Woodlands". University of California Integrated Hardwood Range Management Program, 2004.
- McDonald, Philip M. "Silviculture-ecology of three native California hardwoods on high sites in north central California." PhD diss., 1978.
- McCarthy, Helen. 1993. "Managing oaks and the acorn crop." *Before the wilderness: Environmental management by Native Californians*:213-228.
- Miskwish, Michael Connolly. "Kumeyaay: A History Textbook." (2007).

- Moriarty, James Robert. "Culture phase divisions suggested by typological change coordinated with stratigraphically controlled radiocarbon dating at san-diego." *Anthropological Journal of Canada* 4, no. 4 (1966): 20-30.
- Plumb, Timothy R., and Philip M. McDonald. "Oak management in California [*Quercus*, *Lithocarpus densiflorus*]." USDA Forest Service general technical report PSW-United States (1981).
- Reynolds, Richard Dwan. Effect of natural fires and aboriginal burning upon the forests of the central Sierra Nevada. 1959. Rogers, Malcolm J. "An outline of Yuman prehistory." *Southwestern Journal of Anthropology* (1945): 167-198.
- Shipek, Florence. 1993. "Kumeyaay plant husbandry: fire, water, and erosion management systems." *Before the wilderness: Environmental management by Native Californians*:379-388.
- Spinden, Herbert Joseph. "The origin and distribution of agriculture in America". 1917.
- Stewart, Omer Call. *Forest fires with a purpose*. na, 1954.
- True, Delbert L., Clement Woodward Meighan, and Harvey Crew. "Archaeological Investigations at Molpa, San Diego County, California." (1974).
- True, Delbert Leroy. "Archaeological differentiation of Shoshonean and Yuman speaking groups in Southern California". 1966.
- Warren, Claude N. "Cultural tradition and ecological adaptation on the Southern California coast." *Archaic Prehistory in the Western United States* (1968): 1-14.

Warren, Claude N. "Cultural Change and Continuity of the San Diego Coast." PhD diss.,
University of California, Los Angeles, 1964.

Wilken, Michael Alan. "An Ethnobotany of Baja California's Kumeyaay Indians." PhD
diss., San Diego State University, 2012.

CAPITULO 2 Delimitación encinares en la comunidad indígena de San José de la Zorra a partir de datos del sensor OLI (Landsat 8)

Los bosques de encinos y los indígenas kumiai tienen una relación histórica profunda. Su importancia ecológica, económica, social y cultural deriva de los usos ancestrales y modernos que son empleados. En los últimos años se han reportado diversas plagas en el condado de San Diego, California, las cuales representan una amenaza importante para los bosques de encino de la región de California USA y Baja California, México. Ante la amenaza de plagas con el potencial de disminuir las poblaciones de encino se considera importante monitorearlos mediante técnicas de percepción remota con la finalidad de generar datos que sirvan para tomar decisiones de manejo y conservación. En el presente trabajo se evaluó la capacidad predictiva de cobertura de encinos de dos índices de vegetación: SAVI y NDVI mediante un análisis de regresión lineal simple. Ambos índices resultaron con el mismo coeficiente de determinación r^2 de 0.69. Se utilizó NDVI para mapear las zonas de encino pues se consideró que el factor de corrección de SAVI no fue adecuado para las zonas áridas que corresponden a la zona de estudio. Para este propósito se reclasificó el NDVI, se extrajeron las zonas de encino y se corroboraron mediante fotointerpretación.

Palabras clave: Plaga forestal; clasificación umbral NDVI; regresión lineal simple, corrección topográfica

1. Introducción

1.1 Importancia de los bosques de encino

El encino es un árbol que guarda una profunda relación con los indígenas de la región de California-Baja California, en especial con los kumiai. Es característico de la Provincia Florística de California en la cual se encuentran al menos 18 especies de encino. La bellota de los encinos ha sido históricamente aprovechada por indígenas de California-Baja California y está bien establecido que la comida a base de bellota de encino era un componente básico de la dieta de las indígenas nativos de dicha región. McCarthy (1993)

menciona que las diversas especies de encinos eran preferidas por algunas etnias mientras que otras no lo eran. Esto se debió por un lado a la disponibilidad de las especies de encino y la preferencia de sabores de cada etnia. Existe traslape de especies de encino en la región y algunas etnias eran privilegiadas con una amplia variedad de bellotas para aprovechar, mientras que otras solo tenían acceso a pocos tipo de bellota. De acuerdo con Wilken (2012) los kumiai de la región continúan aprovechando al menos 3 especies de encino, de las cuales destaca *Quercus agrifolia* debido a que produce una gran cantidad de bellota la mayoría de los años. Con la bellota se prepara el atole que tradicionalmente se preparaba en morteros de piedra. Wilken (*op cit*) menciona que el atole de bellota de *Q. agrifolia* continua siendo parte de la dieta de los kumiai y que ocasionalmente es vendido en eventos no indígenas. Wilken (*op cit*) también destaca que esta actividad es parte de lo que rodea ser indígena kumiai, es decir tiene un importante valor histórico y sobre todo cultural para los kumiai.

Los bosques de encino no solo son de importancia para las comunidades indígenas, para los habitantes de zonas urbanas, periurbanas y rurales el encino tiene un importante valor estético y ocasionalmente es utilizado y comercializado como leña. Aunado a la importancia socio-económica y cultural los bosques de encinos tiene un importante valor ecológico pues son un elemento importante en la dinámica de los ecosistemas de la región y cumplen con la función de hábitat para diversas especies animales.

1.2 Plagas forestales y pérdida de encinos

En los últimos años se han reportado diversas plagas en el condado de San Diego, California, las cuales representan una amenaza importante para los bosques de encino. Dos de las plagas contemporáneas más importantes son “Sudden Oak Death” o SOD por su

acrónimo en inglés y “Goldspotted Oak Borer” o GSOB por sus siglas en inglés. De acuerdo con McPherson et al., (2010) SOD es causado por *Phytophthora ramorum* y el rango de afección comprende la parte costera desde el condado de Sonoma, al norte de San Francisco y al sur hasta los condados de Santa Cruz y Monterey y este rango se ha mantenido desde su detección en el año 2000. No se ha reportado presencia de este patógeno en la parte sur del condado de California ni en Baja California, México (Coleman et al., 2012; Coleman et al., 2010). Sobre GSOB Coleman et al (2011) menciona que la investigación extensiva del rango de afección de GSOB no está completa. Sin embargo es conocido que en el sur de California el patógeno ataca principalmente a *Quercus agrifolia* y en menor medida *Q. kelloggii*, *Q. chrysolepis* y a *Q. engelmannii*. Sobre la mortalidad de encinos por la infestación del escarabajo barrenador Coleman et al (*ibidem*) menciona que los encinos con alto grado de infestación pueden morir en menos de un año. Este escarabajo fue colectado y detectado por primera vez en San Diego CA en 2004 por la California Department of Food and Agriculture (CDFA, por sus siglas en inglés) pero no fue asociado con la mortalidad de encinos hasta 2008. Se estima que para el 2010 ha matado aproximadamente 21,500 árboles que equivalen a 4902 km² en el condado de San Diego. El origen más probable del patógeno es Arizona, donde existe una población nativa. Se cree que este patógeno fue introducido por la distribución de leña proveniente de Arizona a San Diego (Coleman *et al.*, 2010; Coleman *et al.*, 2011; Coleman *et al.*, 2012). Aunque se considera menos probable no se descarta la posibilidad de que leña infectada con el patógeno haya llegado desde el norte de México (Coleman, Coleman *et al.*, 2012), pues según Coleman *et al* (2010) se ha documentado movimientos de leña de México a USA por al menos 20 años. Es importante mencionar que en Baja California México no se ha

documentado la presencia del patógeno y es debido a eso y otras evidencias que resulta poco probable que el patógeno haya llegado a San Diego desde México.

Debido a la importancia económica, social, cultural y ecológica de los bosques de encinos y ante la amenaza de plagas con el potencial de disminuir las poblaciones de encino se considera importante monitorear dichos bosques con la finalidad de generar datos que sirvan para tomar decisiones de manejo y/o prevención. En ese sentido las técnicas de percepción remota ofrecen una variedad de posibles análisis de las coberturas vegetales a diversas escalas espaciales y temporales. Entre otras potencialidades permite la estimación de coberturas y valores de vegetación que denotan el estado de salud de las coberturas vegetales. Uno de los ejemplos de técnicas más recurrentes son los índices de vegetación entre los que destacan el índice normalizado de vegetación NDVI (Rouse *et al.*, 1974) y SAVI (Huete, 1988). Ambos índices están basados en la respuesta espectral que tienen los bosques de encino respecto a la banda roja y la infrarroja. De acuerdo con Pu *et al* (2010) la absorción del espectro electromagnético de *Q. agrifolia* se da en longitudes de banda cercanas a la banda 3 de Landsat mientras que refleja de manera importante en el infrarojo. El primer objetivo del presente trabajo es la evaluación de la capacidad de NDVI y SAVI para el mapeo de zonas de encino, se contemplaron la utilización de estos índices pues de acuerdo con Carreiras *et al* (*op cit*) NDVI tiene buena capacidad predictiva y se consideró pertinente contrastarlo frente a SAVI. El segundo objetivo es la utilización de NDVI para la estimación de la cobertura de encinos en San José de la Zorra y su validación mediante fotointerpretación.

2. Zona de estudio

San José de la Zorra se encuentra dentro de la entidad federativa de Baja California, en el

municipio de Ensenada a una altura entre 310 y 520 msnm entre las coordenadas extremas noroeste 527273 m e 3561850 m, suroeste 535794 m e 3561850 m, noreste 527273 m e 3554595 m y sureste 535794 m e 3554595 m). Se ubica a 58 km de la cabecera municipal de Ensenada y a 18 km al noroeste del Valle de Guadalupe. Colinda al Norte con las rancherías del municipio de Rosarito, al sur con el ejido el porvenir, al este con el ejido La Misión y al oeste con el Ejido Vallecitos (Figura 1).

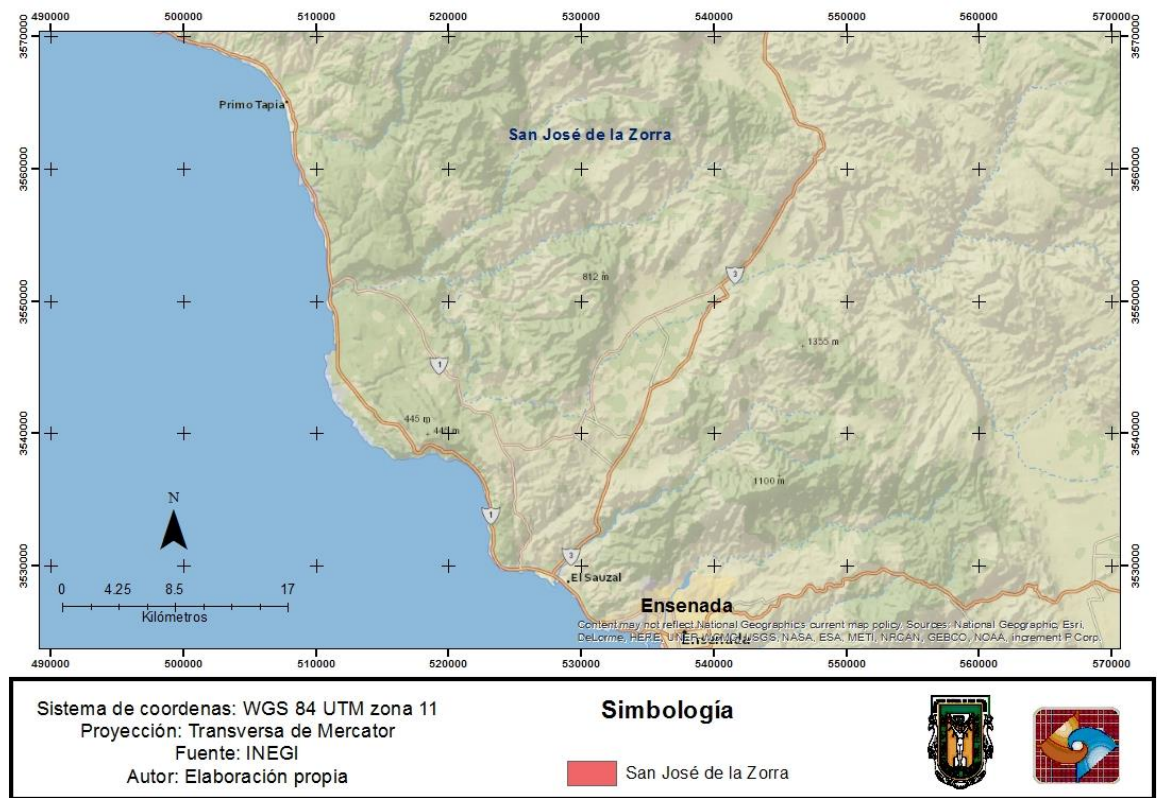


Figura 1. Localización de la zona de estudio

3. Métodos

El método empleado consta de tres etapas, la obtención y pre-procesamiento de insumos, el cálculo del porcentaje de cobertura de encinos y la selección del modelo de estimación de cobertura. En la figura 2 se muestra la secuencia del método empleado.

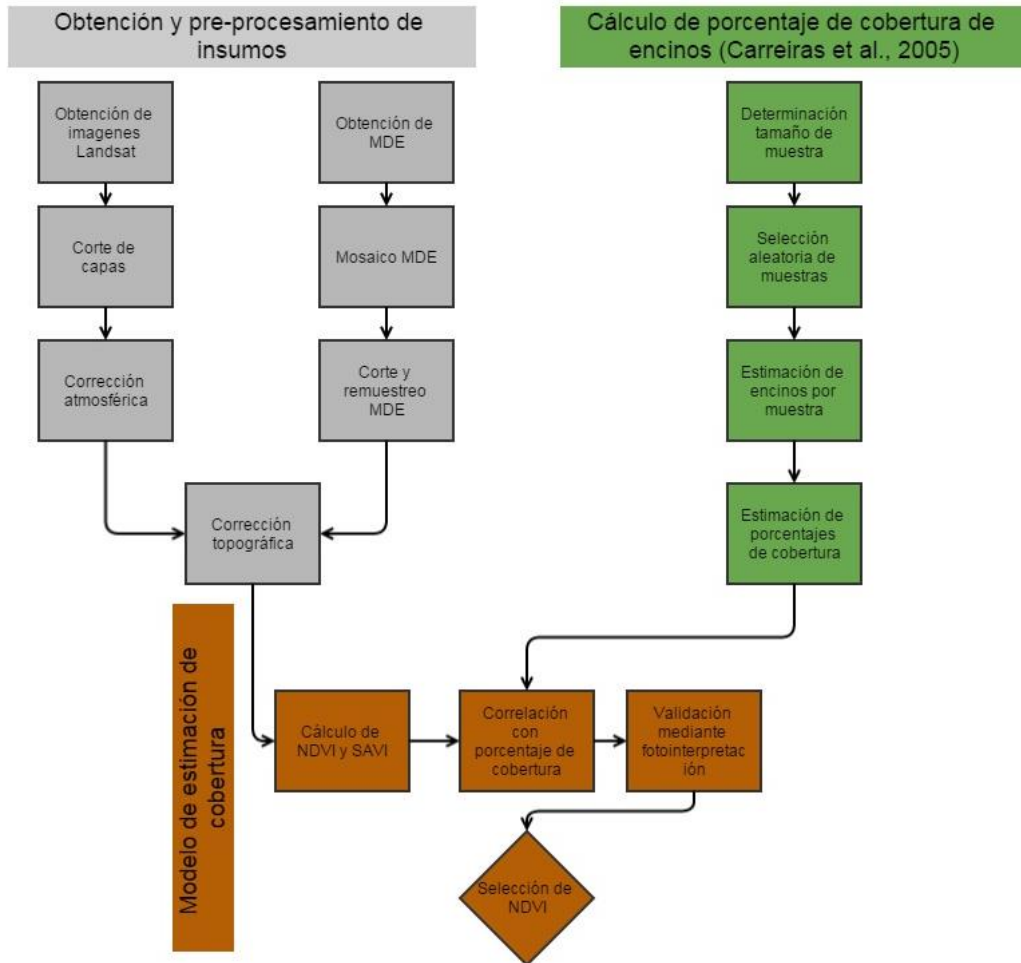


Figura 2. Secuencia del método empleado

3.1 Obtención de insumos

La imagen utilizada fue de Landsat 8 sensor OLI de resolución espacial de 30 m por 30 m. Dicha imagen fue a obtenida de glovis.usgs.gov Se utilizaron modelos de elevación digital derivados de ASTER con tamaño de pixel de 15m por 15 m. Estos modelos fueron adquiridos del sitio https://lpdaac.usgs.gov/data_access, un sitio mantenido por el Centro de Distribución Activa de Archivos de Procesos de la Tierra (LP DAAC por sus siglas en ingles). Estos modelos son producto de la NASA y METI y se distribuyen de manera gratuita.

3.2 Pre-procesamiento

La escena de Landsat 8 fue cortada a una extensión adecuada para que cubriera la zona de estudio. Se creó un mosaico de los modelos de elevación digital con la finalidad de cubriera la misma zona. El mosaico fue cortado de acuerdo a la extensión de la imagen previamente cortada y fue remuestreado para obtener un tamaño de pixel de 30 por 30 metros.

A la imagen Landsat se le aplicó la corrección atmosférica DOS 1 o “Dark Object Subtraction” Mediante el uso de “plug-in” del software libre QGIS 2.6 llamado “Semi-automatic Classification Plug-in” (Congedo et al., 2013) se convirtieron los números digitales (DN) a valores de reflectancia TOA (Top Of Atmosphere reflectance) y se le aplicó una corrección atmosférica mediante el método DOS1 (Dark Object Subtraction 1). Posterior a la corrección atmosférica y con el modelo de elevación digital, se realizó la corrección topográfica mediante el módulo “topographic correction” del software de uso libre SAGA GIS versión 2.0.8. Se emplearon diversos algoritmos de corrección como la corrección Minnaert sin embargo el algoritmo de corrección utilizado fue “C-correction” debido a que contempla el parámetro c como un parámetro contrabalance para evitar la sobre-corrección de imágenes. Este parámetro es derivado de la relación lineal entre los datos espectrales y el coseno del ángulo de incidencia solar, i . La regresión lineal es utilizada para estimar la intercepción (b) y el gradiente (m) usando el $\cos i$ como variable independiente y la reflectancia como variable dependiente. El parámetro c es computado como b dividido por m para cada longitud de onda por banda (Ediriweera et al., 2013). En la ecuación 1 se muestra el algoritmo de corrección “C-correction” y se puede observar que la utilización del parámetro c para el coseno del ángulo del zenit solar ($\cos \theta$) y para el ángulo de iluminación solar ($\cos i$).

$$Ln = L((\cos\theta + c)/(\cos(i) + c)) \quad (1)$$

3.3 Estimación de la cobertura de encinos

Para la estimación de la cobertura de encinos se siguió la metodología descrita por Carreiras *et al (op cit)* con algunas adaptaciones. Para determinar el tamaño de muestra se tomó en cuenta el número total de píxeles que se encuentran dentro del polígono de San José de la Zorra. Con base en lo anterior se determinó el número de píxeles a muestrear, el número de píxeles por plot de 120 x 120 m y el número de plots o muestras. Se contempló un margen de error de 5% y nivel de confianza de 95 %. El total de píxeles dentro de la comunidad es de 19440, por lo cual número de píxeles a muestrear es de 377. El tamaño de plot contempla 16 píxeles por lo tanto en número de plots necesarios es de 23 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen del cálculo del tamaño de muestra con 95% de confianza y 5% de error así como el tamaño de muestra y número de plots necesarios.

Cálculo del tamaño de muestra 95% de confianza y 5% de error	
Numero de píxeles de 30x30 en San José de la Zorra	19440
Numero de píxeles a muestrear	377
Píxeles por plot (120x120m)	16
Numero de muestras	23.5625

Para estimar el porcentaje de cobertura por plot Carreiras *et al (op cit)* utilizaron fotografía aérea. En este caso se utilizó el complemento de QGIS llamado Open Layer para visualizar los encinos por cada “plot”. Se utilizaron 23 “plots” distribuidos de manera aleatoria. Para

cada plot se utilizaron 196 puntos sistemáticos dentro de cada plot y mediante la fórmula (2) utilizada por Carreiras *et al (op cit)* se estimó el porcentaje de cobertura por plot.

$$\text{Porcentaje de cobertura} = \frac{\text{Número de puntos con encino}}{\text{Total de puntos}} * 100 \quad (2)$$

En la figura 3 se muestra un ejemplo de plot con los puntos sistemáticos utilizados para estimar el porcentaje de cobertura. Los puntos azules son aquellos que no tocan ningún encino, mientras que los puntos amarillos son los que tocan algún encino.



Figura 3. Imagen que muestra un plot con los 196 puntos sistemáticos. Los puntos amarillos son aquellos que dan cuenta de la presencia de encinos

3.4 Estimación de índices de vegetación y correlación con el porcentaje de cobertura

Una vez que se obtuvieron los porcentajes de cobertura de encino, se calcularon los índices de vegetación: NDVI y SAVI. En la fórmula 3 se muestra el cálculo de NDVI a partir de la banda del infrarrojo cercano (NIR) y la banda roja (RED). En la fórmula 4 se observa el cálculo de SAVI a partir de la mismas bandas y con el factor de corrección L . Es importante mencionar que el factor de corrección de SAVI que se utilizó fue de 0.5 pues es un factor de corrección adecuado para cualquier tipo de suelo (Huete, 1988). Se calcularon los valores promedio de ambos índices para cada plot mediante la herramienta “Estadística de

Zona” de QGIS 2.6. Se llevó a cabo un análisis de regresión lineal utilizando los índices de vegetación como variable independiente y el porcentaje de cobertura como variable dependiente.

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (3)$$

$$SAVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED+L} * (1 + L) \quad (4)$$

3.5 Selección de NDVI, estimación de la cobertura y validación mediante fotointerpretación

Ya que se contrastaron los coeficientes de determinación r^2 de NDVI y SAVI con respecto al porcentaje de cobertura, se seleccionó NDVI para estimar la cobertura de encinos en la comunidad indígena. Se calculó el índice y se reclasificó en 5 clases a intervalos iguales. Se extrajo la clase que delimita la cobertura de encinos. Los valores umbrales de dicha clase resultaron en 0.002082 y 0.04677. Utilizando el plug-in Open Layer se fue verificando mediante fotointerpretación que la clase delimitara las zonas de encinos.

4. Resultados y discusión

4.1 Estimación de la cobertura de encinos

En el cuadro 2 se muestra los plots, el número de puntos de presencia de encinos y el porcentaje de cobertura de encinos por plot (%TCC) así como el promedio de NDVI y SAVI por cada uno de los plots. Se observa que mientras se encuentran plots con menor porcentaje de cobertura, disminuye el valor tanto de NDVI como de SAVI. El análisis de regresión lineal muestra una correlación positiva entre ambos índices y los porcentajes de cobertura. Para ambos índices el coeficiente de determinación (r^2) resultó de 0.6245

(Figuras 5 y 6) lo que significa que la capacidad predictiva es la misma para ambos índices.

Cuadro 2. Resumen de los plots, el porcentaje de cobertura correspondiente a cada uno de ellos así como el promedio de NDVI y SAVI.

