

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN PLANEACIÓN
Y DESARROLLO SUSTENTABLE**



**Vulnerabilidad territorial y la expansión agrícola sustentable
El Caso de la Palma datilera (*Phoenix Dactylifera L.*)
en la Laguna Salada, México**

T E S I S

Que para obtener el grado de
Doctor en Planeación y Desarrollo Sustentable

**PRESENTA
ERIKA RUBI NEMESIO LAGUNA**

**DIRECTOR DE TESIS
DRA. ADRIANA MARGARITA ARIAS VALLEJO**

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Así mismo, declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a 14 de septiembre del 2022

A mis padres, Macaria y Jorge
por ayudarme a ser quién soy.

A mis tíos Luis y Ramona
por ser los hombros y oídos donde
reposo mis ideas, sueños y anhelos.

A mi abuelo Pedro
por enseñarme la belleza de las cosas,
el valor de la humildad y la voluntad
para continuar con esta aventura.

AGRADECIMIENTOS

Ofrezco mi total agradecimiento a: la *Universidad Autónoma de Baja California* y al *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)* por ofrecerme la oportunidad de superarme personal y profesionalmente. De igual manera, doy gracias a la Dra. Adriana Arias por dirigirme en los momentos más críticos de mi tesis; sus palabras, oídos y apoyo incondicional fueron muy valiosos para mi persona. Asimismo, estoy enteramente agradecida con el Dr. Augusto Arredondo por: aterrizar mis ideas y proporcionarme herramientas metodológicas para la consecución de los objetivos de investigación, pero sobre todo por su gran labor de dirección, aliento y comprensión durante todo el doctorado.

Igualmente, agradezco al Dr. Jorge Ramírez por estar al pendiente de mis progresos, necesidades de información y compartir conocimiento en temas tan controversiales y delicados como el agua. Al Dr. Agustín Sáñez por su compromiso hacia mi investigación y la orientación en temas estadísticos y económicos. Al Dr. Osvaldo Leyva por su apoyo incondicional en temas geoespaciales y de la sustentabilidad de los territorios.

Indudablemente agradezco a la familia Vieyra por presentarme el ecosistema de la Laguna Salada, así como por dejarme explorar de cerca el mundo del dátil.

De manera especial agradezco a la Dra. Alicia González, a la Dra. Cruz Elda Macías y Dr. Francisco Sosa por su confianza depositada en mí para desarrollar este doctorado. De la misma forma, agradezco a la MBA. Maricruz Flores por abrirme las puertas de la información local de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, así como a mis amigas, colegas economistas y compañeras del programa de Maestría y Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable: MC. Nanci Sánchez y MC. Concepción Cortés por ser mis lectoras de tesis, involucrarse en debates económicos-ambientales que me permitieron darle sentido a la investigación y, por su apoyo indudable en la parte metodológica y de resultados.

¡Muchas gracias, Amigos!

R E S U M E N

La aridez y el supuesto déficit hídrico del territorio de la Laguna Salada, así como la escasa información territorial y una posible expansión datilera; llevó a la presente investigación a realizar una evaluación de la vulnerabilidad territorial con el propósito de: determinar si se podría expandir la superficie datilera sin comprometer la sustentabilidad del territorio, estimar el grado de vulneración por expandir la superficie productiva datilera y proponer estrategias que disminuyan el grado de vulneración y eviten que el territorio promueva un desarrollo insostenible, para lo cual fue necesario desarrollar modelos matemáticos y espaciales.

En sí fue una investigación exploratoria-cuantitativa que tuvo que relacionar las teorías de vulnerabilidad y desarrollo territorial sustentable. Metodológicamente realiza una evaluación de la vulnerabilidad del territorio por bloques metodológicos con información secundaria. Combinando las herramientas y técnicas de los análisis de vulnerabilidad de las ciencias sociales y naturales. Los resultados concluyen en que es posible expandir la superficie sembrada hasta 196 hectáreas (7 hectáreas promedio por productor) pues el grado de vulnerabilidad territorial (GVT) es de -52.11. Sin embargo, al menos tres agricultores no deberían expandir su superficie productiva; los que si pueden deberán hacerlo en la zona noroeste del área de estudio, sino correrán el riesgo de vulnerar su bolsillo y degradar el ambiente.

Como la capacidad de adaptación del territorio es media-baja (2.09), el territorio es resiliente, pero está estresado. Disminuir el estrés dependerá del desarrollo de estrategias relacionadas con la administración de las granjas, el desarrollo de planes de contingencia productiva y estadísticas e información puntual, así como de la actualización, coherente y clara del marco normativo.