Plot	Puntos de Presencia de encinos	Porcentaje de cobertura (TCC %)	Promedio de NDVI	Promedio de SAVI
0	0	0	0.215168	0.322752
1	42	21.42857143	0.322722	0.484084
2	39	19.89795918	0.201302	0.301953
3	16	8.163265306	0.176934	0.2654
4	22	11.2244898	0.263378	0.395066
5	29	14.79591837	0.215622	0.323433
6	0	0	0.206237	0.309355
7	6	3.06122449	0.205052	0.307578
8	0	0	0.199719	0.299578
9	44	22.44897959	0.231114	0.346672
10	32	16.32653061	0.269777	0.404665
11	117	59.69387755	0.411006	0.616509
12	67	34.18367347	0.302439	0.453659
13	16	8.163265306	0.260653	0.390979
14	46	23.46938776	0.241999	0.362998
15	0	0	0.224965	0.337448
16	53	27.04081633	0.287342	0.431012
17	11	5.612244898	0.26706	0.40059
18	50	25.51020408	0.247196	0.370793
19	11	5.612244898	0.232897	0.349345
20	0	0	0.192771	0.289157
21	13	6.632653061	0.264111	0.396167
22	0	0	0.220008	0.330012

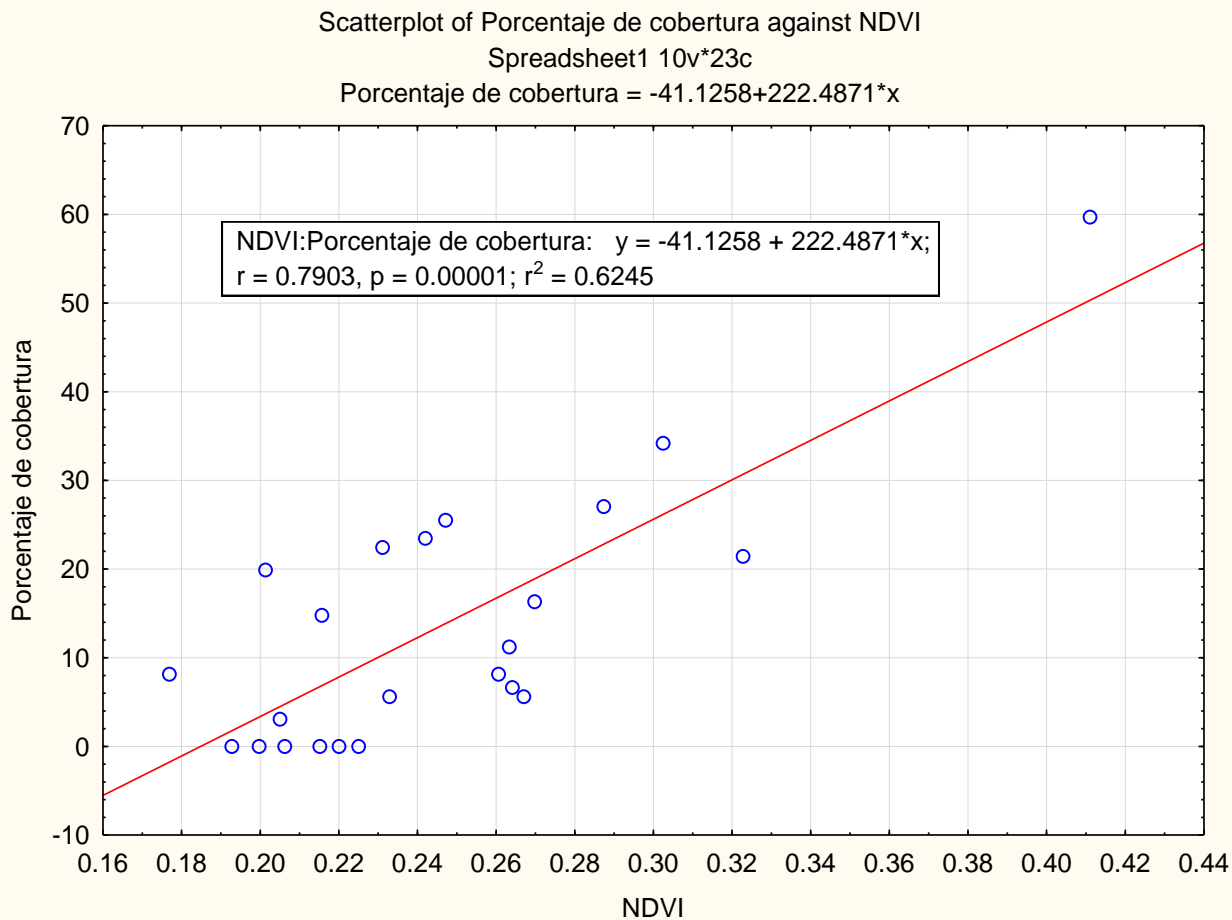


Figura 5. Modelo de regresión lineal de NDVI y porcentaje de cobertura (%TCC)

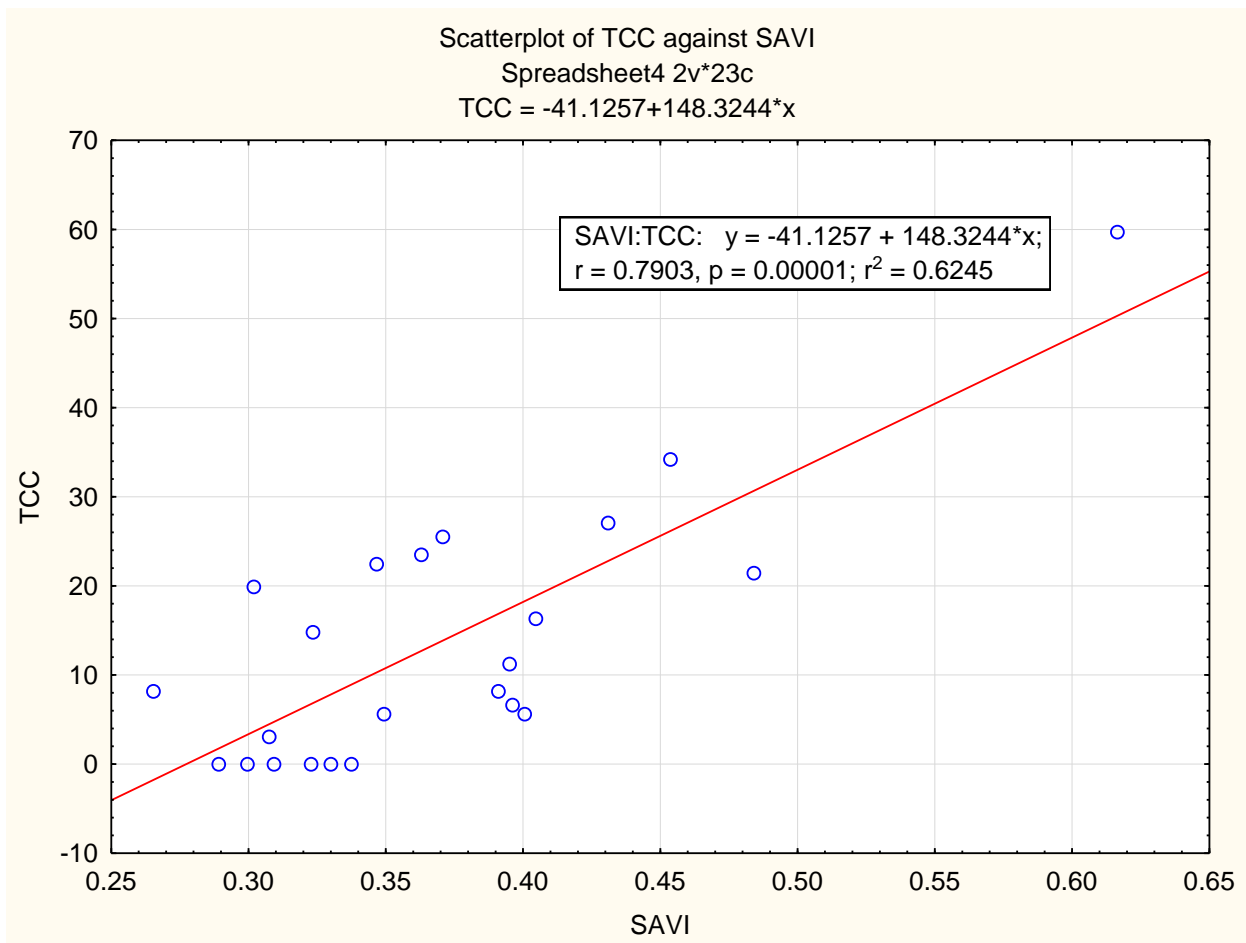


Figura 6. Modelo de regresión lineal de SAVI y porcentaje de cobertura (%TCC)

De acuerdo al estudio conducido por Carreiras *et al.*, (2005) NDVI y SAVI tienen buena capacidad predictiva de la cobertura de encinos. Carreiras *et al.*, (*ibidem*) estimaron un coeficiente de determinación r^2 de 0.72 para NDVI y 0.66 para SAVI. En el presente artículo se estimó un coeficiente de determinación de r^2 de 0.6245 tanto para NDVI como SAVI. Las diferencias en dichos coeficientes pueden deberse a las diferencias en las especies de encinos y/o estadios fenológicos. Carreiras *et al.* (*ibidem*) trabajaron con *Q. subber* mientras que nosotros trabajamos con *Q. agrifolia*. Desconocemos las diferencias entre los estadios fenológicos de ambas especies. En este trabajo se utilizó una imagen de Agosto 2014 de la misma manera que Carreiras (*ibidem*) quienes utilizaron imágenes de

verano (late summer). Por lo que se considera que la temporalidad de la imagen no pudo tener un impacto significativo en los resultados. Las diferencias pueden deberse a pequeñas variaciones en el método empleado, específicamente el número de plots utilizados. Si bien se utilizaron los plots necesarios para realizar estimaciones con validez estadística, se pone a discusión el número de plots y se recomienda analizar la posibilidad de utilizar más plots en estudios posteriores o similares.

4.2 Selección de NDVI, estimación de la cobertura y validación mediante fotointerpretación

SAVI demostró que es un buen modelo predictivo, sin embargo se considera pertinente trabajar con el factor de corrección, pues si bien Huete (1988) establece que 0.5 es un buen factor de corrección para la mayoría de los suelos, en zonas áridas y semiáridas el factor de corrección deberá ser diferente. Almutairi et al (sin año) aseguran que SAVI es más adecuado que NDVI para determinar coberturas vegetales en zonas áridas. Para asegurar esto evaluaron 3 factores de corrección 0.2, 0.5 y 0.9 para SAVI y NDVI. Encontraron que conforme aumenta el factor de corrección de SAVI aumenta su correlación con las coberturas vegetales. Es importante mencionar que Almutairi et al (*Ibidem*) trabajaron con diferentes resoluciones espaciales donde a una resolución espacial de 30 metros fue más adecuado el factor de corrección de 0.9 que NDVI. En el presente trabajo solo se utilizó el factor de corrección de 0.5 y no se mostraron diferencias en los coeficientes de determinación (r^2).

Se seleccionó el NDVI para mapear la cobertura de encinos debido a que se considera necesario trabajar con un factor de corrección adecuado para la región. Esto último implica

la evaluación de diversos factores de corrección para SAVI no solo con imágenes de resolución media sino con imágenes de alta resolución. De la misma manera se recomienda comprar la capacidad predictiva de la cobertura de encinos con otros índices de vegetación como MSAVI, GNDVI, ARVI, etcétera.

Uno de los índices de vegetación más utilizados es justamente el NDVI, ha sido utilizado exitosamente para la estimación de biomasa y producción neta primaria, debido a que los valores de NDVI están asociados con la radiación fotosintéticamente activa del dosel de las plantas (Tucker 1979; Tucker et., 1983 y Tucker et al., 1986). Incluso es utilizado como un proxy para la modelación de distribución de especies donde se utiliza como una variable adicional (Feilhauer et al 2012). Esto se debe a que el NDVI, el cuál se define como la diferencia normalizada entre las bandas 3 y 4, permite observar el contraste entre la reflectancia y la absorbancia del espectro electromagnético en las plantas.

Pu *et al* (2010) mencionan que la absorción del espectro electromagnético de *Q. agrifolia* se da en longitudes de banda cercanas a la banda 3 de Landsat mientras que refleja de manera importante en el infrarojo en la banda 4. La buena capacidad predictiva NDVI se debe esa respuesta de los bosques de encino a esas dos bandas del espectro electromagnético. Ese contraste entre bandas es el que permitió discriminar encinos de cualquier otra cobertura.

Mediante la fotointerpretación fue posible corroborar que la clase valores de NDVI de 0.002082 y 0.04677 delimitan las zonas con cobertura de encino. En la figura 7 se muestra el polígono que corresponde a dicha clase de valores, es posible apreciar en la imagen los encinos que se encuentran delimitados por el polígono.

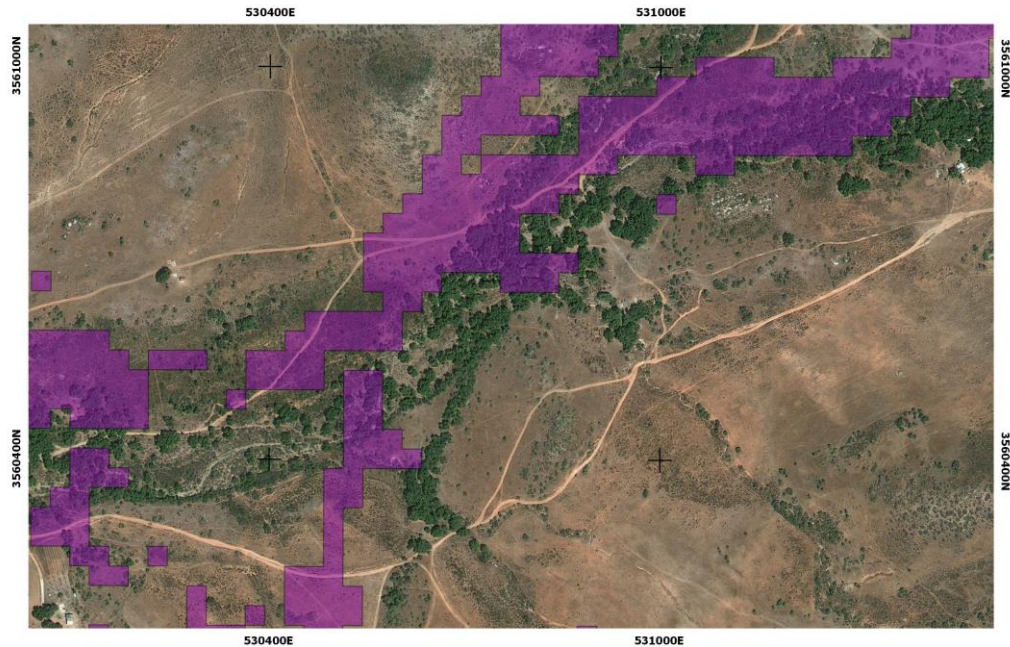


Figura 7 Polígono de cobertura de encino. Este polígono corresponde a la clase de valores de NDVI de 0.002082 y 0.04677.

5. Conclusiones

Se considera importante contar con archivos vectoriales sobre de las coberturas de encinos en la comunidad indígena que representen con mayor precisión que la cartografía oficial mexicana, debido a que puede ser útiles en diversas dimensiones de manejo forestal. De la misma manera pueden ser utilizadas para análisis espaciales, modelación y para derivar otro tipo de información producto de percepción remota. El presente trabajo, a través de la clasificación de NDVI, tuvo como producto un archivo vectorial que delinea la cobertura de encinos dentro de la comunidad de estudio. Este producto puede ser utilizado para una gran

diversidad de análisis espaciales, obtención de otros productos derivados de percepción remota como índices de agua u otras variables ambientales. De la misma manera posibilita la modelación de la distribución de coleópteros dentro de las zonas de encino y el establecimiento de modelos de riesgo por presencia de plagas.

NDVI y SAVI demostraron ser buenos modelos predictivos de la cobertura de encino, sin embargo se recomienda realizar trabajo de campo para valorar de mejor manera y mejorar los modelos.

Los índices de vegetación son ampliamente utilizados y su potencial para la estimación de coberturas es importante, los resultados de este trabajo permiten recomendar el uso de estas técnicas en imágenes de resolución media para estimar otras coberturas vegetales.

Bibliografía

Carreiras, J., Pereira, J., & Pereira, J. S. (2006). Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing. *Forest Ecology and Management*, 223(1), 45-53.

Coleman, T. W., Graves, A. D., Hoddle, M., Heath, Z., Chen, Y., Flint, M. L., & Seybold, S. J. (2012). Forest stand composition and impacts associated with *Agrilus auroguttatus* Schaeffer (Coleoptera: Buprestidae) and *Agrilus coxalis* Waterhouse in oak woodlands. *Forest Ecology and Management*, 276, 104-117.

Coleman, T. W., & Seybold, S. J. (2010, April). GSOB ≠ SOD: tree mortality from the goldspotted oak borer in oak woodlands of southern California. In *Sudden Oak Death Fourth Science Symposium* (p. 58).

Coleman, T. W., Grulke, N. E., Daly, M., Godinez, C., Schilling, S. L., Riggan, P. J., & Seybold, S. J. (2011). Coast live oak, *Quercus agrifolia*, susceptibility and response to goldspotted oak borer, *Agrilus auroguttatus*, injury in southern California. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1852-1865.

Feilhauer, H., He, K. S., & Rocchini, D. (2012). Modeling species distribution using niche-based proxies derived from composite bioclimatic variables and MODIS NDVI. *Remote Sensing*, 4(7), 2057-2075.

Huete, A. R. (1988). A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote sensing of environment*, 25(3), 295-309.

McCarthy, H. (1993). Managing oaks and the acorn crop. En T. C. Blackburn, & K. Anderson, *Before the wilderness: environmental management by native Californians* (págs. 213-228). California: Ballena Press Publication.

McPherson, B. A., Mori, S. R., Wood, D. L., Kelly, M., Storer, A. J., Svihra, P., & Standiford, R. B. (2010). Responses of oaks and tanoaks to the sudden oak death pathogen after 8y of monitoring in two coastal California forests. *Forest Ecology and Management*, 259(12), 2248-2255.

Pu, R., Ge, S., Kelly, N. M., & Gong, P. (2003). Spectral absorption features as indicators of water status in coast live oak (*Quercus agrifolia*) leaves. *International Journal of Remote Sensing*, 24(9), 1799-1810.

Rouse, J.W.J., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W., 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Third ERTS Symposium, NASA SP-351, Washington DC, pp. 309–317

Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127-150.

Tucker, C. J., Vanpraet, C., Boerwinkel, E., & Gaston, E. A. (1983). Satellite remote sensing of total dry matter production in the Senegalese Sahel. *Remote Sensing of Environment*, 13(6), 461-474.

Tucker, C. J., & Sellers, P. J. (1986). Satellite remote sensing of primary production. *International journal of remote sensing*, 7(11), 1395-1416.

Wilken, M. A. (2012). An ethnobotany of Baja California's Kumeyaay Indians. Tesis de Maestría

CAPÍTULO 3 “Diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en encinos de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra, Ensenada, Baja California”

Andrade Sánchez Jorge Alberto, Bernardino Ricardo Eaton González, Cecilia Esther Jiménez Velasco

Informe Técnico

Agosto 2015



**Universidad Autónoma de Baja California
Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas**

RESUMEN

Las comunidades indígenas kumiai guardan una estrecha relación histórica con los bosques de encinos. La bellota, el fruto del encino, ha sido aprovechada a lo largo de la historia y la madera es y ha sido utilizada como leña. En los últimos años los bosques de encino de California han se han visto afectados por plagas, entre las que destacan SOD y GSOB. También existe una diversidad de insectos nativos, en su mayoría coleópteros, que bajo condiciones derivadas del cambio climático se pueden comportar como plaga. Debido al importante valor histórico y cultural de los bosques de encino y ante la amenaza de plagas se considera necesario monitorear los bosques de encino de la comunidad indígena kumiai de San José de la Zorra ubicada en Baja California. En este informe se reporta un proceso de investigación participativo para el monitoreo de coleópteros barrenadores en la comunidad indígena. Dicho proceso se basó en una postura de reconocimiento del saber tradicional, llamada *dialogo de saberes*. A través de esta postura fue posible integrar el conocimiento tradicional con el conocimiento científico y llevar un proceso metodológico de investigación inclusivo. El proceso metodológico empleado fue desde el planteamiento del problema de manera colectiva, hasta el planteamiento y ejecución de la soluciones con base en dinámicas participativas. Las soluciones que se plantearon fueron de carácter geográfico e implicaron ubicar espacialmente la presencia/ausencia de coleópteros. Las dinámicas empleadas estuvieron orientadas a aprender/enseñar técnicas de muestreo y utilización de GPS para la ubicación espacial de los muestreos. El principal resultado fue una base de datos espacial con datos de presencia/ausencia de coleópteros la cual fue integrada a un SIG. Este SIG fue utilizado para la toma de decisiones de manejo y conservación.

INTRODUCCIÓN

El encino es un árbol que guarda una profunda relación con los indígenas de la región de California-Baja California, en especial con los kumiai. Es característico de la Provincia Florística de California en la cual se encuentran al menos 18 especies de encino. La bellota de los encinos ha sido históricamente aprovechada por indígenas de California-Baja California y está bien establecido que la comida a base de bellota de encino era un componente básico de la dieta de las indígenas nativos de dicha región De acuerdo con Wilken (2012) los kumiai de la región continúan aprovechando al menos 3 especies de encino, de las cuales destaca *Quercus agrifolia* debido a que produce una gran cantidad de bellota la mayoría de los años. Con la bellota se prepara el atole que tradicionalmente se preparaba en morteros de piedra. Wilken (*Ibidem*) menciona que el atole de bellota de *Q. agrifolia* continua siendo parte de la dieta de los kumiai y que ocasionalmente es vendido en eventos no indígenas. Wilken (*Ibidem*) también destaca que esta actividad es parte de lo que rodea ser indígena kumiai, es decir tiene un importante valor histórico y sobre todo cultural para los kumiai.

En los últimos años se han reportado diversas plagas en el condado de San Diego, California, las cuales representan una amenaza importante para los bosques de encino. Dos de las plagas contemporáneas más importantes son “Sudden Oak Death” o SOD por su acrónimo en inglés y “Goldspotted Oak Borer” o GSOB por sus siglas en ingles. De acuerdo con McPherson et al., (2010) SOD es causado por *Phytophthora ramorum* y el rango de afección comprende la parte costera desde el condado de Sonoma, al norte de San Francisco y al sur hasta los condados de Santa Cruz y Monterey y este rango se ha

mantenido desde su detección en el año 2000. No se ha reportado presencia de este patógeno en la parte sur del condado de California ni en Baja California, México (Coleman et al., 2012; Coleman et al., 2010). Sobre GSOB Coleman et al (2011) menciona que la investigación extensiva del rango de afección de GSOB no está completa. Sin embargo es conocido que en el sur de California el patógeno ataca principalmente a *Quercus agrifolia* y en menor medida *Q. kelloggii*, *Q. chrysolepis* y a *Q. engelmannii*. Sobre la mortalidad de encinos por la infestación del escarabajo barrenador Coleman et al (*Ibidem*) menciona que los encinos con alto grado de infestación pueden morir en menos de un año. Este escarabajo fue colectado y detectado por primera vez en San Diego California en 2004 por la California Department of Food and Agriculture (CDFA, por sus siglas en inglés) pero no fue asociado con la mortalidad de encinos hasta 2008. Se estima que para el 2010 ha matado aproximadamente 21,500 árboles que equivalen a 4902 km² en el condado de San Diego.

El origen más probable del insecto es Arizona, donde existe una población nativa. Se cree que este insecto fue introducido por la distribución de leña proveniente de Arizona a San Diego (Coleman *et al.*, 2010; Coleman *et al.*, 2011; Coleman *et al.*, 2012). Aunque se considera menos probable no se descarta la posibilidad de que leña infectada con el insecto haya llegado desde el norte de México (Coleman *et al.*, 2012), pues según Coleman *et al* (2010) se ha documentado movimientos de leña de México a USA por al menos 20 años. Es importante mencionar que en Baja California México no se ha documentado la presencia de GSOB y es debido a eso y otras evidencias que resulta poco probable que GSOB haya llegado a San Diego desde México.

De acuerdo con Swiecki y Bernhardt (2006) existe una diversidad importante de insectos nativos que son capaces de causar daños notables en los encinos. Destacan la presencia de

coleópteros descortezadores y barrenadores como *Monarthrum sp*, *Pseudopityophthorus sp*, *Scobicia declivis*, *Chrysobothris mali* entre otros. Es importante mencionar que si bien estos insectos son nativos, los escenarios de cambio climático del contexto moderno pueden modificar las interacciones entre patógenos y hospederos. Los patógenos que son indirectamente afectados por factores climáticos tienden a infestar hospederos estresados (Sturrock et al., 2011).

JUSTIFICACIÓN

Debido a la importancia económica, social, cultural y ecológica de los bosques de encinos y ante la amenaza de plagas con el potencial de disminuir las poblaciones de encino se considera importante monitorear dichos bosques con la finalidad de generar datos que sirvan para tomar decisiones para el manejo y conservación de encinos en la comunidad indígena. Se considera importante abordar dicha problemática desde un enfoque participativo que permita la inclusión de la comunidad en todas las etapas de gestión del proyecto con el objetivo de fomentar la participación y el desarrollo endógeno de la comunidad.

OBJETIVO

- Realizar un diagnóstico participativo de la presencia de coleópteros barrenadores de encinos en la comunidad indígena de San José de la Zorra.

METAS

- Equipo de trabajo capacitado que se responsabilice del diagnóstico.
- Diagnóstico participativo basado en técnicas de SIG sobre el estado de encinos en relación a la presencia de coleópteros barrenadores.

ÁREA DE ESTUDIO

Localización geográfica

San José de la Zorra se encuentra dentro de la entidad federativa de Baja California, en el municipio de Ensenada a una altura entre 310 y 520 msnm entre las coordenadas extremas UTM noroeste 527273 - 3561850, suroeste 535794- 3561850 , noreste 527273- 3554595 y sureste 535794-3554595). Se ubica a 58 km de la cabecera municipal de Ensenada y a 18 km al noroeste del Valle de Guadalupe. Colinda al Norte con las rancherías del municipio de Rosarito, al sur con el ejido el porvenir, al este con el ejido La Misión y al oeste con el Ejido Vallecitos. (Figura 1).

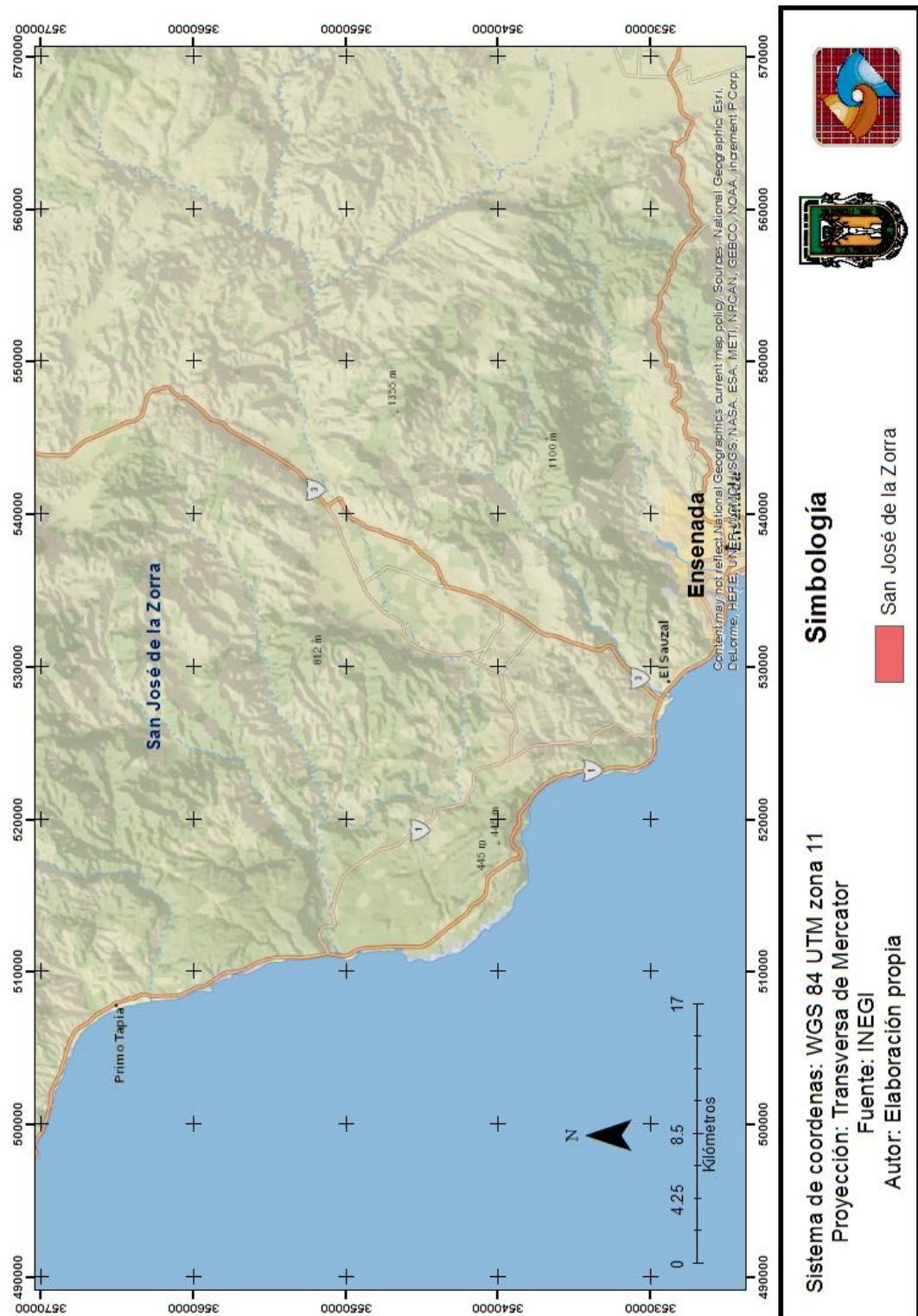


Figura 1. Localización de la zona de estudio

METODOS

El presente trabajo fue abordado por un grupo transdisciplinario compuesto de docentes, estudiantes e investigadores asociados un programa de maestría en manejo de ecosistemas de zonas áridas (MEZA) de la región de Baja, un colectivo de artistas visuales y miembros de la comunidad indígena de San José de la Zorra. Debido a la tradición y filosofía de MEZA fue posible abordar la problemática desde un perspectiva transdisciplinaria a través de una aproximación metodológica participativa California (Vázquez et al, 2011).

Esta aproximación consiste de diversas fases a través de la cuales impera un mecanismo de comunicación y formalización de conocimiento emergente.

Cabe destacar que en este trabajo se distinguen dos etapas, la primera constituye un proceso de investigación previa a cargo de estudiantes de MEZA y estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Baja California cuya finalidad fue generar una base de datos espacial preliminar sobre la presencia de coleópteros en la comunidad. La segunda etapa fue el trabajo participativo con miembros de la comunidad. Aunque en términos cronológicos ambas etapas coincidieron y los objetivos fueron similares, se distinguieron en la manera de llevarse a cabo. La primera etapa, desarrollada con estudiantes de licenciatura, no significó trabajo participativo con la comunidad. La segunda etapa se basó en una aproximación metodológica participativa. En la figura 2 se muestra un diagrama del método empleado y sus fases.

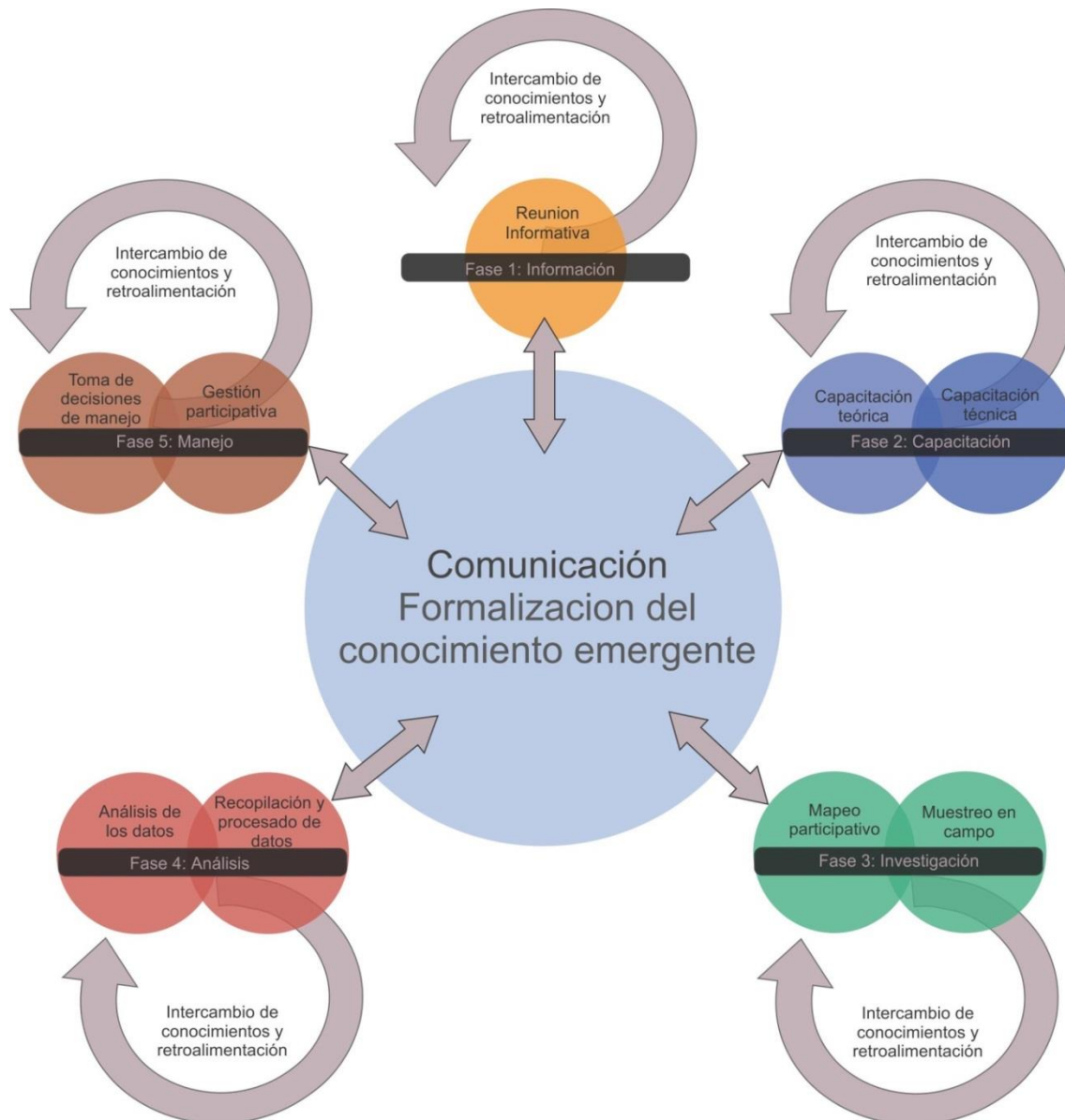


Figura 2. Método empleado

El método empleado se formaliza como resultado de 4 años de trabajo participativo en la comunidad indígena de San José de la Zorra, a través de dos proyectos llevados a cabo en la comunidad (Eaton, et al 2011; Eaton et al, 2013). A continuación se describen cada una de las fases del proceso metodológico empleado:

Fase 1 “Información”

En esta fase se da el primer acercamiento con la comunidad. A través de esta fase se da un proceso de comunicación de dos vías entre el grupo de externos y participantes locales en el cual se tocan los temas básicos en relación a una problemática concreta. Esta fase se considera importante pues a través de ésta se reconoce la necesidad de abordar una problemática de manera conjunta, se formaliza una plataforma de intercambio de conocimientos compuesta por los participantes y se establecen los compromisos de ambas partes para abordar cierta problemática. Es importante destacar que en esta fase, el grupo facilitadores adoptan la postura del *dialogo de saberes*, para reconocer el conocimiento de los participantes locales. Esta postura al favorecer el intercambio de conocimiento, constituye el componente ético más importante que guiará todo el proceso participativo.

Fase 2. “Capacitación”

Una vez que se encuentra formalizado el grupo de trabajo, constituido por participantes locales y facilitadores externos, se lleva a cabo la fase de capacitación. Cabe recalcar que todo el proceso metodológico es participativo y por ende esta fase está regida por el principio ético del diálogo de saberes, lo que implica el reconocimiento de los saberes locales y el intercambio de conocimientos. Como consecuencia la capacitación es de dos vías, el grupo de facilitadores enseñan conocimiento técnico-científico y los capacitadores locales enseñan conocimiento tradicional. Esto crea conocimiento emergente derivado de la fusión de ambos tipos de conocimiento. Este conocimiento emergente es formalizado a través del proceso de comunicación entre los participantes. Es con base a este conocimiento que el grupo de trabajo adquiere las herramientas

teóricas y técnicas para emprender un proceso de investigación sobre una problemática concreta.

Fase 3. “Investigación”

En esta fase se ponen en práctica las herramientas teóricas y técnicas adquiridas en la fase de capacitación. Las actividades realizadas durante esta fase variaran dependiendo de la problemática y la manera en que pretende ser abordada, sin embargo por lo general implica el muestreo ecológico de algún recurso natural y acciones de campo en lo general.

Fase 4. “Análisis”

Esta fase implica, de manera grupal, analizar los datos generados en campo. Se lleva cabo a través de dinámicas grupales en las cuales se sistematiza la información. Los productos generados en esta fase sirven para sintetizar información necesaria de acuerdo a los intereses del grupo en función de la problemática a abordar.

Fase 5. “Manejo”

Con base en la información sintetizada en la fase de análisis, el grupo es capaz de realizar propuestas y toma de decisiones de manejo de recursos naturales de manera informada. En esta fase se pueden utilizar diversas dinámicas grupales para visualizar toda la información generada y llegar a la toma de decisiones de manera colectiva.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PRELIMAR: MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE COLEÓPTEROS EN LA COMUNIDAD INDÍGENA.

El grupo de trabajo se constituyó por un grupo de estudiantes de las licenciaturas de Biología y Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Baja California. Todos los estudiantes trabajaron en calidad de prestadores de servicio social a través de programas dirigidos por docentes de la Universidad. Este trabajo de investigación se llevó a cabo en dos periodos uno entre Septiembre y Noviembre de 2014 y otro en Noviembre 2014. La comunidad de San José de la Zorra dio el permiso para que el grupo de investigación realizara sus actividades dentro del territorio indígena.

El objetivo general fue la identificación y el muestreo de coleópteros barrenadores presentes en los encinos de la comunidad de San José de la Zorra para genera información base para el trabajo participativo posterior con la comunidad. Para dicho propósito se llevó a cabo una capacitación a los estudiantes para que ellos fueran a la vez capacitadores en los trabajos de investigación participativa posteriores, identificación de coleópteros barrenadores y sus señales de identificación en encinos, se realizaron muestreos de la presencia/ausencia de coleópteros barrenadores y se sistematizó una base de datos espacial con la información generada.

Se siguió una secuencia lógica para realizar este trabajo de investigación. En la figura 3 se muestra un diagrama de dicha secuencia. Lo primero que se llevó a cabo fue la formalización del equipo de trabajo. Esto fue posible gracias a reuniones con los estudiantes interesados en el proyecto donde fue posible hablar de los intereses de cada uno y donde se estableció el compromiso de cada uno. De manera simultánea se generó

el diseño de muestreo a seguir. Una vez que se formalizó el equipo de trabajo, se procedió a la capacitación en campo sobre aspectos específicos de la ecología de los coleópteros barrenadores y métodos de monitoreo. Posterior a la capacitación el grupo de trabajo realizó muestreo de práctica para posteriormente realizar los muestreos de acuerdo al diseño de muestreo.

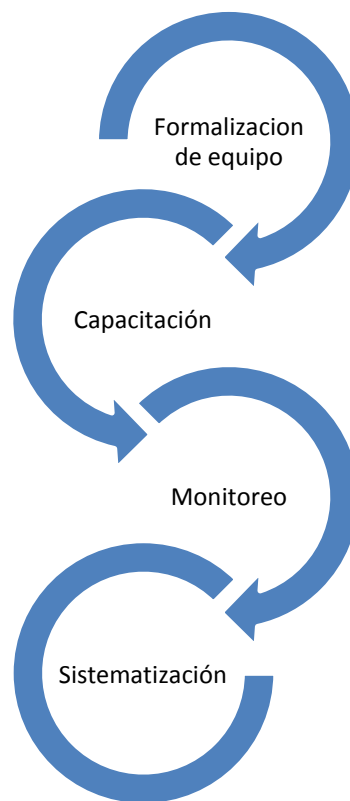


Figura 3. Diagrama del proceso empleado en la investigación preliminar

Programa de actividades del trabajo de investigación previa.

Todo el trabajo fue distribuido en diversas sesiones de trabajo en campo las cuales se muestran en el siguiente programa de actividades

Cuadro 1. Programación de actividades del trabajo de investigación

Objetivo	Lugar	Participantes	Fecha
Reunión informativa con estudiantes	Facultad de Ciencias, UABC	Héctor Sánchez, Daniel Arellano, Jason Benson, Marylu Maldonado, Francisco Smith	Septiembre 2014
Muestreo de práctica		Héctor Sánchez, Daniel Arellano,	23 de Septiembre 2014
Muestreos de campo			Septiembre, Octubre y Noviembre 2014

Propuesta de evidencia: La evidencia que se propone para el trabajo de investigación previo es la base de datos espacial de la presencia/ausencia de coleópteros. Si bien se describen objetivos específicos, la realización de éstos tiene un orden secuencial y son necesarios para desarrollar la base de datos.

Diseño de muestreo

El diseño de muestreo se generó partiendo de la idea de que todos los encinos tienen la misma posibilidad de estar o no infestado por coleópteros barrenadores. Se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple o probabilístico. Para determinar los encinos que serían muestreados se tomó en cuenta la cobertura total de encinos obtenida de Andrade y Eaton (en proceso de publicación). Con la ayuda de la herramienta “Puntos aleatorios” del software de SIG QGIS 2.8.1 se generaron una serie de puntos aleatorios dentro del

polígono de cobertura de encinos. Para determinar la validez estadística del muestreo se tomó en cuenta la superficie total de la cobertura de encinos dentro de la comunidad. Se determinó una confiabilidad de 95 % y porcentaje de error de 5%. Para la superficie total de cobertura de encinos de 1525630 m² se determinó necesario muestrear 385 m² con una confiabilidad de 95 % y un porcentaje de error de 5%. Para cumplir la cobertura necesaria a muestrear se planteó que cada uno de los puntos de muestreo tuviera una superficie de 31 m². Debido a esto, se determinó que cada punto de muestreo fuera de 10 metros de radio. Se muestrearon todos los encinos dentro de esa superficie. En la figura 4 se muestra la superficie de cobertura de encinos así como el tamaño de la muestra.

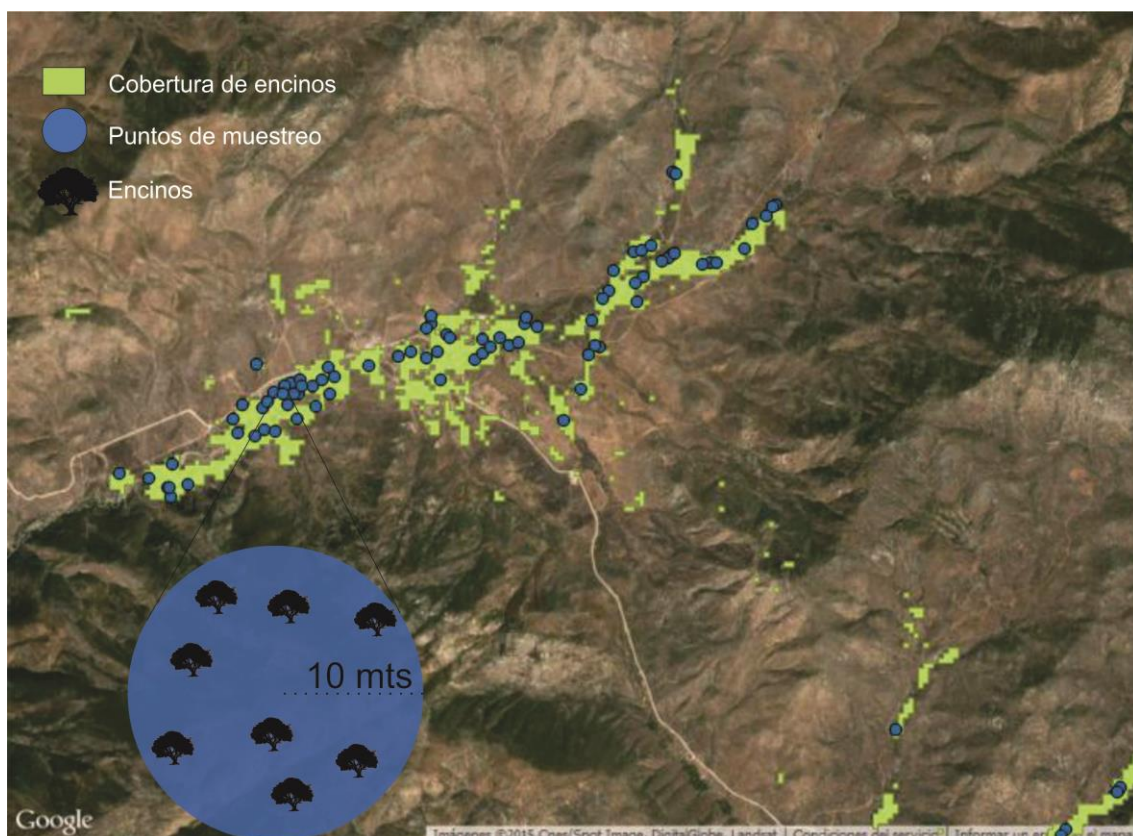


Figura 4. Diseño de muestreo. En esta figura se observan la cobertura de encinos a muestrear, los sitios de muestreo aleatorios y la dimensión de 10 metros de radio de los sitios de muestreo.

Capacitación

Previo al desarrollo del trabajo, realicé una estancia breve de investigación con el Dr. Thomas Coleman y su técnico Adrián Poloni en Cleveland National Forest en California. En esta estancia se adquirieron los conocimientos para identificar la presencia de coleópteros barrenadores en encinos y pinos y se realizó una modificación del formato de campo. Este proceso de capacitación fue fundamental para llevar a cabo el proceso de capacitación de los alumnos e integrantes de la comunidad indígena.

La capacitación de los alumnos se llevó a cabo en los bosques de encinos de la comunidad. Los aspectos en los que fueron capacitados fueron en ecología de coleópteros barrenadores e identificación de la presencia de los mismos, uso de GPS y en llenado del formato de campo (ANEXO 1).

Muestreo prospectivo

Se llevó a cabo un muestreo prospectivo de práctica en el cual se muestrearon 10 encinos. En este muestreo fue posible capacitar a los alumnos en la identificación de signos de presencia de coleópteros y en las técnicas de muestreo. Durante este muestreo no se siguió el diseño de muestreo, se muestrearon encinos individuales con la finalidad de capacitar a los alumnos para aprender a identificar los signos de presencia de coleópteros. En la figura 5 se muestra el muestreo prospectivo.



Figura 5. Muestreo prospectivo. En la imagen se muestran 10 puntos de muestreo que corresponde a 10 encinos individuales

Trabajo de campo

El trabajo de campo se llevó a cabo en las fechas especificadas en el calendario de actividades. Los puntos de muestreo generados de manera aleatoria en QGIS fueron exportados a formato GPX y cargados en GPS. Los encargados del muestreo localizaban cada punto de muestreo, con una cuerda median 10 metros de radio y muestreaban todos los encinos dentro de ese diámetro registrando todo la información en formatos de campo.

Sistematización de la información de campo y generación de la base de datos espacial.

Toda la información generada en campo fue vaciada en una hoja de datos de Excel. Se generó de esa manera una base de datos con todos los muestreos y su ubicación espacial. Con esta base de datos se generó un shapefile de puntos el cual contiene toda la información de los muestreos.

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA: MUESTREO E IDENTIFICACIÓN DE COLEÓPTEROS EN LA COMUNIDAD INDÍGENA.

En esta sección se describe el trabajo de investigación participativa. Dicho trabajo fue realizado en el periodo de Marzo a Abril de 2015. Es importante resalta que el trabajo de investigación previa cumple con dos objetivos claves para el trabajo participativo, la confirmación de la presencia de coleópteros barrenadores y la capacitación de estudiantes que se desarrollaron como facilitadores y capacitadores en el trabajo de investigación participativa. Cabe recordar que el trabajo de investigación participativa está basado en la aproximación metodológica de 5 fases descrita anteriormente.

Programa de actividades

Para hacer efectivo el trabajo de investigación participativa, se plantearon 4 sesiones de trabajo, las cuales corresponden a diversas fases del método empleado. Cada sesión tiene sus metas específicas.



Sesión 1 Reunión informativa y formalización del equipo de trabajo

Metas: Definir los conceptos clave de comunidad y participación para funcionen como conceptos guía en el proceso de diagnóstico y formalizar el equipo de trabajo.

Propuesta de evidencias: Conceptos de comunidad y participación consensados por el grupo de trabajo.

La primera sesión consistió en un par de reuniones informativas. Durante ésta se implementaron tres dinámicas participativas.

La primera dinámica se tituló “definiendo comunidad y participación”, cuya finalidad fue consensar, a través de la comunicación, los conceptos de comunidad y participación para el grupo de trabajo, de manera que resultaran ser la base sobre la cual se fundamentaran la participación genuina. Dicha dinámica fue modificada de Musembi (2010) y consistió en los siguientes pasos:

1. Se les dio a los participantes hojas de colores, a la mitad se le dio de un color específico y a la otra mitad otro color. Cada color correspondía a un concepto.
2. Reflexionaron sobre el concepto que le tocó a cada quien y escribieron su concepto personal en la hoja de color correspondiente.

3. Se agruparon por equipos, el equipo del concepto de participación y el de comunidad, y discutieron los términos de manera grupal y llegaron a un acuerdo sobre el significado del concepto.
4. Cada equipo explicó su concepto al resto de los participantes a través de un método creativo (actuación) y se discutieron cada uno de los términos.
5. Una vez que se expusieron los términos, se discutieron con todo el grupo y se llegó a un acuerdo grupal de cada concepto, se plasmaron los conceptos y significados en un rotafolio.



Sesión 2 Planteamiento del problema y priorización de soluciones

Metas: Llegar al planteamiento del problema de manera colectiva y encontrar y priorizar las soluciones.

Evidencias propuestas: Árbol de problemas, árbol de soluciones y matriz de priorización de soluciones

Se implementó la dinámica “Árbol de problemas” para identificar los problemas relacionados con los recursos naturales de la comunidad. Esta dinámica fue adaptada a partir de Geilfus (2000) El método empleado fue el siguiente:

1. Se les pidió al grupo de participantes locales que realizaran un listado de los recursos naturales que utilizan. Posteriormente eligieron aquellos que consideraron con una problemática asociada.
2. Reflexionaron sobre los problemas asociados a cada recurso y los escribieron en tarjetas de colores.

3. Se les explicó que pegarían sobre un árbol previamente dibujado en rotafolio, los problemas identificados tratando de ubicar problemas causales en la raíces del árbol y problemas consecuencias en las ramas del mismo
4. A través de la discusión fueron encontrando una problemática central, la cual ubicaron en el tronco del árbol.
5. Con la problemática central definida, reubicaron los problemas-causa y los problemas-consecuencia.

Posterior a esta dinámica se llevó a cabo la “dinámica de árbol de soluciones”. Esta dinámica está basada en la misma secuencia lógica del árbol de problemas, la diferencia es que se planteó un escenario deseado el cuál se colocó en el tronco. En las raíces del árbol se ubicaron las acciones a realizar para lograr el escenario ideal y en las ramas se ubicaron las consecuencias del escenario ideal.

Por último se realizó una matriz de evaluación y priorización de soluciones. En esta dinámica se rescataron las soluciones identificadas en el árbol de soluciones y se pegaron en la matriz de evaluación. A partir de esta matriz se evaluaron los recursos en plenaria y se fueron asignando valores de acuerdo a los campos de la matriz. Al final se sumaron los puntajes adquiridos y de esa manera se obtuvo una priorización de las soluciones.



Sesión 3 Intercambio de conocimientos y formalización de conocimiento emergente

Objetivos: Llevar a cabo un proceso de capacitación de dos vías para el monitoreo de coleópteros barrenadores.

Propuesta de evidencias: Evidencia fotográfica de la capacitación

Durante la primer etapa, la capacitación teórica, se dio un intercambio y discusión grupal sobre los coleópteros barrenadores en la comunidad, sus impactos, implicaciones para el ecosistema y para la comunidad y métodos de monitoreo de coleópteros. Durante esta etapa se logró el acuerdo de que es necesario monitorear y registrar a los encinos infestados.

La capacitación técnica se realizó en campo, en los bosques de encinos de la comunidad. Durante esta etapa, los participantes locales mostraron como distinguen de un encino infestado de coleópteros y el grupo de externos mostraron los métodos de muestreo en ecología. Se realizaron prácticas para el muestreo de encinos, basándose en el formato de campo del anexo 1. Durante estas prácticas, los participantes locales muestrearon encinos, practicaron el llenado del formato y la captura de coordenadas a través del uso de GPS.



Sesión 4. Mapeo e investigación participativa para la elaboración del SIGP

Objetivos: Documentar a través de mapas participativos los movimientos de leña dentro y fuera de la comunidad.

Propuesta de evidencias: Mapas participativos, base de datos espacial de presencia/ausencia de coleópteros y fichas entomológicas sobre los coleópteros encontrados.

Durante la fase de investigación se llevó a cabo el mapeo participativo. Esta dinámica se realizó con el propósito de que los participantes locales, registraran las zonas con encino dentro de la comunidad así como los movimientos de leña de encino dentro de la misma. Para este propósito se siguió el siguiente método:

1. Se les facilitó al grupo de participantes locales, una imagen satelital tamaño “plotter” con el polígono georeferenciado de la comunidad y una hoja translúcida.
2. Colocaron la hoja translúcida encima de la imagen satelital y fijaron ambas con cinta adhesiva.
3. Dibujaron el polígono georeferenciado de la comunidad en la hoja translúcida
4. Dibujaron las zonas con encino de la comunidad
5. Registraron los movimientos de leña.

El grupo de participantes locales se dividió en dos equipos y cada equipo realizó un mapa.

Durante esta sesión los participantes locales realizaron muestreos de campo en los bosques de encino, registraron los muestreos en formatos de campo (Anexo 1) y registraron las coordenadas. Esta información fue sistematizada en formato digital y de esta manera se generó la base de datos espacial así como el SIGP.

Es importante que debido a los límites de tiempo y recursos no fue posible realizar actividades y dinámicas de las fases cuatro y cinco del método planteado.

EVIDENCIAS



En esta sección se muestran las evidencias de las sesiones correspondientes en la fase 1. Las evidencias son las siguientes:

- Conceptos de comunidad y participación consensuados por el grupo de trabajo.
- Árbol de problemas
- Árbol de soluciones
- Matriz de priorización de soluciones

Conceptos de comunidad y participación

A partir de la dinámica “Definiendo comunidad y participación” se consensaron los conceptos de comunidad y participación. El concepto de comunidad acordado fue: “Un conjunto de personas que aportan al trabajo en grupo, comparten objetivo” y el de participación fue: “Realizar trabajos o tareas tanto en campo y ciudad para adquirir conocimientos y para un bien común dentro de una comunidad”. Consideramos

importante recalcar que estos conceptos fueron ideas directrices en todo el proceso de diagnóstico.

Árbol de problemas

Los participantes locales, a partir de la dinámica del árbol de problemas, definieron una problemática central la cual denominaron “recurso moribundo”. Los recursos sobre los cuales realizaron la actividad fueron el venado, junco, sauce y encino. A partir de esta problemática central expresaron diversos problemas causales como falta de agua, sequia, cacería, etcétera. De la misma manera definieron problemas consecuencia para cada uno de los recursos. En la figura 6 se muestra el árbol de problemas generado en la sesión de trabajo y en la figura 7 se muestra un esquema reorganizado del árbol de problemas original.



Figura 6. Árbol de problemas generado con los participantes locales

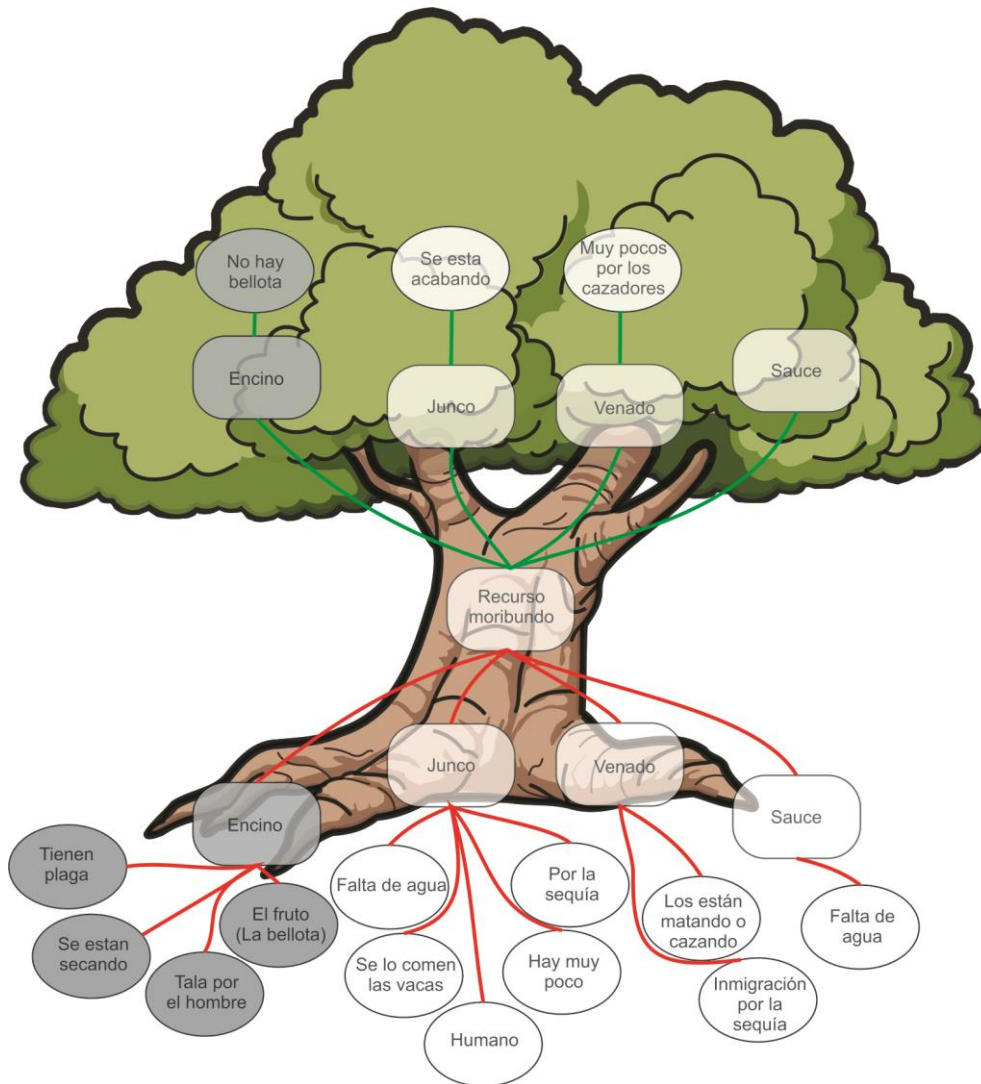


Figura 7. Árbol de problemas generado a partir del árbol original.

Árbol de soluciones

El escenario ideal, contrario a la problemática central del árbol de problemas, consensado por los participantes locales fue: recurso sano. A partir de este escenario, los participantes definieron las acciones necesarias para alcanzar el escenario ideal y de la misma manera definieron las consecuencias de mantener un recurso sano. Entre las acciones que definieron destacan la investigación y la capacitación. En la figura 8 se muestra el árbol de soluciones con el escenario ideal en el tronco, las acciones a realizar para alcanzar dicho escenario en las raíces del árbol y las consecuencias en las ramas

del mismo. En la figura 9 se muestra un esquema reorganizado del árbol de soluciones original.



Figura 8. Árbol de soluciones

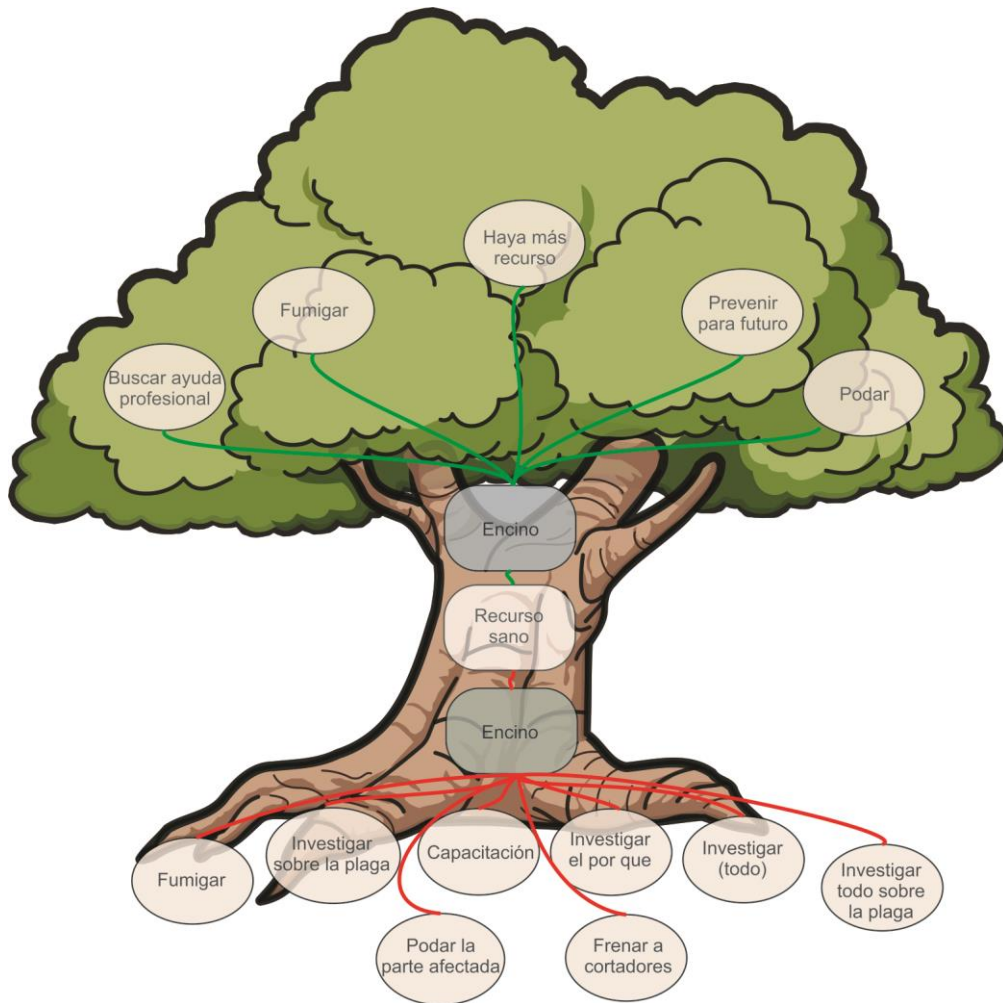


Figura 9. Árbol de soluciones generado a partir del árbol original.

Es importante resaltar que las soluciones que se repetían, fueron agrupadas y que algunas de las consecuencias de tener un recurso sano al final resultaron ser acciones. Todas esas dudas fueron despejadas en una breve discusión posterior. Las acciones o soluciones necesarias para alcanzar el escenario ideal planteado en el árbol de soluciones fueron las siguientes:

- Capacitación
- Investigar sobre la problemática
- Frenar a cortadores
- Fumigar

- Acabar con la plaga
- Retener el agua
- Podar

Matriz de priorización

La matriz de priorización de problemas (Cuadro 2) muestra que las soluciones prioritarias para los participantes locales, son la investigación sobre la plaga, y frenar a los cortadores de encinos. De acuerdo al orden de prioridad la solución que también consideraron prioritaria fue la capacitación.

De acuerdo con los participantes locales frenar a los cortadores de encinos es una solución que ellos mismos pueden emprender, sin necesidad de esperar, que no implica costo y se puede hacer. Debido a eso es una solución que ellos pueden emprender sin necesidad de ayuda de externos.

La solución de investigar sobre la plaga y la de capacitación resultaron prioritarias e implican el trabajarlas junto con el grupo de facilitadores. En la reunión participativa se acordó llevar a cabo dichas soluciones de manera conjuntada. Cabe resaltar que estas soluciones, tienen un componente geográfico o territorial importante. Los participantes locales expresaron la necesidad de ubicar espacialmente la presencia de coleópteros dentro de la comunidad. Por lo tanto esta solución se concibe como una solución geográfica y algunas las herramientas y técnicas que se acordaron utilizar están dentro del contexto geográfico. Las herramientas que se plantearon y acordaron fueron el uso de GPS para ubicar los encinos infestados y el uso de mapas participativos. La idea general que se acordó fue la de generar un base de datos espacial de la presencia de coleópteros y su integración en una interfaz SIG. En la figura 10 se muestra la matriz de

soluciones creada por los participantes locales y el cuadro 2 se muestra la misma matriz procesada.

Solución	Beneficio	¿Ayuda?	¿Beneficia a todos?	¿Se puede hacer?	¿Hay que esperar?	¿Costo?
Capacitar	2	1	2	2	2	1
Investigar sobre la plaga	2	1	2	2	2	2
Frenar a cortadores	2	1	2	2	2	2
Fumigar	2	1	2	1	0	0
Acabar con la plaga	2	1	2	1	1	0
Retener el agua	2	0	2	1	1	0
Podar	1	1	2	1	1	1

Figura 10. Matriz de priorización de soluciones

Cuadro 2. Transcripción de la matriz de priorización de soluciones.



Solución	Beneficio	¿Ayuda?	¿Beneficia a todos?	¿Se puede hacer?	¿Hay que esperar?	¿Costo?	Total	Prioridad
Capacitar	2	1	2	2	2	1	10	2
Investigar sobre la plaga	2	1	2	2	2	2	11	1
Frenar a cortadores	2	1	2	2	2	2	11	1
Fumigar	2	1	2	1	0	2	8	3
Acabar con la plaga	2	1	2	1	2	0	8	3
Retener el agua	2	0	2	1	1	0	6	5
Podar	1	1	2	1	1	1	7	4

En esta sección se muestran las evidencias correspondientes a la fase 2. Dichas evidencias son:

- Evidencia fotográfica de las capacitación

Evidencia fotográfica de la capacitación

Durante la fase de capacitación, los participantes locales aprendieron aspectos técnicos de muestreo como el uso de GPS, llenado del formato de campo e identificación de signos de presencia de coleópteros. Los participantes locales aprendieron aspectos del manejo local del encino e identificación de signos de coleópteros. Esto resultó interesante pues los participantes locales argumentaron sus propios medios para identificar la presencia de coleópteros, sin embargo desconocían la presencia de diversas especies y se dieron cuenta que el formato de campo y el conocimiento científico de los facilitadores resultaban útiles para la identificación. A través de la discusión grupal se lograron unificar criterios para la identificación de coleópteros barrenadores. Es importante mencionar que algunos de los participantes locales reforzaron conocimientos previos, ya que con anterioridad habían sido capacitados para el uso de GPS y llenado de formatos de campo.

	
<p>Identificación de signos de presencia de coleópteros. Fotografía tomada por Jorge Acevedo</p>	<p>Uso de GPS. Fotografía tomada por Jorge Acevedo</p>



Sesión teórica. Fotografía tomada por Eva Balderrama



Coleóptero barrenador colectado durante la capacitación. Fotografía tomada por Eva Balderrama



Búsqueda de larvas. Fotografía tomada por Eva Balderrama



Pupa. Fotografía tomada por Eva Balderrama



Llenado del formato de campo. Fotografía tomada por Eva Balderrama



Medición de diámetro de encinos. Fotografía tomada por Eva Balderrama

Mapas participativos

Durante la sesión 3 se realizaron 2 mapas participativos que demuestran los movimientos de leña de encino dentro y fuera de la comunidad. En las figuras 11 y 12 se muestran ambos mapas.

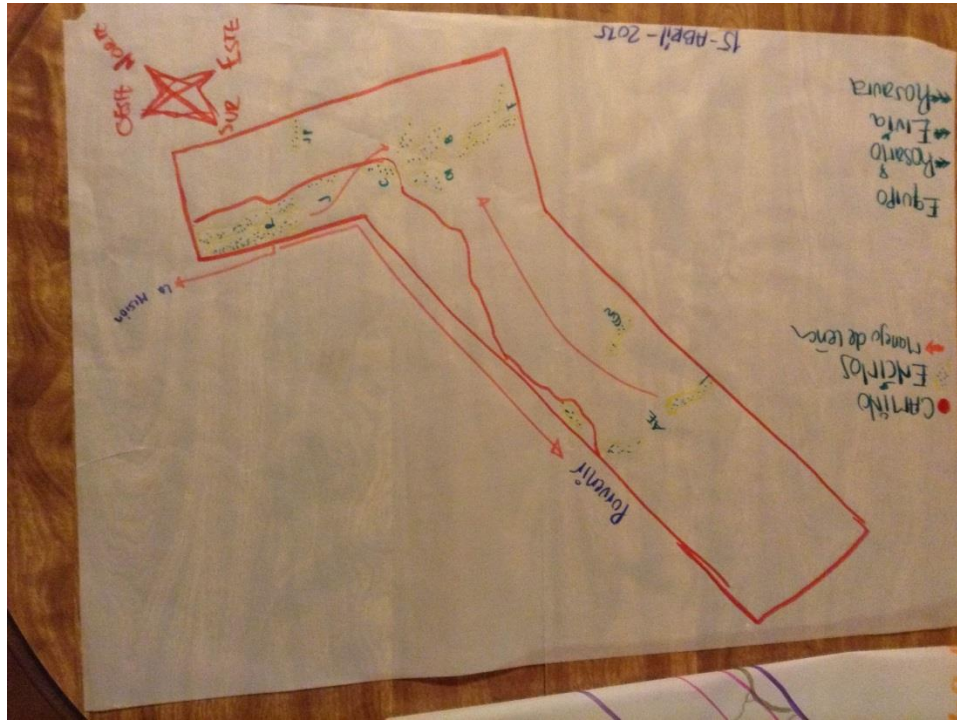


Figura 11. Mapa participativo de los movimientos de leña dentro y fuera de la comunidad. Elaborado por Rosario, Elvia y Rosaura.

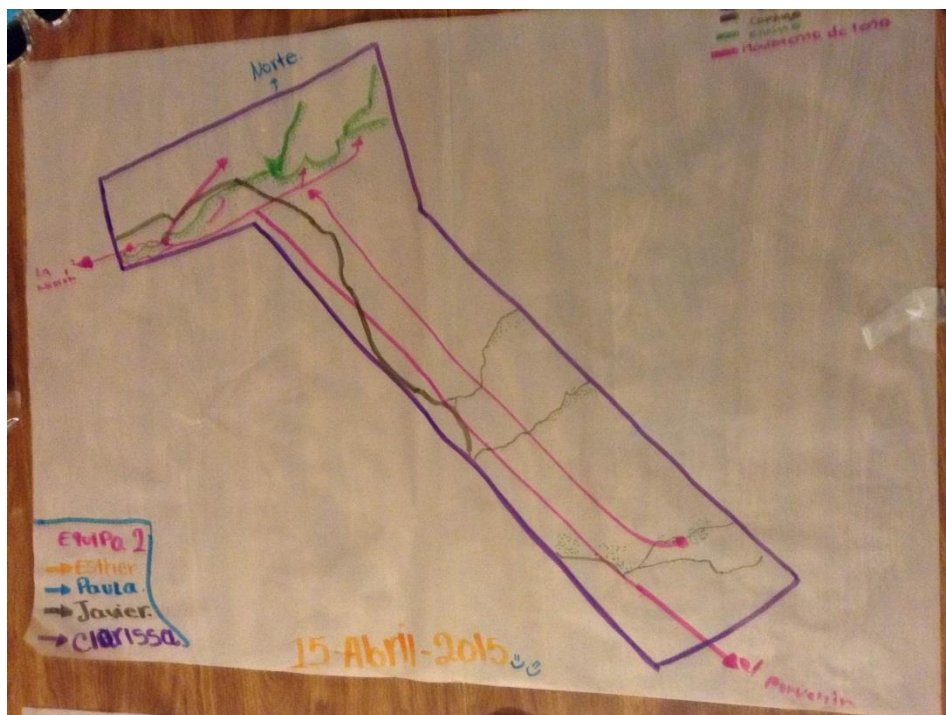


Figura 12. Mapa participativo de los movimientos de leña dentro y fuera de la comunidad. Elaborado por Esther, Paula, Javier y Clarisa.

Base de datos espacial y SIGP

La base de datos espacial constituye 98 encinas muestreadas de las cuales 35 están infestadas que corresponden al 35.7% con alguna especie de coleóptero y 63 que corresponden al 64.3 % no están infestadas. En su mayoría los encinos infestados se encontraron al interior de los encinares, sin embargo algunos de los encinos infestados se encontraban en la periferia de los encinares. Se identificaron 7 especies de coleópteros barrenadores. A continuación se muestra el listado de especies.

- *Chrysobotris mali*
- *Gnathotricchis pilosus*
- *Monarthrum spp*

- *Pseudopityophthorus spp*
- *Scobicia declivis*
- *Xylotrachus nauticus*
- *Xileborinus saxenesi*

La especie que fue más frecuente fue *Scobicia declivis* con 20 registros. Las demás especies tuvieron entre 6 y 4 registros. En el cuadro 3 se muestran las especies y las frecuencias de registros por especie.

Cuadro 3. Frecuencia de registros por especie del total de 35 encinos infestados

Especie	Número de registros
<i>Scobicia declivis</i>	20
<i>Pseudopityophthorus spp</i>	6
<i>Xylotrechus nauticus</i>	5
<i>Chrysobotris mali</i>	4
<i>Monarthrum spp</i>	4
<i>Gnathotricchis pilosus</i>	4
<i>Xileborinus saxenesi</i>	4
<i>Agrilus autoguttatus</i> (Por confirmar)	2

Fichas entomológicas

Mediante trabajo de gabinete se generaron fichas entomológicas con información específica de cada especie. Dichas fichas contienen información descriptiva de la especie, ciclo de vida, métodos de identificación y aspectos de manejo. *Gnathotricchis pilosus*, *Monarthrum spp* y *Xileborinus saxenesi* se agruparon en un solo grupo denominado “Escarabajos de Ambrosia”. Por lo que se generó una sola ficha para las tres especies. El criterio para la agrupación fue la gran similitud entre las especies la cuál es descrita por Swiecki y Bernhardt (2006). En el anexo 2 se muestran las fichas entomológicas.

DISUCSIONES Y CONCLUSIONES

El trabajo de investigación previo llevado a cabo por los estudiantes de licenciatura, resultó importante en tres aspectos fundamentales. Primero, en la capacitación para el muestreo de coleópteros barrenadores de encinos de los estudiantes. La importancia de esto radica en que los estudiantes se convirtieron en capacitadores en el trabajo de investigación participativa. Los estudiantes obtuvieron conocimientos en esta etapa que después compartieron con los participantes locales además de recibir información de ellos. Segundo, se probó el formato de campo y el método aprendido que se sigue en el Estado de California y se modificó hasta generar una versión final del formato de campo. Tercero, se generó información de los coleópteros barrenadores que se

encuentran en los encinos de la comunidad. Esto sirvió como una base para conocer las especies que se encuentra y conocer la dimensión y localización de zonas más afectadas en la comunidad.

La aproximación metodológica participativa empleada con sus fases y dinámicas permitieron ir desde el planteamiento del problema de manera colectiva hasta el planteamiento y la ejecución de las soluciones, así como el análisis de los datos generados.

A través de la dinámica de árbol de problemas fue posible llegar al planteamiento de la problemática. Esta dinámica se basa en la lluvia de conceptos y en el consenso colectivo para determinar problemas causales, problemas consecuencia y una problemática central la cual debe ser atendida para eliminar los problemas consecuencia. Los problemas asociados a los recursos naturales en especial al encino, fueron planteados con ayuda de esta dinámica. De manera conjunta con la dinámica de árbol de soluciones fue posible establecer las soluciones y a través de la matriz de priorización de soluciones fue posible darle un orden de prioridad a dichas soluciones. Estas tres dinámicas permitieron llegar al acuerdo de realizar un proceso de investigación con un equipo de trabajo constituido por facilitadores y participantes locales. Es importante recalcar la importancia de este proceso, ya que éste no se da de manera tradicional y permite el involucramiento de los participantes en la planeación de las soluciones a una problemática. Las consecuencias de esto fue el involucramiento directo de los participantes locales lo que generó un sentido de responsabilidad para llevar a cabo las acciones para solucionar la problemática y la apropiación por su parte del proyecto de investigación.

A través de estos ejercicios de planteamiento del problema se llegó a una solución de carácter geográfico, la cual implicó el uso de mapas participativos, uso de GPS y elaboración de SIGP. Cabe resaltar que muchos de los participantes locales tienen antecedentes en el uso de GPS y elaboración de SIGP por lo que el planteamiento del uso de estas herramientas no fue producto de un sesgo sino que ellos mismos reconocen la utilidad de dichas herramientas y plantearon su utilización.

Los procesos de capacitación llevados a cabo en la sesión 2 fueron en dos vías. Es decir los facilitadores y participantes locales intercambiaron conocimiento y esto ayudó a generar y formalizar conocimiento emergente a través de un proceso de comunicación. Este proceso de comunicación entre todos los involucrados, fomentado por el *dialogo de saberes*, ayudó a generar y formalizar conocimiento emergente producto de la fusión del conocimiento de los facilitadores y el conocimiento de los participantes locales. Si bien este conocimiento fue generado en todas las fases y sesiones del trabajo, en la sesión de capacitación se ve más representado con la unificación de criterios para identificar la presencia de coleópteros. En esta etapa los locales recibieron capacitación para el muestreo de coleópteros y uso de GPS a la misma vez que capacitaban a los facilitadores sobre conocimiento local de los encinos.

Las sesiones posteriores ayudaron a reafirmar los conocimientos adquiridos en las sesiones 1 y 2. Fortalecieron los conocimientos sobre el muestreo de coleópteros, uso de GPS y llenado del formato de campo. Permitted que se llevara a cabo un monitoreo a cargo de los participantes locales en colaboración con las facilitadores. A través de este ejercicio de investigación fue posible generar una base de datos espacial y la generación de un SIG que por su concepción se define como SIGP. Esto resulta importante ya que la elaboración de esta herramienta geográfica resulta del trabajo colaborativo y no del trabajo de un especialista en SIG.

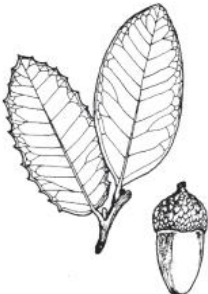


ANEXO 1 Formato de campo

FORMATO DE MUESTREO

Nombre del muestreador _____

Lugar de muestreo _____

Coordenadas (GPS) _____

Encino afectado	Observación
<p>1. Determinación de especie</p> <p>Subraya el encino que muestreas ayúdate de las imágenes o guías de identificación</p>	<p><i>Quercus agrifolia</i> <i>Quercus kelloggii</i> <i>Quercus chrysolepis</i></p>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Quercus chrysolepis</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Quercus agrifolia</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Quercus kelloggii</p> </div> </div>	
<p>2. Tamaño</p> <p>Mide el diámetro del tronco del encino con una cinta</p>	<p>Chico < a 15 centímetros de diámetro</p> <p>Maduro Entre 13 y 50 centímetros de diámetro</p> <p>Viejo Mayor a 50 centímetros de diámetro</p>
<p>3. Pérdida de hojas</p> <p>Aléjate unos 5 metros y observa la copa. Compara con las imágenes que se presentan abajo.</p>	<p>Saludable/Sin pérdida</p> <p>Pérdida moderada</p> <p>Pérdida grave</p> <p>Pérdida severa</p> <p>Muerto</p>



Saludable

Pérdida moderada

Pérdida grave

Pérdida severa

4. Salidas de larva en forma de “D”

Verifica la forma de salida de la larva. Si es *Agrilus auroguttatus* el agujero de salida es en forma de “D”.

Con una plantilla de área ponla en el tronco y cuenta el número de salidas que caen dentro de la plantilla

Ninguno: 0



Bajo: 1 a 3






Moderado: 4 a 6

Alto: De 6 a más

4. Otro tipo de salida

Si observas una salida con forma diferente a “D”, subráyala. Apóyate en la tabla siguiente y utiliza la punta de una pluma para para identificar si se trata de alguno de los barrenadores más comunes.

Especie	Salida		Localización de la salida
	Forma	Tamaño	
<i>Scobicia declivis</i>	round 	4 milímetros de diámetro	Común en ramas pequeñas menores a 5 pulgadas de diámetro
<i>Agrilus auroguttatus</i>	D-shape 	4 milímetros de ancho	En la parte baja del tronco

<i>Chrysobothris spp</i>	oblong/ crescent 	De 5 a 13 milímetros de ancho	En el tronco y ramas grandes
<i>Xelotrechus nauticus</i>	oval 	De 6 a 10 milímetros de ancho	Tronco principal, alrededor de lesiones del encino
<i>Monarthrum spp,</i> <i>Gnathotricchis pilosus,</i> <i>Xileborinus saxenesi</i>	round 	Menor a 2 milímetro de diámetro (Punta de pluma)	Tronco principal
<i>Pseudopityophthorus spp</i>	round 	Menor a 1 milímetro de diámetro	En ramas pequeñas
<i>Euwallacea spp</i>	round 	Menor a 1 milímetro de diámetro	

<p>5. Daño pájaro carpintero</p> <p>Verifica si hay daño por pájaro carpintero</p>	<p>Picoteo en el tronco y/o picoteo en las bellotas</p> <p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>
<p>6. Presencia de larva</p> <p>Verifica con las fotos y la guía de identificación y compara si ves alguna larva. Puedes tomar una muestra y completar esto en gabinete.</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NO SE</p>
<p>7. Presencia de adultos</p> <p>Verifica con las fotos y la guía de identificación y compara con escarabajos si encuentras alguno</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>
<p>8. Presencia de Ganado</p> <p>Verifica visualmente la presencia de ganado o heces de ganado</p>	<p>SI</p> <p>NO</p> <p>NOSE</p>

9. Presencia de Agua Verifica visualmente arroyos o cuerpos de agua cercanos.	SI NO NOSE
10. Cercanía a caminos <i>Verifica visualmente si el encino se encuentra cerca de caminos</i>	SI Distancia aproximada= NO NOSE

ANEXO 2 Fichas entomológicas

Escarabajos de Ambrosia

Gnathotrichus spp, Monarthrum spp, Xileborinus saxenesi



Figura 1. *Gnathotrichus spp* adulto

Orden: Coleoptera
Familia: Curculionidae

Descripción

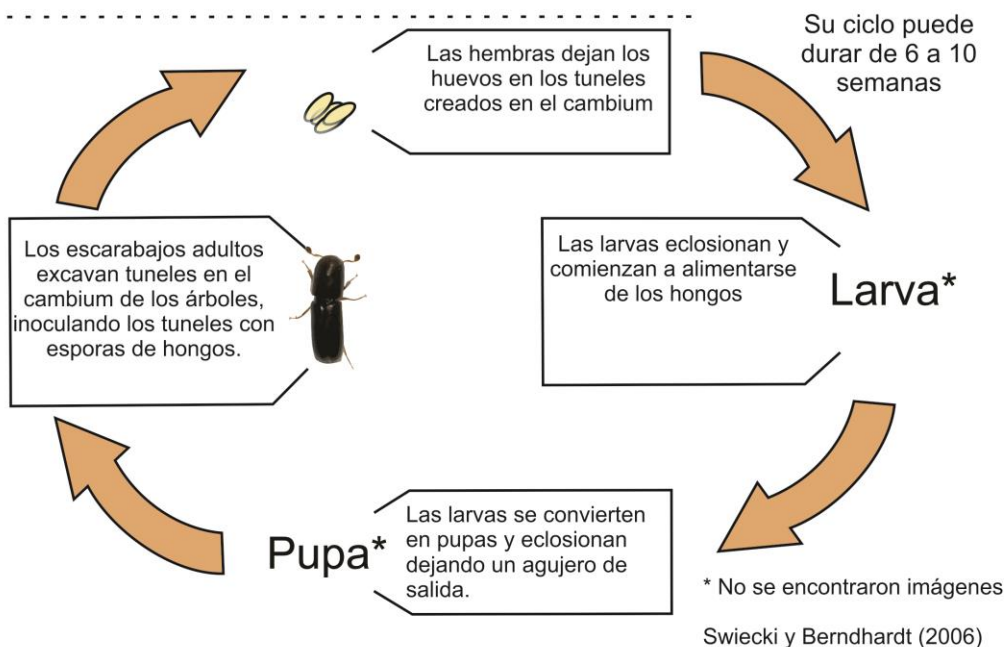
Las tres especies forman parte de los denominados escarabajos de ambrosia. A continuación se describirá la morfología, el ciclo de vida y aspectos de manejo de los escarabajos de ambrosia en lo general.

Los adultos son pequeños de 3 a 5 milímetros de largo y son de color oscuro (Figura 1). Barrenan directamente en el cambium de los árboles

Conforme van creando sus galerías van introduciendo hongos que crecen adentro de la galería y en la madera circundante. El hongo produce una mancha negra alrededor de la galería, la cual es un buen indicador de la presencia de los escarabajos de ambrosia.

Swiecki y Berndhardt (2006)

Ciclo de vida



Escarabajos de Ambrosia

Gnathotrichus spp, Monarthrum spp, Xileborinus saxenesi

Manejo

Los escarabajos de ambrosia no se consideran responsables de mortalidad de encinos, son agentes de degradación de madera. Por lo tanto, las recomendaciones de manejo se centran en evitar la degradación de madera que propicie un ambiente adecuado para la infestación de los escarabajos.

Identificación

El primer paso es la identificación del organismo que esta causando el problema. ¿Como lo puedo identificar? Observar la figura 2. Esa información puede ser útil.

Prevención y Manejo

Se debe de minimizar la cantidad de material susceptible de ser infestado por los escarabajos durante su estado adulto.

Algunos de los métodos utilizados es el trapeo de adultos mediante trampas para coleópteros y feromonas sintéticas

En caso de requerir madera para leña, adquirir solo la que se va quemar durante ese día.

Se pueden usar insecticidas en los cortes de leña para prevenir la infestación

Figura 2. ¿Cómo identificarlo en los encinos?



Se puede indentificar con los orificios de salida. Se encuentran en el tronco principal y miden menos de 2 milímetros. Los orificios de la imagen son del tamaño real.

Referencias

Swiecki, T. J., & Bernhardt, E. A. (2006). A field guide to insects and diseases of California oaks. US Department of Agriculture, 151, 3.

Swiecki y Berndhardt (2006)

Chrysobothris mali



Figura 1. *Chrysobothris mali* adulto

Orden: Coleoptera
Familia: Buprestidae
Género: Chrysobothris
Especie: mali

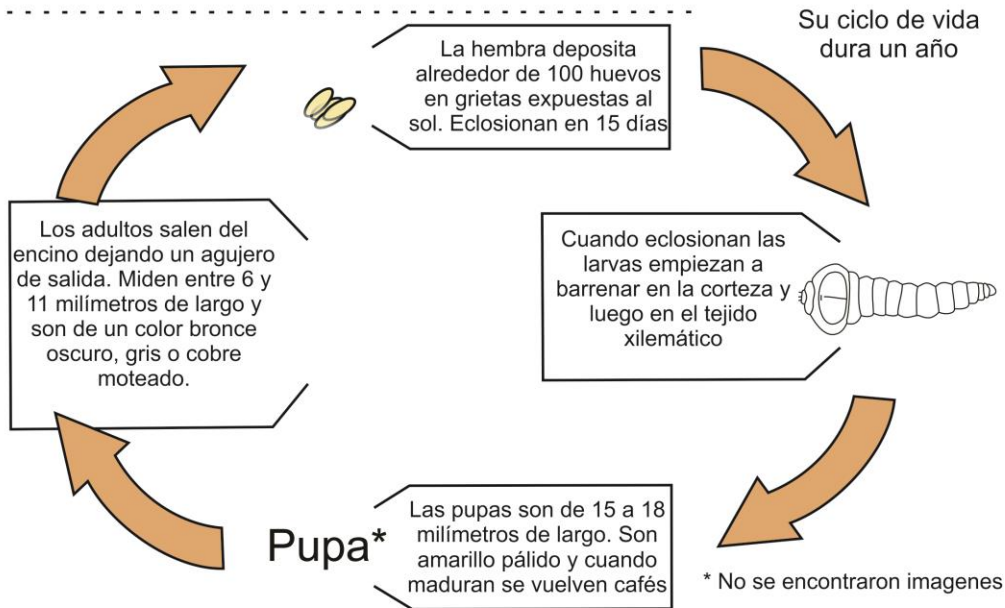
Descripción

Es un insecto común en California. Las larvas atacan árboles estresados o enfermos. Las larvas maduras pueden llegar a medir de 15 a 18 milímetros de largo. Se alimentan del floema y de la corteza interior. Tiene la cabeza aplanada lo que da el nombre común de “Flatheaded borer” o barrenador de cabeza aplanada.

Los adultos son de 6 a 11 milímetros de largo y de un bronce oscuro, gris o cobre moteado de color (Figura 1)

Swiecki y Berndhardt (2006)

Ciclo de vida



Beddes y Caron (2014), Swiecki y Berndhardt (2006)

Chrysobothris mali

Manejo

Chrysobothris mali puede ser potencialmente dañino para los encinos. Es por eso que se recomiendan diversas acciones de prevención y manejo.

Identificación

El primer paso es la identificación del organismo que esta causando el problema. ¿Como lo puedo identificar? Observa la figura 2. Esa información puede ser útil.

Monitoreo

Para identificarlo es necesario identificar los daños que ocasionan en el encino:
Exudación de savia
Corteza desprendiendose
Material de deshecho como aserrín
Lesiones o áreas hundidas
Agujeros de salida

Prevención y Manejo

Chrysobothris mali ataca a encinos débiles, estresados o enfermos. Las recomendaciones de manejo estan enfocadas a prevenir la infestación.

Prevenir el daño de la corteza. Existen dos tipos de daño, el daño físico ocasionado por un golpe y el daño por las bajas temperaturas. Para prevenir este daño se puede utilizar una mezcla 1:1 de pintura de latex y agua. No utilizar pintura acrílica o de aceite por que puede matar al árbol. También se puede utilizar una envoltura blanca que se pueda remover.

En caso de requerir madera para leña, adquirir sólo la que se va quemar durante ese día.

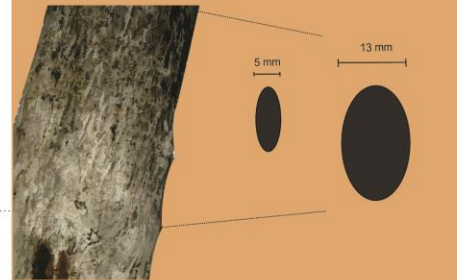
No acumular madera.

Proteger la madera pintando o varnizando para sellar poros o aberturas u hoyos donde los coleópteros puedan dejar sus huevos.

Se pueden utilizar insectidas en encinos infestados.

Beddes y Caron (2014)

Figura 2. ¿Cómo identificarlo en los encinos?



Se puede indentificar con los orificios de salida. Se encuentran en el tronco principal o ramas muy grandes y miden de 5 a 13 milímetros de ancho. Los orificios de la imagen son del tamaño real.

Referencias

Beddes, T., Murray, M., & Caron, M. (2014). Pacific Flatheaded Borer and Flatheaded Appletree Borer.

Swiecki, T. J., & Bernhardt, E. A. (2006). A field guide to insects and diseases of California oaks. US Department of Agriculture, 151, 3.

Pseudopityophthorys spp



Figura 1. *Pseudopityophthorys spp* adulto

Orden: Coleoptera
Familia: Curculionidae
Género: *Pseudopityophthorys*
Especie: spp

Descripción

Los adultos son de 1.2 a 2.6 milímetros de largo, sus cuerpos cilíndricos y son de color café claro a negro (Figura 1).

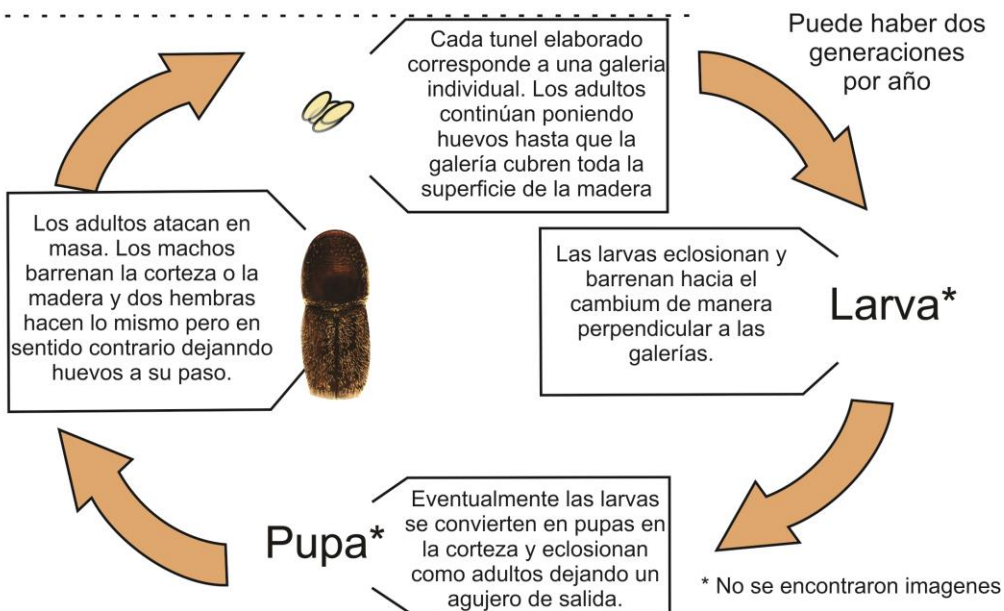
Las larva son pequeñas de color crema y sin piernas.

Las galerías de huevos son construidas en la región del cambium y pueden o no llegar a la madera.

La final de su ciclo de vida se pueden identificar los agujeros de salida en el tronco principal y ramas pequeñas.

Swiecki y Berndhardt (2006)

Ciclo de vida



Swiecki y Berndhardt (2006)

Pseudopityophthorys spp

Manejo

Pseudopityophthorys spp puede ser potencialmente dañino para los encinos. De acuerdo con Lynch et al (2014) este coleóptero es el encargado de dispersar una enfermedad ocasionada por un hongo (*Geosmithia pallida*). Esta enfermedad esta causando la mortalidad de encino (*Q. agrifolia*) en Los Angeles, Santa Barbara, Riverside, Ventura y Monterey en California. Debido a esto y a los daños que el coleoptero solo puede ocasionar es importante monitorear, prevenir y manejar la presencia de este insecto.

Identificación

El primer paso es la identificación del organismo que esta causando el problema. ¿Como lo puedo identificar? Observa la figura 2. Esa información puede ser útil.

Las galerías construidas por los adultos pueden ser fácilmente indentificadas debido a que son perpendiculares a la longitud de las ramas (Figura 3)

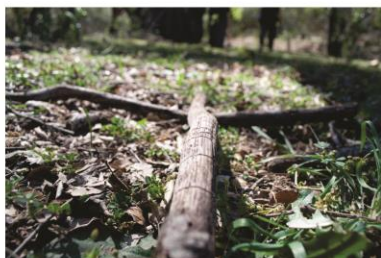


Figura 3. Galerías de *Pseudopityophthorys spp*.

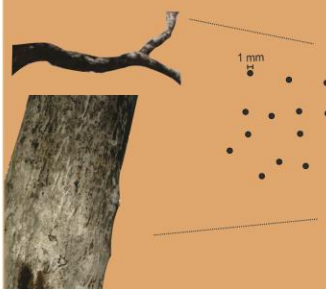
Prevención y Manejo

Se recomienda realizar acciones para mantener llos encinos saludables y controlar el uso de madera de encino

En caso de requerir madera para leña, adquirir solo la que se va quemar durante ese día.

No acumular madera recién cortada cerca de encinos vivos.

Figura 2. ¿Cómo identificarlo en los encinos?



Se puede identificar con los orificios de salida. Se encuentran en ramas pequeñas aunque se pueden encontrar en el tronco principal. Miden 1 milímetro de diámetro y son circulares
Los orificios de la imagen son del tamaño real.

Referencias

Lynch, S. C., Wang, D. H., Mayorquin, J. S., Rugman-Jones, P. F., Stouthamer, R., & Eskalen, A. (2014). First Report of *Geosmithia pallida* Causing Foamy Bark Canker, a New Disease on Coast Live Oak (*Quercus agrifolia*), in Association with *Pseudopityophthorus pubipennis* in California. *Plant Disease*, 98(9), 1276-1276.

Swiecki, T. J., & Bernhardt, E. A. (2006). A field guide to insects and diseases of California oaks. US Department of Agriculture, 151, 3.

Scobicia declivis



Figura 1. *Scobicia declivis* adulto

Orden: Coleoptera
Familia: Bostrichidae
Género: *Scobicia*
Especie: *declivis*

Descripción

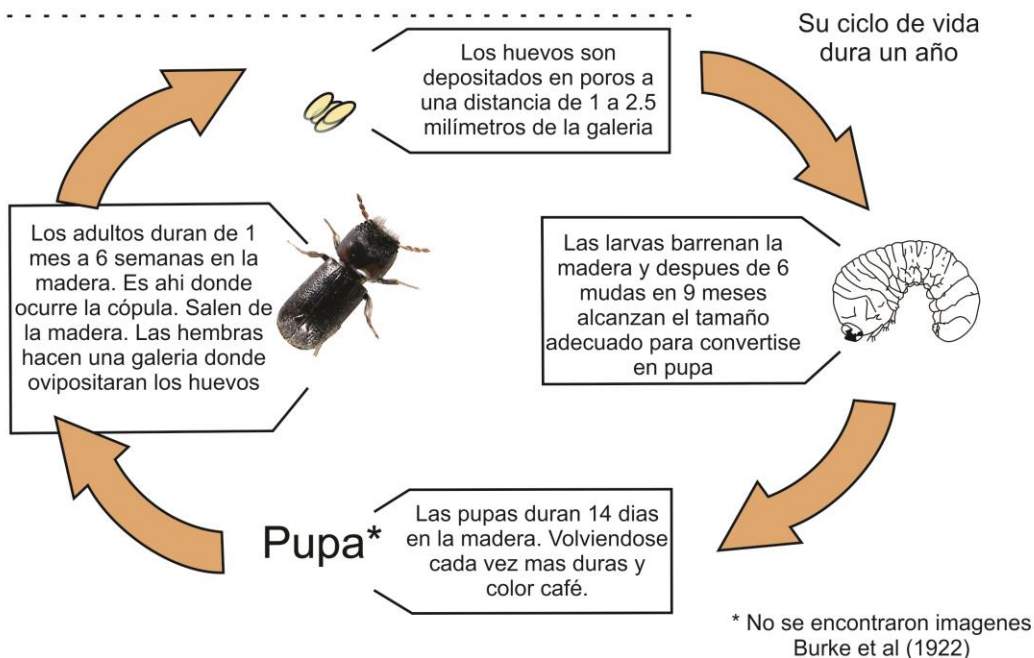
Es un insecto común en California y el sur de Oregon. Las larvas pueden destruir madera seca y muerta, pero también pueden atacar árboles vivos como los encinos.

Las larvas tienen el cuerpo duro, miden alrededor de 10 milímetros, son blanca o amarillo pálido. Tienen 3 pares de patas.

Los adultos miden de 5 a 6 mm de largo, son cilíndricos y de color café oscuro a negro. Las antenas, porciones de sus patas y partes de la boca son rojizas (Figura 1)

Swiecki y Bernhardt (2006)

Ciclo de vida



Scobicia declivis

Manejo

Scobicia declivis puede ser potencialmente dañino para los encinos. Es por eso que se recomiendan diversas acciones de prevención y manejo.

Identificarlo

El primer paso es la identificación del organismo que esta causando el problema. ¿Como lo puedo identificar? Observa la figura 2. Esa información puede ser útil.

Prevención y Manejo

La mejor manera de prevención es la sanitización. Para esto se hacen las siguiente recomendaciones:

Remover la madera infestada que está cerca a construcciones de madera.

Destruir pedazos de madera pequeños antes de ser infestados.

Revisar la madera antes de utilizarla para hacer alguna construcción.

En caso de requerir madera para leña, adquirir solo la que se va quemar durante ese día.

No acumular madera.

Proteger la madera pintando o varnizando para sellar poros o aberturas u hoyos donde los coleópteros puedan dejar sus huevos.

Remover y reemplazar la madera infestada. Cuando no se pueda reemplazar, utilizar insecticidas líquidos.

Lewis y Seybold (2010)

Figura 2. ¿Cómo identificarlo en los encinos?



Referencias

Burke, H. E., Hartman, R. D., & Snyder, T. E. (1922). The lead-cable borer or " short-circuit beetle" in California (Vol. 1101). US Dept. of Agriculture.

Lewis, V. R., & Seybold, S. J. (2010). Wood-boring beetles in homes.

Xylotrechus nauticus



Figura 1. *Scobicia declivis* adulto

Orden: Coleoptera
Familia: Cerambycidae
Género: *Xylotrechus*
Especie: *nauticus*

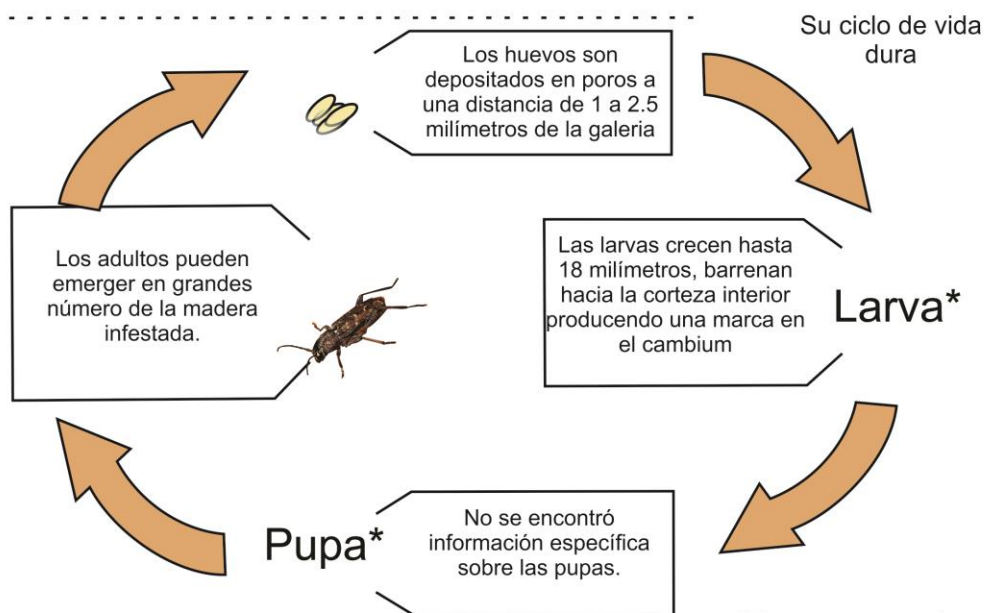
Descripción

Estos escarabajos son comunes en los encinos y otros árboles de California. Colonizan troncos muertos o en estres, normalmente no atacan árboles saludables.

Los adultos son de 8 a 11 milímetros de largo de color gris oscuro. En sus alas hay tres franjas en zig-zag de color claro. Sus antenas son relativamente cortas (Figura 1).

Swiecki y Bernhardt (2006)

Ciclo de vida



* No se encontraron imágenes Swiecki y Bernhardt (2006)

Xylotrechus nauticus

Manejo

Xylotrechus nauticus afecta troncos muertos o en estres y normalmente no afecta encinos saludables.

Identificarlo

El primer paso es la identificación del organismo que esta causando el problema. ¿Como lo puedo identificar? Observa la figura 2. Esa información puede ser útil.

Prevención

Debido a que el insecto no ataca árboles sanos, las recomendaciones estan orientadas al manejo de madera infestada.

Remover la madera infestada que está cerca a construcciones de madera.

Destruir pedazos de madera pequeños antes de ser infestados.

Revisar la madera antes de utilizarla para hacer alguna construcción.

En caso de requerir madera para leña, adquirir solo la que se va quemar durante ese día.

No acumular madera.

Figura 2. ¿Cómo identificarlo en los encinos?



Se puede indentificar con los orificios de salida. Se encuentran en el tronco principal alrededores de lesiones mecanicas o por fuego, son ovaes de 5 a 10 milímetros de ancho. Los orificios de la imagen son del tamaño real.

Referencias

Swiecki, T. J., & Bernhardt, E. A. (2006). A field guide to insects and diseases of California oaks. US Department of Agriculture, 151, 3.

REFERENCIAS

Coleman, T. W., Graves, A. D., Hoddle, M., Heath, Z., Chen, Y., Flint, M. L., & Seybold, S. J. (2012). Forest stand composition and impacts associated with *Agrilus auroguttatus* Schaeffer (Coleoptera: Buprestidae) and *Agrilus coxalis* Waterhouse in oak woodlands. *Forest Ecology and Management*, 276, 104-117.

Coleman, T. W., & Seybold, S. J. (2010, April). GSOB ≠ SOD: tree mortality from the goldspotted oak borer in oak woodlands of southern California. In *Sudden Oak Death Fourth Science Symposium* (p. 58).

Coleman, T. W., Grulke, N. E., Daly, M., Godinez, C., Schilling, S. L., Riggan, P. J., & Seybold, S. J. (2011). Coast live oak, *Quercus agrifolia*, susceptibility and response to goldspotted oak borer, *Agrilus auroguttatus*, injury in southern California. *Forest Ecology and Management*, 261(11), 1852-1865.

Eaton Ricardo, Jiménez Cecilia, Andrade Jorge, Cortez Korina. (2013). Artesanos y artesanas: promotores de desarrollo sustentable y custodios de sus recursos naturales (Informe técnico). Ensenada B.C.: UABC, CDI-FOCAI.

McPherson, B. A., Mori, S. R., Wood, D. L., Kelly, M., Storer, A. J., Svihra, P., & Standiford, R. B. (2010). Responses of oaks and tanoaks to the sudden oak death pathogen after 8y of monitoring in two coastal California forests. *Forest Ecology and Management*, 259(12), 2248-2255.

Sturrock, R. N., Frankel, S. J., Brown, A. V., Hennon, P. E., Kliejunas, J. T., Lewis, K. J., ... & Woods, A. J. (2011). Climate change and forest diseases. *Plant Pathology*, 60(1), 133-149.

Swiecki, T. J., Bernhardt, E. A., & Arnold, R. A. (1991). Insect and disease impacts on blue oak acorns and seedlings.

Vázquez, C., Aguilar, C., Benet, H., Carmona, R., De la Vega, T., Espinosa, H., ... & Velázquez, I. (2011). Twenty years of interdisciplinary studies of the “MEZA” program’s contributions to society, ecology, and the education of postgraduate students. *Ecology and Society*, 16(4), 19.

Wilken, M. A. (2012). An ethnobotany of Baja California's Kumeyaay Indians. Tesis de Maestría

CAPITULO 4 APORTES DE LA CIBERCARTOGRAFÍA AL MANEJO PARTICIPATIVO DE PLAGAS FORESTALES CON UN ENFOQUE TRANSDISCIPLINARIO

RESUMEN

Las problemáticas ambientales en los contextos rurales e indígenas caen dentro del paradigma de la complejidad y demandan la incorporación de una visión transdisciplinar para abordarlas. La información espacial y precisa es un elemento clave para los procesos de desarrollo sustentable en cualquier ámbito. En el presente trabajo se aborda la problemática de la mortalidad de encinos, basándose en una postura de reconocimiento de diversos saberes. Se describe como a través de esta postura ontológica se creó un grupo transdisciplinario, se fomentó la discusión interna, se formuló y ejecutó una solución geográfica y se generó una red semántica de ejes temáticos relacionados con la problemática y la solución geográfica. Cada eje temático fue abordado de manera independiente sin embargo en este trabajo se integran los resultados de dichas investigaciones. La solución geográfica planteada es un atlas cibercartográfico el cual se concibe como un mapa digital multimedia e interactivo basado en la web. En dicho atlas se integraron los resultados de las investigaciones independientes. Esto se logró con mediante el software “Nunaliit Atlas Framework”. A través de la incorporación de diversos insumos en diversos formatos se logró representar la visión de los integrantes del grupo. Los impactos que esto tuvo en la comunidad fueron la incentivación de la participación de la comunidad, el fortalecimiento de capacidades internas y la apropiación de los productos del trabajo.

INTRODUCCIÓN

Desde de la perspectiva de la teoría de la complejidad, las actividades humanas se conciben como producto de las interrelaciones que establecen los individuos entre sí y con su ambiente físico (Morales, 2010). Es decir, los sistemas sociales y naturales no solo son indisociables sino que co-evolucionan través del tiempo. Esta es la razón fundamental por la cual se considera que la fragmentación disciplinaria no es apropiada para abordar las problemáticas complejas como los son las problemáticas ambientales. Un hecho que ejemplifica la inoperatividad de la visión unidisciplinaria es que en los contextos rurales e indígenas, de manera tradicional, al antropólogo o sociólogo aborda una problemática sin considerar el medio físico-natural y el biólogo o ecólogo aborda una problemática sin considerar el componente social. Esto no permite a ninguno de los dos especialistas entender la complejidad de un problema.

La apuesta contemporánea es a trascender los límites de las disciplinas para abordar una problemática compleja considerando los componentes sociales y naturales de manera integral. El enfoque transdisciplinario, entendido como un proceso a través del cual se trascienden los límites entre las disciplinas, para abordar problemas desde múltiples perspectivas y generar conocimiento emergente (Morales, 2010), es esencial para abordar problemas de naturaleza compleja. Existen diversas disciplinas las cuales han evolucionado desde perspectivas disciplinarias hasta perspectivas inter y transdisciplinarias. Los SIG son un ejemplo de esta evolución. Hoy en día existen diversos tipos de SIG, los SIG convencionales que dan cuenta de la tradición positivista de los mismos, y los SIG que demuestran visiones inte y trasndisciplinarias.

SIG convencionales, topología matemática y datos cualitativos

Los SIG convencionales se han fundamentado en la obtención y análisis de datos meramente cuantitativos. Esto se debe a que son espacialmente deterministas por naturaleza y la topología matemática que los sustenta tiene sus propias representaciones de datos en forma de rásters y vectores lo que permite representar fácilmente fenómenos empíricos y observables como recursos naturales, infraestructura, patrones demográficos y eventos ambientales en lugar de entidades menos definidas como etnicidad, género y otros distintivos de la identidad social (Warf y Sui, 2010). Los SIG convencionales privilegian la precisión, simplificación, certidumbre y causalidad determinística en lugar de los tópicos que más les preocupan a los teóricos sociales como la complejidad, ambigüedad, multiplicidad y contingencia (Warf y Sui, *Ibidem*). La crítica social constructivista de los años 90 debido a la incapacidad de los SIG convencionales de representar datos cualitativos derivó en un importante debate. La última consecuencia de este debate fue la aparición de diversos SIG que son empleados dentro de epistemologías no positivistas tales como SIG crítico (Sheppard 2005), SIG participativo (SIGP) y SIG público participativo (SIGPP) (Dunn, 2007), geografía voluntaria (Goodchild, 2007), SIG afectivo/emocional (Aitken y Crane, 2009) SIG cualitativo (Cope and Elwood 2009), SIG feminista (Kwan 2002, McLafferty 2002, 2005, Story 2002), Contramapeo (Peluso, 1995). Esto demuestra que pesar de que los SIG aparentan ser solamente aptos para el análisis de datos cuantitativos, pueden ser utilizados para el análisis de datos cualitativos (Pavlovskaya ,2006). Todos estos tipos de SIG significan la incorporación de conocimiento espacial local (conocimiento “no científico”) y la fusión con otras disciplinas. Por ejemplo, los métodos de muchos de estos

SIG se basan en diversas metodologías sociológicas (SIGP). Son ejemplo de la deriva de los SIG hacia las perspectivas inter y transdisciplinarias.

Conocimiento espacial local

En la búsqueda de más y mejor información los investigadores en materia de recursos naturales han volteado a ver un cuerpo de conocimiento ignorado, el conocimiento ambiental tradicional o conocimiento ecológico tradicional (CET). El CET es según Berkes *et al* (2000) un *“cuerpo acumulativo de conocimientos que evoluciona a través de procesos adaptativos y es transmitido mediante formas culturales de una generación a otra acerca de las relaciones entre los seres vivos con su medio ambiente”*. En las últimas décadas se le ha dado importancia a este cuerpo de conocimiento y se han desarrollado métodos para rescatarlo e integrarlo al conocimiento científico.

El conocimiento espacial local (CEL) se expresa en una variedad de formas a menudo involucrando nociones no lineales del espacio, historias, mitos y diferentes taxonomías (Brodning, 2000). De acuerdo con McCall (2011) es posible distinguir tres tipos de conocimiento espacial local: Uno es el conocimiento espacial técnico el cual es similar en estructura, propósito y cognición que el conocimiento científico. Este se refiere al conocimiento local sobre el suelo, plantas, agua, riesgos y vulnerabilidades. Otro nivel representa un punto de vista diferente y se refiere a las prioridades, intereses y problemas de los diferentes actores locales. El tercer nivel es un conocimiento espacial más especializado, el conocimiento espacial espiritual o místico, el cual es simbólico, metafórico, visionario y difiere cualitativamente del conocimiento científico.

Según Reyes-García (2009) la búsqueda del CET y por extensión del CEL ha generado, en algunos casos, consecuencias negativas. Reyes-García (*ibídem*) menciona que representantes de comunidades indígenas han expresado su descontento sobre el uso del CET argumentando razones como la descontextualización del CET, la falta de retribución para los grupos que han desarrollado este conocimiento y la explotación de los recursos naturales asociados a este conocimiento.

Los niveles de CEL que describe McCall (2011) pudieran ser el punto de partida para explicar la descontextualización del CEL. Los primeros dos niveles, debido a la similitud con el conocimiento científico, pueden ser integrados de mejor manera. Sin embargo el conocimiento espacial místico, al ser cualitativamente diferente del conocimiento científico y representarse mediante expresiones no lineales resulta difícil de representar. En el afán de representarlo se puede caer en lo que Kumar et al (1997) destaca, en la representación cuantitativa de la realidad social. Al representar el CEL místico mediante taxonomías positivistas se puede caer en la descontextualización del mismo.

El acoplamiento del saber espacial local con el conocimiento científico se da a través de metodologías de los SIG modernos que buscan la incorporación del saber local, como los SIGP y la cibercartografía. El elemento más importante para permitir este acoplamiento es una postura de reconocimiento del saber local. En el contexto de los SIGP, esta postura se denomina *dialogo de saberes*. Este proceso de comunicación fomenta el reconocimiento de diversos saberes, incentiva la discusión en relación a una problemática y permite el acoplamiento de las visiones, perspectivas y saber local así como de la visión científica. De esa manera el conocimiento espacial local se ve representado. Sin embargo la representación de este conocimiento emergente (fusión de conocimiento local y científico)

y del conocimiento local en una plataforma SIG a menudo se ve forzada a representarse de a través de elementos cuantitativos. La cibercartografía (geocibernetica) contempla la incorporación de elementos multimedia como audios, videos y documentos, y su representación en un SIG basado en la web que pueden representar el conocimiento local y emergente sin necesidad de forzar su representación a través de taxonomías positivistas.

Enfoques para la integración de conocimientos y la investigación transdisciplinar

Existen diversos enfoques para la integración de conocimiento tácito-empírico con conocimiento científico. En este apartado se describen el *dialogo de saberes* y el método Reyes como dos enfoques importantes para la integración de dicho conocimiento destacando las similitudes entre ambos.

El método Reyes contempla un proceso de comunicación entre los involucrados en la formulación de una solución geográfica a una problemática a través del cual se logra el acoplamiento de diversos saberes (Lopez-Caloca et al, 2014). De acuerdo con Acevedo et al (2009) el *dialogo de saberes* se considera un proceso comunicativo que reconoce el conocimiento tácito o empírico del saber cotidiano, este proceso permite la interacción de la lógica de dicho conocimiento con la del conocimiento científico, explícito y formal. Desde nuestra visión el proceso de comunicación del método Reyes es incentivado por una postura de reconocimiento todo tipo de saber que fácilmente puede ser catalogada como *dialogo de saberes*. Ambos enfoques guardan similitudes importantes, como la generación de procesos de discusión en los grupos de trabajo transdisciplinar.

A través de dicho proceso de comunicación se da la discusión en relación a una problemática. Esta discusión entre los involucrados permite la creación de una red

semántica de conceptos y disciplinas asociadas en torno a la generación de una solución geográfica a una problemática. Es decir se descubren dominios de conocimiento o ejes temáticos que le competen a la problemática central.

En el presente trabajo se muestra la generación de una red semántica de conceptos relacionados con un problemática concreta de una comunidad indígena kumiai. Dicha problemática es la mortalidad de encinos (*Quercus agrifolia*) en la comunidad indígena de San José de la Zorra, Baja California, México. Este árbol es de suma importancia para la comunidad indígena, su importancia radica en el uso tradicional y moderno de los frutos del encinos y del árbol como leña (Wilken, 2012). Existen diversos coleópteros barrenadores no nativos con el potencial de infestar los bosques de encinos, así como coleópteros nativos que bajo condiciones de sequía potenciada por el cambio climático pueden comportarse como plaga y afectar de manera negativa a los encinos (Andrade et al, en proceso de publicación).

Debido a esto, se planteó abordar dicha problemática mediante la constitución de un grupo interdisciplinar de trabajo para incentivar la discusión en relación a la problemática y generar e implementar una solución geográfica. Con base en esta discusión se generó una red semántica con dominios de conocimiento y disciplinas asociadas a la problemática. Cada dominio corresponde a un eje temático que se consideró necesario abordar. En la sección de métodos se describen con detalle la generación de la red y los dominios de conocimiento.

Los productos principales de la investigación de los tres dominios de conocimiento más desacatados, fueron integrados en un atlas cibercartográfico. Este atlas fue creado mediante el software libre Nunaliit Atlas Framework, diseñado por el Centro de Investigación en

Geomática y Cartografía o GCRC por sus siglas en inglés, de la Universidad de Carleton en Ottawa Canadá.

Nunaliit Atlas Framework

El Nunallit Atlas Framework es un programa de código abierto desarrollado por un grupo de investigadores y desarrolladores del Centro de Investigación en Geomática y Cartografía de la universidad de Carleton en Ottawa, Canadá. Está diseñado para crear mapas interactivos basados en la red. Nació como un proyecto multidisciplinario liderado por el Dr. Taylor.

El producto principal es una aplicación basada en la web o atlas cibercartográfico. Esta aplicación es servida por un programa de línea de comandos hecho en Java llamado Nunaliit SDK. La aplicación web está compuesta por páginas HTML, archivos CSS, archivos Javascript, imágenes de fondo, archivos JSON y servidores Web. Todas las páginas HTML, archivos CSS y archivos Javascript se almacenan en una base de datos llamada CouchDB. Estos archivos son servidos al buscador Web a través del Nunaliit SDK, donde Jetty, el cuál esta embebido en el Nunaliit SDK, funciona como servidor proxy para esos archivos (Fiset, 2013). En la figura 1 se muestra la estructura del software.

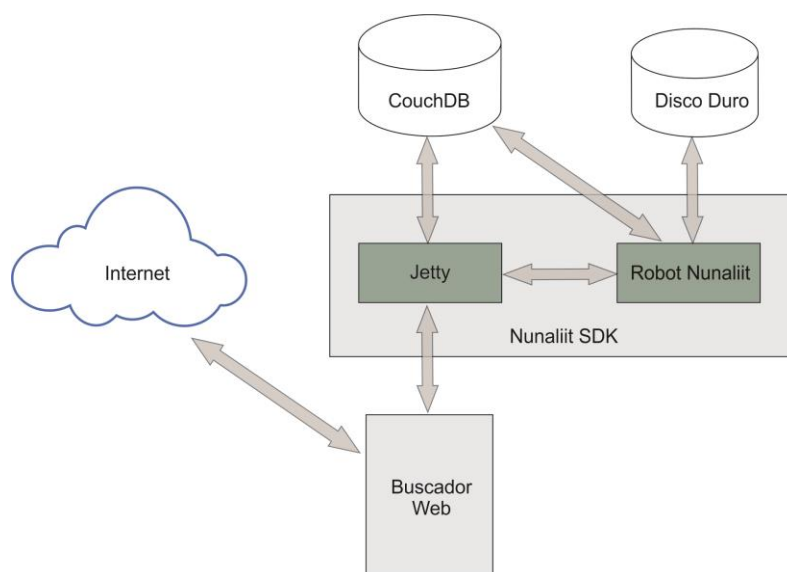


Figura 1. Estructura de Nunamiit Atlas Framework. Modificado de Fiset, 2013

MÉTODO

Constitución de grupo transdisciplinar

La constitución del grupo transdisciplinar, el proceso de discusión y la formulación y ejecución de una solución geográfica está basado en la postura ontológica del dialogo como postura ontológica de reconocimiento de diverso saberes. Con base en lo anterior se generó la red semántica de conceptos y las disciplinas asociadas a la problemática. En la red semántica se observan ejes temáticos de los que destacan 3: El manejo tradicional kumiay, la cobertura de encinos y plaga forestal. Todos estos dominios están en torno a la solución geográfica acordada de manera grupal. Dicha solución constituye una aplicación basada en la web capaz de integrar insumos generados a partir de la investigación de cada uno de los dominios de conocimiento llamado atlas cibercarográfico.

El manejo tradicional kumiai surgió con la necesidad de conocer sobre el manejo tradicional kumiai que puede ser útil para el manejo de plagas forestales. La cobertura de encinos, surge con la necesidad generar una capa vectorial de cobertura de encino y plaga forestal el cual surge con la necesidad de investigar sobre la presencia de plagas forestales en la comunidad. En la sección de resultados se describen a detalle cada uno de estos dominios de conocimiento, sus objetivos, métodos y principales productos.

Sistematización de insumos

Como ya se mencionó, los archivos utilizados son resultado de la investigación en cada uno de los ejes temáticos. Dentro de cada investigación se siguieron métodos particulares. Diversos productos de cada investigación fueron utilizados para la elaboración del atlas cibercartográfico. En el cuadro 1 se muestran los archivos utilizados, el tipo de archivo, la descripción y la fuente de cada uno de ellos.

Cuadro 1. Descripción de los archivos multimedia integrados en el atlas cibercartográfico.

Archivo	Tipo de archivo	Descripción	Fuente
Base de datos de puntos de presencia/ausencia de coleópteros barrenadores	Shapefile de puntos en formato GEOJSON	Este archivo de formato GEOJSON contiene x puntos de presencia o ausencia de coleópteros barrenadores, así como diversa información asociada a los puntos de muestreo	Informe técnico del proyecto Diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en encinos de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra, Ensenada, Baja California. Andrade et al (en

			preparación)
Fichas entomológicas y aspectos de manejo de coleópteros barrenadores	Archivo PDF	Diversos archivos con la descripción de las especies de coleópteros encontrados e información sobre aspectos de manejo y prevención de cada especie	Informe técnico del proyecto “Diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en encinos de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra, Ensenada, Baja California”. Andrade et al (en preparación) ¿El conocimiento tradicional kumiai puede contribuir al manejo y prevención de la plaga GSOB? Andrade et al (en revisión)
Documental fotográfico de coleópteros y cultura kumiai	Fotografía	Colección de fotografías que describen el proceso de diagnóstico participativo de coleópteros y aspectos de la cultura kumiai.	Colección fotográfica del colectivo de artistas visuales “Los cuenta cuentos”
Descripción del proceso de diagnóstico participativo	Vector SVG	Imagen en formato vectorial con las fases y dinámicas del proceso de diagnóstico participativo.	Informe técnico del proyecto “Diagnóstico participativo de coleópteros barrenadores en encinos de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra, Ensenada, Baja California”. Andrade et al (en preparación)

			Tesis de maestría... (Jimenez, en preparación)
Archivo shape de la cobertura de encinos en la comunidad	Polígono en formato GEOJSON	Este shape es la capa de cobertura de encinos dentro de la comunidad.	Delimitación de la cobertura de encinos en la comunidad indígena de San José de la Zorra a partir de datos del sensor OLI (Landsat 8) (Andrade et al, en proceso de publicación)

Creación del atlas e integración de insumos

El atlas fue creado mediante el Nunaliit SDK y almacenado en la base de datos CouchDB. Fue creado a partir de la generación de documentos de modulo, los cuales especifican las características de cada módulo y la creación de esquemas para cada módulo. Se crearon dos documentos de módulos para dos módulos: El módulo de mapa de escarabajos y el módulo de proceso participativo.

Para el módulo de mapa de escarabajos, se utilizó el servidor de Google para habilitar la capa de imágenes de Google Hybrid. El archivo GEOJSON de puntos de presencia/ausencia de coleópteros fue importado al atlas a través de la herramienta de importación. Una vez que se cargó el archivo GEOJSON, se creó un esquema para la importación de archivos en formato PDF. Se cargaron las fichas entomológicas en el módulo y se vinculó cada punto de presencia de coleóptero con la ficha o fichas que

describen la especie o especies encontradas en cada punto. Se modificaron los estilos del archivo GEOJSON de manera que se diferenciaron los puntos de presencia de los puntos de ausencia.

Para el módulo de proceso participativo se utilizó una imagen de Andrade et al (en proceso de publicación) la cual describe el proceso de investigación participativo. Esta imagen fue transformada a formato SVG y fue integrada al módulo. Se crearon diversos esquemas para este módulo. A través de estos esquemas fue posible la integración de fotografías. Como ya se mencionó cada una de las fotografías son propiedad de los miembros del colectivo de artistas visuales y dichas fotografías representa una visión importante del proceso participativo. Las fotografías representan cada una de las fases del proceso descrito por Andrade et al (en proceso de publicación) y ayudan a ejemplificar cada fase y las dinámicas empleadas en cada una de ellas

RESULTADOS

Grupo transdisciplinar y red semántica de conceptos

El grupo transdisciplinar creado se constituyó por alumnos de Biología y Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), docentes y alumnos de la Maestría en Manejo de Ecosistemas de Zonas Áridas o MEZA de UABC, integrantes del colectivo de artistas visuales “Los cuenta-cuentos” y miembros de la comunidad indígena Kumiai de San José de la Zorra.

En relación a la red semántica mostrada en la figura 2, es importante resaltar que cada eje temático nació de la inquietud de los miembros del grupo de trabajo motivado por un proceso de discusión en reuniones de trabajo. Como ya se mencionó a través del *dialogo de saberes* y del método Reyes fue posible llegar a la síntesis de los ejes temáticos y la generación de una solución geográfica, el atlas cibercartográfico. Los ejes temáticos, alrededor de la solución geográfica, fueron desarrollados de acuerdo métodos propios pero los resultados fueron integrados a la solución geográfica a través del software Nunaliit Atlas Framework.

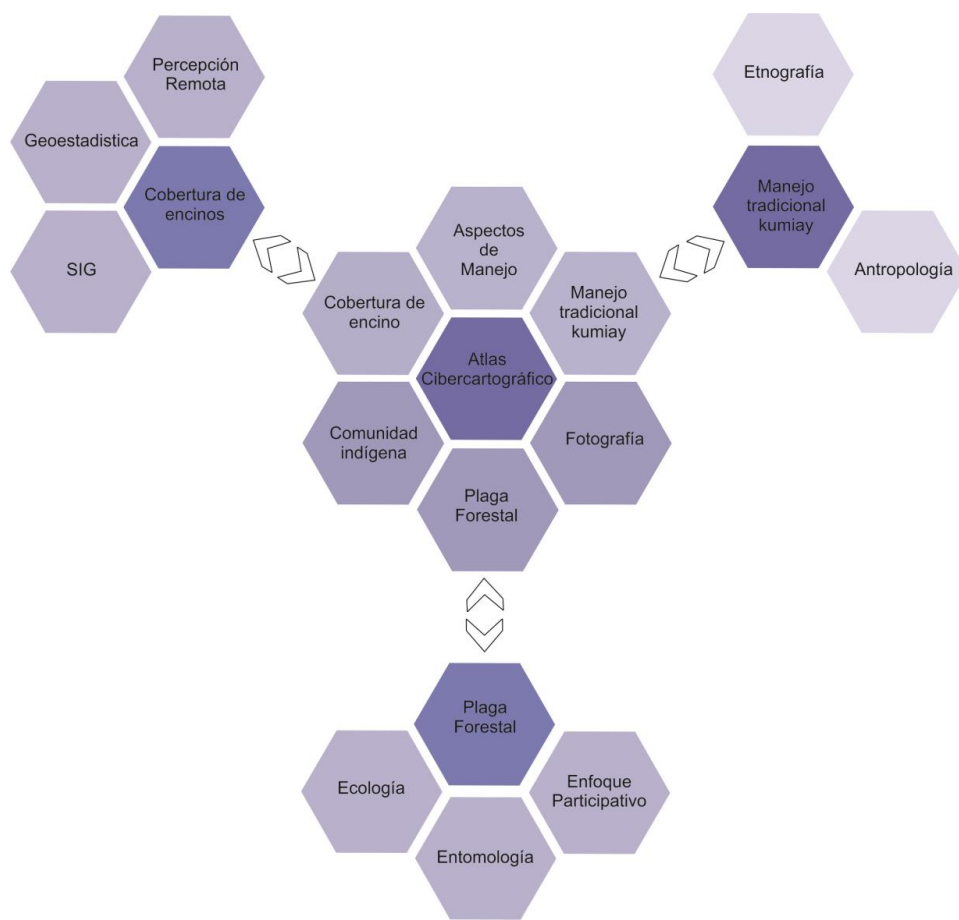


Figura 2. Red semántica de conceptos asociados al diseño de la solución geográfica. Se observan los dominios de conocimiento y las disciplinas asociadas.

Atlas cibercartográfico Kumiai

El atlas cibercartográfico Kumiai está constituido por dos módulos el módulo “Mapa de escarabajos” y el módulo “Proceso participativo. Existen dos maneras de utilizar el atlas, como usuario con privilegios para modificarlo y como usuario que puede acceder a todos los contenidos sin poder modificar nada. Esto se controla con un esquema que permite el inicio de sesión de los usuarios con privilegios. Puede ser visualizado en tres idiomas, español, inglés y francés. Cuenta con una sección de búsqueda a través de la cual se pueden hacer consultas sobre el contenido del atlas. Se muestran dos pestañas a través de las cuales se puede acceder a cada uno de los módulos.

Modulo “Mapa de escarabajos”

En este módulo es posible observar la base de datos de los puntos de presencia y ausencia de coleópteros barrenadores. Los puntos en color rojo son los que presentan alguna especie de coleóptero y los puntos en azul corresponden a encinos no infestados. En una barra lateral se observa la información contenida en cada uno de los puntos. Esta información se despliega al hacer “clic” sobre cada punto. Los puntos con presencia de coleópteros tienen asociado uno o más fichas entomológicas que describen la especie o las especies presentes por punto. Esta información se muestra a través de un esquema llamado PDF Media. Al hacer clic en es que esquemas se muestran las fichas entomológicas contenidas por punto y cada ficha puede ser visualizada en pantalla completa o incluso ser descargada. En la figura 3 se observa una captura de pantalla donde se muestra el módulo “Mapa de escarabajos”, se

pueden apreciar los puntos de presencia y ausencia así como la información asociada a un punto de presencia.

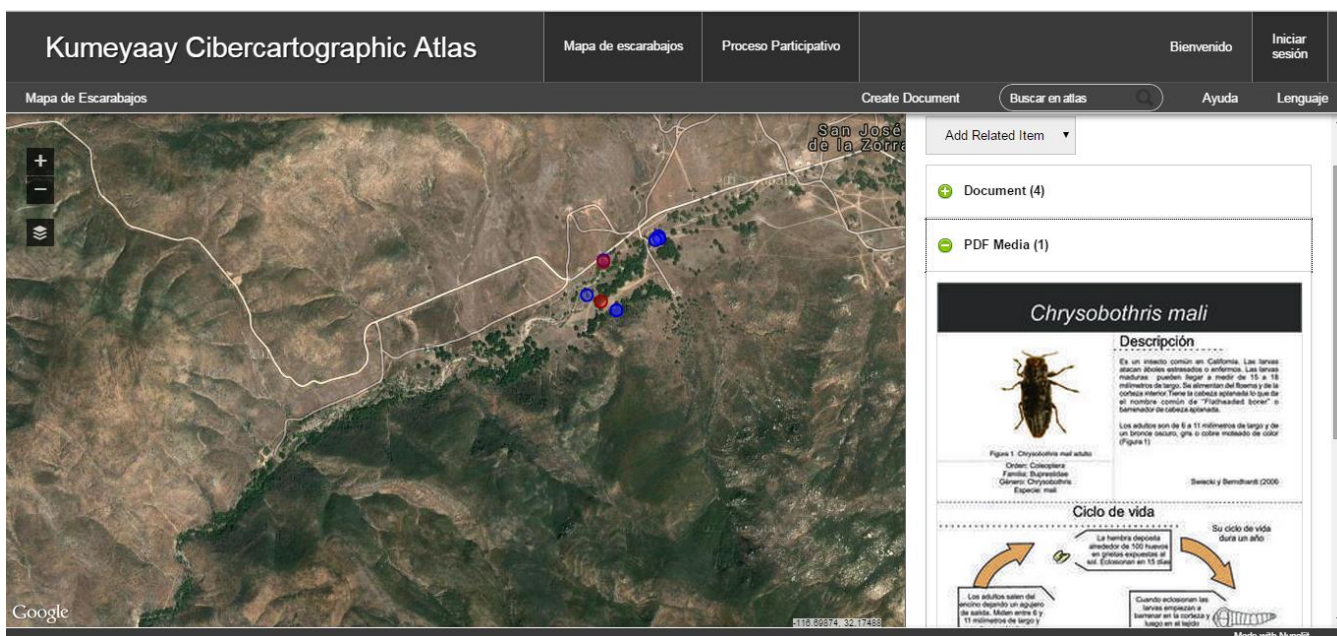


Figura 3. Captura de pantalla del módulo “Mapa de escarabajos”

Módulo “Proceso participativo”

En ese módulo se describe el proceso participativo a través de una imagen central donde se describen las fases del proceso. Cada fase, caracterizada por un color, tiene elementos asociados a ella, como las descripción de la misma y diversas fotografías que la describen. Esa información se despliega en una barra lateral. Las fotografías asociadas a cada fase pueden ser visualizadas en pantalla completa o incluso ser descargadas. En la figura 4 se muestran una captura de pantalla del módulo descrito, en esta captura es posible apreciar la imagen central y los elementos asociados a una fase en particular.

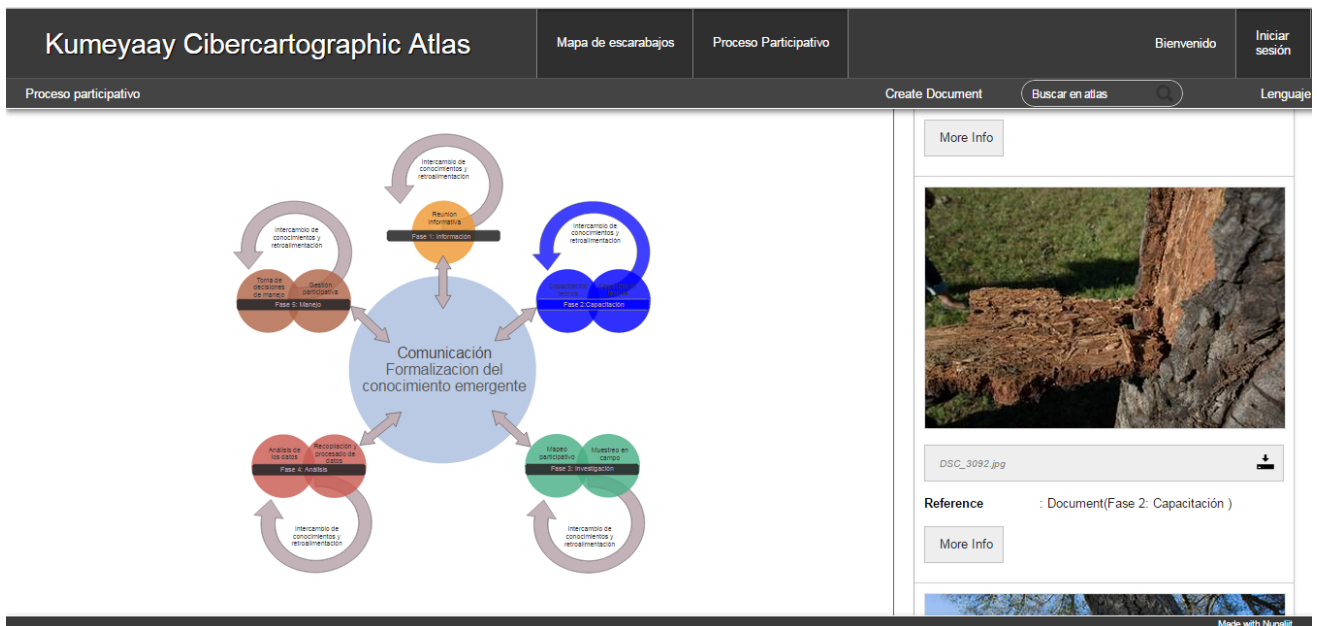


Figura 4. Captura de pantalla del módulo “Mapa de escarabajos”

DISCUSIÓN

El *dialogo de saberes* al ser considerado como una postura de reconocimiento de la diversidad de saberes, sea tácito o científico, es considerado como un eje medular en la formación de grupos transdisciplinarios. Los SIGP lo contemplan como una de las consideraciones morales más importantes para trabajar con los poseedores de conocimiento tácito-empírico (Rambaldi et al, 2006). En el manejo de recursos naturales también se considera un enfoque cardinal para la elaboración de trabajo transdisciplinario (Chávez-Cortés y Chávez-Cortés, 2006). En el contexto de la cibercartografía, aunque no está explícito como *dialogo de saberes*, existe una postura ética de reconocimiento de diversos saberes que fácilmente puede ser catalogada como *dialogo de saberes*. En este trabajo el *dialogo de saberes* permitió la creación de un grupo transdisciplinario y fomentó la discusión

en relación a la problemática de la mortalidad de encinos. Gracias a esta discusión fue posible consensar la idea de un atlas cibercartográfico como solución geográfica y crear una red semántica de conceptos y disciplinas asociadas. Es importante destacar que dicha red de conceptos es resultado de la visión propia de los integrantes del grupo y su creación depende del perfil de cada integrante. En este caso particular, el total de los estudiantes de licenciatura son biólogos o “ambientólogos” y su visión es disciplinaria. Los artistas visuales poseen su visión particular de la problemática y esta sesgada hacia lo artístico. Otra parte del grupo son estudiantes y académicos de un posgrado interdisciplinario. Debido a la tradición del programa de posgrado MEZA (Vázquez et al, 2011) y a su experiencia propia fue posible lograr la integración grupal a través de los enfoques y métodos mencionados. Consideramos importante resaltar que un factor para la integración del grupo transdisciplinar es la experiencia de algunos integrantes en trabajo inter y transdisciplinar.

La investigación transdisciplinaria se nutre de la disciplinaria la cual, a su vez, se aclara de una manera nueva y fecunda por medio del conocimiento transdisciplinario. En ese sentido, las investigaciones disciplinarias y transdisciplinarias no son antagónicas, sino complementarias (Nicolescu, 1998). Este trabajo da cuenta de lo anterior, dentro de la red semántica de conceptos surgieron dos ejes temáticos que fueron abordados desde una perspectiva disciplinaria: El saber tradicional kumiai y la cobertura de encinos. Ambos a través de métodos propios resultaron en productos necesarios para el atlas cibercartográfico. El eje temático de plaga forestal fue abordado con enfoque metodológico participativo, constituye la ejecución de la solución geográfica pues es a través de este eje temático que se generó la base de datos geográfica con los puntos de presencia y ausencia

de coleópteros. Es importante resaltar que el proceso de investigación se basó en métodos participativos. Un punto importante en relación a esto, es que se puede argumentar que el *dialogo de saberes* incentivó el proceso participativo para la creación de la base de datos.

Los niveles de conocimiento espacial local que describe McCall (2011) fueron representados a través del atlas. La metodología participativa que se siguió para la creación de la base de datos de coleópteros, fomentó la participación de integrantes de la comunidad indígena y como consecuencia se logró la integración de la perspectiva y visión propia de ellos logrando de esa manera la integración del saber espacial local. La representación de esa base de datos se da a través de un elemento cuantitativo, el shapefile de puntos. Este shapefile se visualiza en el módulo de “Mapa de escarabajos”. De acuerdo a lo que menciona Brodnig (2000) este shapefile puede ser interpretado sólo como la representación cuantitativa de un producto a través de un shape de puntos. Sin embargo el proceso de construcción de este producto, fue a través de métodos participativos que permitieron la integración del saber local en sus dos de los niveles que describe McCall (*Ibidem*): El saber local técnico y el de perspectivas y visiones de los participantes locales.

El módulo “Proceso participativo” describe de manera concreta el proceso a través del cual se logró la generación de la base de datos. Consideramos importante resaltar que durante el proceso participativo se tomaron consideraciones morales y éticas para la creación de la base de datos. Estas consideraciones están descritas en la guía práctica y ética para los facilitadores e investigadores de SIGP de Rambaldi et al (2006). Un punto importante de discusión es la denominación de la base de datos como SIGP. Como ya se mencionó se siguieron consideraciones éticas descritas por Rambaldi et al (*Ibidem*) en el proceso de construcción de la base de datos, debido a eso la base de datos puede ser considerada, al

menos en términos conceptuales como un SIGP. Cabe recordar que el SIGP o base de datos constituye el producto de uno de los ejes temáticos relacionados con la solución geográfica propuestas que es el atlas cibercartográfico. McCall (2011) menciona que los SIGP pueden tener mayor valor promoviendo el cambio progresivo hacia el empoderamiento o equidad de una comunidad, a través de los procesos y no de los productos. El atlas cibercartográfico, a través de sus dos módulos, funciona para representar la base de datos o SIGP generado y para describir su proceso de construcción destacando la manera en que fue construida la base de datos. En ese sentido se puede argumentar que el atlas cibercartográfico tiene la función incentivar procesos participativos y mostrarlos e incluso ejemplificarlos.

Queda claro que la representación de elementos objetivos se da través del atlas, sin embargo también ayuda a representar elementos más subjetivos como el proceso participativo y otros. El nivel de conocimiento local más subjetivo, el LSK místico puede ser representado en un atlas a través de elementos multimedia. En este trabajo no se representa el conocimiento místico kumiay, sin embargo se muestran elementos subjetivos, como la visión de los artistas visuales. El proceso de concepción de una fotografía propio de un artista visual es particular y varía de fotógrafo a fotógrafo. Las fotografías que se muestran en el atlas representan ese elemento subjetivo, la visión particular de cada fotógrafo. Nunaliit Atlas Framework es el software apropiado para la integración de diversos tipos de archivos y de esa manera representar los conocimientos emergentes y elementos subjetivos además de elementos cuantitativos como un shapefile. Esta característica está dada gracias a la base de datos en línea CouchDB la cual permite el almacenamiento de cualquier tipo de archivo.

CONCLUSIONES

A través del *dialogo de saberes* fue posible lograr la constitución de un grupo transdisciplinario de trabajo y fomentar el proceso de discusión al interior del grupo. El resultado de esta discusión fue la formulación de una solución geográfica y la síntesis de conceptos relacionados. Esta síntesis generó ejes temáticos representados a través de una red semántica de conceptos.

Cada eje temático constituye una investigación disciplinaria con métodos propios. Esto corrobora que la investigación disciplinaria nutre a la investigación inter y transdisciplinaria.

Los primeros dos niveles de LSK fueron representados en el atlas cibercartográfico. El tercer nivel no se representó, sin embargo a través del atlas fue posible representar un elemento subjetivo comparable con el LSK místico, la visión particular de artistas visuales

Nunaliit Atlas Framework es un software libre que permite la integración de diversos tipos de archivos, a través de los cuales se representan diversas formas de expresión, como las derivadas del conocimiento científico, conocimiento tácito-empírico y conocimiento emergente producto de la fusión de ambos.

REFERENCIAS

- Aitken, S., & Craine, J. (2009). Into the image and beyond: Affective visual geographies and GIScience. *Qualitative GIS. A mixed methods approach*, 139-155.
- Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological applications*, 10(5), 1251-1262.

- Brodnig, G., & Mayer-Schonberger, V. (2000). Bridging the gap: the role of spatial information technologies in the integration of traditional environmental knowledge and western science. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries, 1*.
- Chávez Cortés, M. M., & Chávez Cortés, J. M. (2006). La influencia de la transdisciplinariedad en el manejo de recursos naturales y la conservación. *Sociedades rurales, producción y medio ambiente, 6*(13), 51-73.
- Cope, M., & Elwood, S. (Eds.). (2009). *Qualitative GIS: a mixed methods approach*. Sage.
- Dunn, C. E. (2007). Participatory GIS—a people's GIS?. *Progress in human geography, 31*(5), 616-637.
- Fiset, J.-P. (29 de Agosto de 2013). *Nunaliit wiki*. Recuperado el 22 de Mayo de 2015, de <https://github.com/GCRC/nunaliit/wiki>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as voluntary sensors: spatial data infrastructure in the world of Web 2.0. *IJSDIR 2*: 24–32.
- Kumar, N., Raju, S., Atkins, P. J., & Townsend, J. G. (1997). Where angels fear to tread? Mapping women and men in India. *Environment and planning A, 29*(12), 2207-2215.
- Kwan, M. P. (2002). Feminist visualization: Re-envisioning GIS as a method in feminist geographic research. *Annals of the association of American geographers, 92*(4), 645-661.
- López-Caloca, F., Sánchez-Sandoval, R., Reyes, M., & López-Caloca, A. (2014). From Cybercartography to the Paradigm of Geocybernetics: A Formal Perspective. En F. Taylor, & T. Lauriault, *Developments in the theory and practice of cybercartography* (pág. 364). Elsevier.
- McCall, Michael K. (2011) Can neogeography and GIS/2 satisfy PGIS?' pp. 79-96 In: Françoise Urban-Ferauge (ed.) (2011) *Participatory Geographic Information Systems and Land Planning: Life Experiences for People Empowerment and Community Transformation*. Namur: FUNDP (109p.) ISBN 978-2-87037-719-2
- McLafferty, S. L. (2002). Mapping women's worlds: Knowledge, power and the bounds of GIS. *Gender, Place and Culture: A Journal of Feminist Geography, 9*(3), 263-269.
- McLafferty, S. (2005). Women and GIS: Geospatial technologies and feminist geographies. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 40*(4), 37-45.

Morales, J. (2011). Las alternativas ante la crisis y la sustentabilidad. En J. Morales, *La agroecología: En la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad Rural* (pág. 318). México, D.F.: Siglo Veintiuno.

Nicolescu, B. (1998). La transdisciplinariedad, una nueva visión del mundo. *Paris: Ediciones Du Rocher, 20.*

Pavlovskaya, M. (2006). Theorizing with GIS: a tool for critical geographies?. *Environment and Planning A, 38*(11), 2003.

Peluso, N. L. (1995). Whose woods are these? counter-mapping forest territories in Kalimantan, Indonesia. *Antipode, 27*(4), 383-406.

Rambaldi, G., Chambers, R., McCall, M., & Fox, J. (2006). Practical ethics for PGIS practitioners, facilitators, technology intermediaries and researchers. *Participatory Learning and Action, 54*(1), 106-113.

Reyes-García, Victoria (2007). El conocimiento tradicional para la resolución de problemas ecológicos contemporáneos. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global, 100*, 109-116.

Sheppard, E., 2005b. Cartography and power: the 'poststructuralist turn' 1982–1991. *Cartographica, 40* (1/2), 85–111.

Story, A., 2002. Mapping women's worlds: knowledge, power and the bounds of GIS. *Gender, Place and Culture, 9* (3), 263–269.

Vázquez, C., Aguilar, C., Benet, H., Carmona, R., De la Vega, T., Espinosa, H., ... & Velázquez, I. (2011). Twenty years of interdisciplinary studies of the "MEZA" program's contributions to society, ecology, and the education of postgraduate students. *Ecology and Society, 16*(4), 19.

Warf, B., & Sui, D. (2010). From GIS to neogeography: ontological implications and theories of truth. *Annals of GIS, 16*(4), 197-209.

Wilken, M. A. (2012). An ethnobotany of Baja California's Kumeyaay Indians. Tesis de Maestría

DISCUSION GENERAL

De acuerdo con Buzai (2007) existen al menos tres campos emergentes en la Geografía, uno de ellos es la Ciencia de la Información Geográfica que surge como marco conceptual

o ciencia interdisciplinar de los SIG (Gold, 2006). Este marco conceptual surge ante los cambios de los SIG a lo largo del tiempo, cambios que significaron un traslape con otras disciplinas. Por ejemplo, en el manejo de recursos naturales los SIG han sido ampliamente utilizados. La topología matemática que sustenta a los SIG facilita la representación de fenómenos naturales y ese atributo hace que los SIG sean ampliamente utilizados en materia de manejo de recursos naturales. Sin embargo como se ha destacado en este trabajo, los SIG convencionales carecen de la integración de elementos cualitativos que representan la realidad social. Esto cambió a partir del cambio de los SIG disciplinarios y cuantitativos a la Ciencia de la Información Geográfica entendida como ciencia multidisciplinar la cual puede ser representada con los SIGP y SIGPP los cuales privilegian la incorporación de saber local. Desarrollos homólogos, como VGI, Neogeografía y Cibercartografía son considerados ciencias o paradigmas multi, inter o transdisciplinarios que buscan la incorporación del saber local y su representación a través de elementos cualitativos. Desde un punto de vista particular la clave para esta evolución es el entendimiento o comprensión de que las problemáticas ambientales son complejas y que demandan de la visión de diversas disciplinas. Con base en lo anterior, diversas ciencias han evolucionado desde perspectivas disciplinarias a inter y transdisciplinarias como los SIG y el manejo de recursos naturales (Chávez-Cortés y Chávez-Cortés, 2006). Esto invariablemente implica la integración de técnicas, métodos, marcos conceptuales y epistemologías de diversas disciplinas que van desde las ciencias sociales hasta la filosofía, pasando por la ecología, geografía y los sistemas de información geográfica por mencionar algunas.

En este trabajo, con base en un enfoque metodológico transdisciplinario, se logró ruptura entre diversas disciplinas para generar algo nuevo. Con base en el *dialogo de saberes* y en

aspectos teóricos y metodológicos de SIG y cibercatografía, se logró la creación de una red semántica de conceptos y disciplinas asociadas. De esta manera se crearon ejes temáticos los cuales fueron abordados con métodos particulares. Por ejemplo el capítulo 1 fue abordado con métodos propios de las ciencias sociales y las disciplinas de asociadas a éste fueron la etnografía y antropología. El capítulo 2 fue abordado con métodos de la percepción remota y las disciplinas asociadas fueron la percepción remota, SIG y geoestadística. Estos dos capítulos fueron abordados desde un punto de vista disciplinario. El capítulo 3 fue abordado con un enfoque de manejo participativo de recursos y las disciplinas asociadas fueron la ecología, geografía, biología, etcétera. El capítulo 4 corresponde a la creación del atlas cibercartográfico para integración de los productos del resto de los capítulos. Para la creación del atlas fue necesario realizar programación en HTML, CSS y Javascript, lo que significa que la informática fue una disciplina fundamental en el desarrollo del atlas. En resumen en este trabajo se logró transgredir las fronteras entre las disciplinas, logrando de esa manera un ejercicio de trabajo transdisciplinario. Cabe mencionar que si bien la transdisciplina es un enfoque metodológico importante en desarrollo de la ciencia moderna, continúa siendo un concepto que puede ser malinterpretado. Desde un punto de vista particular, se debe seguir trabajando en las bases epistemológicas de la transdisciplina y este trabajo puede aportar algo a crear una epistemología de la transdisciplina.

Un punto importante para discutir es sobre los conceptos, SIGP, Cibercatografía y Neogeografía. Existe un traslape al menos en cuanto a la interpretación de los conceptos. Turner (2006) define la Neogeografía como las herramientas y técnicas geográficas usadas para actividades personales o para la utilización de grupos o personas no expertas en SIG.

Tulloch (2003) define a los SIGP como el uso y aplicación de tecnologías en SIG por miembros del público general, individuos o grupos, para la participación en procesos públicos de participación pública. La cibercartografía definida como la organización, representación, análisis y comunicación de información espacialmente referida en una amplia variedad de tópicos e intereses y es usada en formato interactivo, dinámico, multimedia, multisensorial mediante una interfase multimedia y multimodal (Taylor, 2010). Los tres paradigmas descritos, se basan en el reconocimiento del saber no científico y su representación. Esta postura de reconocimiento de la diversidad de saberes, denominado *dialogo de saberes*, es el elemento ético-práctico más importante en los tres paradigmas mencionados. Esta es la característica común más importante entre los paradigmas mencionados. Este trabajo demuestra que al menos lo SIGP y la cibercartografía pueden ser considerados desarrollos homólogos con más similitudes que diferencias.

McCall (2011) responde la interrogante de si la neogeografía, cibercartografía y demás tendencias modernas en manejo de información espacial, pueden aportar algo a los trabajo de investigación participativa en el contexto de los SIGP. McCall (*Ibidem*) concluye que existen diversas consideraciones de tipo moral que tienen que tomarse en cuenta para que las nuevas herramientas y técnicas mejoren los SIGP, algunas de estas consideraciones son el reconocer quien está siendo empoderado durante el proceso, ¿las participantes locales o los participantes externos? ¿Quiénes poseen los resultados finales? Rambaldi et al (2006) al considerar esta interrogantes desarrollaron una guía ético-practica para desarrollan SIGP en comunidades. Una de las aseveraciones importantes que destacan es que el proceso de construcción del SIGP o de una solución geográfica debe, por sí solo, generar y fortalecer las capacidades internas de las comunidades. El proceso general de este trabajo tiene las

mismas consideraciones éticas que Rambaldi et al (*Ibidem*) por lo tanto todo el proceso, incluyendo la construcción del atlas, ayuda a la creación de capacidades y el fortalecimiento de las mismas en la comunidad de San José de la Zorra.

El atlas cibercartográfico, como fue concebido en este trabajo, se basa en un proceso de comunicación incentivado por una postura de reconocimiento de diversos saberes, fomenta la formación de grupos transdisciplinarios y promueve la discusión para la formulación de una solución geográfica a una problemática. De esta manera se ven representadas las visiones de los participantes locales. Al integrar los productos de la totalidad de la investigación en un mapa interactivo en línea, se posibilita a los participantes locales de tener los productos finales sin necesidad de poseer un software especializado, solo conexión a la web. A la vez permitió la integración de los insumos de la investigación en una aplicación basada en la web de fácil acceso eliminando de esa manera la necesidad de un programa especializado y ningún especialista que oriente como visualizar la información.

CONCLUSIONES

En este trabajo fue posible incluir distintos niveles de conocimiento espacial indígena e integrarlo en el atlas cibercartográfico. Esta inclusión del saber indígena incentivó la

participación de los participantes locales lo que generó un sentido de apropiación del proyecto. Esto se debe a que la aproximación metodológica empleada se basó en el reconocimiento y valorización de distintos saberes y en consideraciones descritas por Rambaldi et al (2006). Esto impactó de manera positiva en el fortalecimiento de las capacidades para el monitoreo, manejo y conservación de recursos naturales lo que fomenta el desarrollo endógeno de la comunidad.

Los indígenas kumiai tienen un importante conocimiento tradicional en relación al manejo de encino. Son diversas las prácticas que han empleado históricamente y que pueden resultar útiles para el manejo de plagas forestales, como la colecta de bellota y la quema controlada de parches de vegetación y de encinos. Estas y otras prácticas pueden ser rescatadas para integrarlas a planes modernos de control de plagas.

La delimitación de encinares con base en la reclasificación de NDVI derivado de datos del sensor OLI de Landsat, comprueba la buena capacidad predictiva de NDVI. La capa de delimitación de encinos fue de utilidad para estimar el número de muestras para tener un muestreo representativo de encinos. Además de la utilidad mencionada la capa tiene otras aplicaciones potenciales de gran utilidad. Se pueden realizar gran cantidad de análisis espaciales, así como la modelación de la distribución de especies de coleópteros y mapas de riesgo.

A través de métodos participativos, se muestrearon 98 encinos de los cuales 35 mostraron signos de presencia de al menos un coleóptero. Las especies que se identificaron fueron 7, *Chrysobotris mali*, *Gnathotricchis pilosus*, *Monarthrum* spp, *Pseudopityophthorus* spp,

Scobicia declivis, Xylotrachus nauticus y Xileborinus saxenesi. La especie con más registros fue Scobicia declivis con 20.

Con base en la síntesis de información del capítulo 1 y del capítulo 3 se generaron las fichas entomológicas con información general sobre la ecología y biología de cada especie, así como aspectos específicos sobre el manejo y/o prevención. Estos tienen un potencial importante para la toma de decisiones en relación al manejo de cada uno de los coleópteros.

En el atlas cibercartográfico se integraron los productos de todos los capítulos. Estos productos son mostrados a través de dos módulos. Uno de ellos muestra los puntos de presencia/ausencia de coleópteros, las fichas entomológicas asociada a cada punto de presencia y la delimitación de encinos. El segundo módulo presenta el proceso participativo y sus fases a través del cual fue generado el shapefile de puntos y diversas fotografías que representan las fases de dicho proceso. Esta integración fue posible gracias a la configuración del software Nunaliit Atlas Framework a través del cual fue posible integrar diversos formatos como vectores, imágenes y shapefiles.

RECOMENDACIONES

El conocimiento tradicional kumiai en relación a los bosques de encinos es de suma importancia para el manejo moderno de plagas. Como lo demuestra el capítulo 1, existen diversas prácticas tradicionales que pueden ser aplicadas en alguna fase del manejo integrado de plagas. Es importante tener en cuenta que el registro de dichas prácticas, se dio a través de estudios etnográficos y antropológicos y muchas de ellas no se llevan a cabo en

la actualidad. Es por ello que se considera recomendable el rescate y la revalorización de dichas prácticas en el contexto de las propias comunidades indígenas. Los ancianos de las comunidades sus historias, leyendas y mitos son algunas de las expresiones que contienen información sobre el conocimiento tradicional y algunas prácticas. Los medios expresión oral, sea en lengua kumiai o no, se consideran uno de los elementos clave para transmitir dichos conocimiento a otras generaciones. Hoy en día este medio sigue operando y siendo el principal medio de transmisión de conocimiento, sin embargo la pérdida de la lengua y la alteración de modos de vida está ocasionando que dicho conocimiento no se transmita. El registro de dichas expresiones a través de videos, audios y registro escrito puede ser útil para registrar dichas expresiones.

Además de los medios para rescatar y revalorizar dichas prácticas, es recomendable evaluar el potencial que tienen para el manejo forestal de plagas. El caso específico de la quema controlada de encinos debe ser evaluado pues en la antigüedad era utilizado para controlar plagas de encinos, sin embargo se desconoce las especies de insectos para las cuales era utilizada. Es pertinente, a través de la experimentación, evaluar el potencial de esta práctica para eliminar coleópteros barrenadores. Si bien muchos de los coleópteros encontrados en San José de la Zorra, barrenan en xilema o floema y no pudieran ser afectados por el fuego, alguno de sus estadios como huevo se encuentran sobre la corteza puede ser eliminados con fuego. La experimentación que se recomienda debe de considerar los estadios y la temporalidad de cada una de las especies.

El NDVI es frecuentemente utilizado en percepción remota de bosques. En este trabajo se evaluó su capacidad predictiva de coberturas de encino. Más allá del coeficiente de determinación, la fotointerpretación demostró la exactitud del NDVI para delimitar

encinares. Además de ser útil en la delimitación de encinos, puede ser utilizado como un buen indicador del estado de parches de vegetación de encinos. Debido a esto se recomienda el uso de NDVI como una variable importante para la modelación de la distribución potencial de coleópteros y para la construcción de mapas de riesgo de presencia. Cabe recalcar o recomendar el uso de imágenes de alta resolución para obtener resultados a mejor detalle.

Los datos generados a partir de percepción remota pueden ser corroborados o potenciados con mediciones in situ. Debido a esto se recomienda la utilización de tecnologías como un espectrofotómetro de campo que puede ayudar a establecer la firma espectral de encinos enfermos y e identificarlos mediante sensores remotos de mejor manera

Los coleópteros encontrados en San José de la Zorra son nativos, sin embargo en el escenario actual de sequía potenciado por el cambio climático están de alguna manera afectando las relaciones coleóptero-encino. Se recomienda estudiar la posibilidad de utilizar a dichos coleópteros como indicadores de escenarios cambio climático.

En relación a *Agilus auroguttatus* o GSOB, éste coleóptero no se encontró en San José de la Zorra. Se encontraron algunos encinos con signos característicos de dicha plaga, sin embargo no es pertinente asegurar que se encuentra o no. Es recomendable hacer una investigación más extensiva en los bosques de encinos para establecer o refutar la presencia de este insecto debido a que San José de la Zorra tiene potencial para su introducción. La investigación se debe realizar mediante muestreos y recolección de larvas para su identificación posterior. Debido a que a través de proceso participativos se logró la incorporación un grupo de trabajo constituido por miembros de la comunidad indígena, se

recomienda la formalización de este grupo para que ellos sean los responsables directos del monitoreo. Mediante la relación directa con la Universidad, a través de convenios de colaboración, se pueden intercambiar opiniones e ideas directrices para establecer el grupo y realizar las actividades de monitoreo.

Es recomendable replicar los monitoreos participativos en otras comunidades ya sean rurales, indígenas o urbanas a través de las perspectivas y métodos abordados en este trabajo con la finalidad de establecer la presencia de coleópteros y mortalidad de encinos para realizar actividades de prevención y manejo a corto, mediano y largo plazo.

El atlas cibercartográfico constituye una herramienta con importante potencial para el manejo comunitario de recursos naturales. Se recomienda su utilización en los contextos indígenas de la región de Baja California pues potencian la participación de la gente. Sus usos potenciales también se muestran prometedores, como el desarrollo de una aplicación para celulares para realizar monitoreos y cargar los datos generados de manera inmediata a al atlas cibercartográfico. De la misma manera se recomienda una mayor interacción de los miembros de la comunidad con el atlas, esto se puede lograr mediante el desarrollo e implementación de una pantalla táctil que permite a los integrantes de la comunidad interactuar de manera física con el atlas.

Es importante resaltar que este trabajo puede y debe servir para el desarrollo de las bases epistemológicas y metodológicas del manejo transdisciplinar de recursos naturales en contextos rurales e indígenas con un enfoque geográfico. Unas de las tareas inmediatas para llevar esto a cabo es sintetizar los aportes teóricos y técnicos de este trabajo para poder

elaborar un modelo general de diagnóstico y una guía ético-práctica para replicar lo abordado en este trabajo en otras comunidades.