ÍNDICE

RESUMEN	v
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I. VULNERABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL	14
<i>I.1.- El Desarrollo Territorial Sustentable</i>	<i>15</i>
I.1.1 El Territorio y sus características	15
I.1.2 El Desarrollo Territorial Sustentable.....	20
<i>I.2.- La Teoría de la Vulnerabilidad</i>	<i>24</i>
I.2.1 Concepto de vulnerabilidad.....	24
I.2.2 Influencias teóricas	27
I.2.3 Conceptos asociados.....	36
<i>I.3.- La Vulnerabilidad Territorial.....</i>	<i>40</i>
CAPÍTULO II. EVALUACIONES DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL	42
<i>II.1.- Aspectos generales de las evaluaciones.....</i>	<i>43</i>
<i>II.2.- Dimensiones de análisis.....</i>	<i>44</i>
II.2.1 Exposición.....	46
II.2.2 Sensibilidad / Fragilidad / Vulnerabilidad	46
II.2.3 Capacidad de adaptación.....	47
<i>II.3.- Tipos de Evaluaciones</i>	<i>47</i>
<i>II.4.- Temáticas territoriales recientes</i>	<i>49</i>
II.4.1 EV más recientes por región o país.....	50
II.4.2 Aspectos sobre las EV más recientes	51
<i>II.5.- Metodologías que apoyan la EV</i>	<i>51</i>
II.5.1 Análisis de idoneidad	51
II.5.2 Diagnóstico situacional	56
II.5.3 Análisis relacionado con la producción	58
II.5.4 Análisis de la capacidad de gestión.....	61
CAPÍTULO III. ESTUDIOS RELEVANTES	62
<i>III.1.- Estudios sobre vulnerabilidad</i>	<i>63</i>
<i>III.2.- Estudios sobre palma datilera relevantes</i>	<i>64</i>
III.2.1 Los análisis de idoneidad.....	64
III.2.2 Estudios sobre factibilidad de la inversión	65
III.2.3 Factores de sustentabilidad	67
III.2.4 Estudios hidroagrícolas.....	67
<i>III.3.- Estudios sobre estimaciones de agua subterránea</i>	<i>68</i>
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	70
<i>IV.1.- La Laguna Salada: el área de estudio</i>	<i>71</i>
<i>IV.2.- Fases metodológicas</i>	<i>72</i>
IV.2.1 Fase I: De la Exposición del Territorio	73
IV.2.2 Fase II. De la Fragilidad del Territorio.....	82
IV.2.3 Fase III: De la Capacidad de Adaptación Territorial.....	88

CAPÍTULO V. RESULTADOS	92
V.1.- Fase I. La Exposición del Territorio	92
V.1.1 Análisis de oferta de agua (OAS)	92
V.1.2 Análisis de idoneidad	95
V.2.- Fase II. La Fragilidad del Territorio	103
V.2.1 El análisis de la superficie productiva (<i>SSens</i>)	103
V.2.2 Estimación de la Superficie Sustentable (<i>SSust</i>).....	114
V.2.3 Grado de Vulnerabilidad Territorial (<i>GVT</i>)	115
V.3.- Fase III. La Capacidad Adaptativa Territorial	117
V.3.1 El análisis de sensibilidad de la inversión.....	117
V.3.2 La capacidad de gestión del marco jurídico.....	118
V.3.3 La capacidad de gestión de las estadísticas e información hidro-productiva	120
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN.....	122
VI.1.- Fase I: La Exposición Territorial.....	122
VI.1.1 El análisis de oferta de agua (OA).....	122
VI.1.2 El análisis de idoneidad territorial	123
VI.2.- Fase II: La Fragilidad del Territorio	126
VI.2.1 El análisis de la superficie productiva (<i>SSens</i>)	126
VI.2.2 La estimación de la superficie sustentable (<i>SSust</i>)	130
VI.2.3 La estimación y análisis del grado de vulnerabilidad territorial (<i>GVT</i>).....	130
VI.3.- Fase III: La Capacidad Adaptativa Territorial.....	131
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	135
REFERENCIAS.....	139
ANEXOS.....	153

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Conceptos de Territorio	15
Tabla 2. Definiciones de territorio por área de estudio	16
Tabla 3. Características básicas de un territorio	17
Tabla 4. Características del desarrollo territorial socioeconómico.....	19
Tabla 5. Objetivos del Desarrollo Sustentable	21
Tabla 6. Conceptos de vulnerabilidad más relevantes (1979-2022).....	25
Tabla 7. Líneas de investigación surgidas de los estudios de riesgo y peligros	28
Tabla 8. Línea de investigación surgidas de los estudios de desarrollo socioeconómico	30
Tabla 9. Líneas de investigación pertenecientes al enfoque sistémico.....	33
Tabla 10. Evolución de los estudios de la vulnerabilidad según problemáticas existentes	35
Tabla 11. Concepciones del sistema vulnerable según grado de impacto	36
Tabla 12. Concepción de la evaluación de la vulnerabilidad según marco de estudio.....	43
Tabla 13. EV según sus características.....	48
Tabla 14. Diferencias entre las evaluaciones de vulnerabilidad según marco de vulnerabilidad.....	49
Tabla 15. Metodologías del análisis FODA extendido.....	57
Tabla 16. Comparativo de estudios que miden la vulnerabilidad de territorios agrícolas.....	63
Tabla 17. Variables usadas por análisis de idoneidad climática para el cultivo datilero.....	65
Tabla 18. Variables necesarias para evaluar la factibilidad de la expansión datilera.....	66
Tabla 19. Cartografía necesaria para la FASE I	75
Tabla 20. Pasos seguidos para procesar las imágenes satelitales	76
Tabla 21. Variables para el análisis de idoneidad.....	78
Tabla 22. Clasificación del ráster de Edafología	79
Tabla 23. Términos en los que se clasificó cada ráster.....	80
Tabla 24. Resumen de las variables e información necesaria para efectuar la Fase II.....	83
Tabla 25. Proyecciones de la oferta anual de agua subterránea en el área de estudio.....	93
Tabla 26. Relación entre diferentes variables hídricas y GWS. Periodo 1984-2018.	93
Tabla 27. Beneficiarios en los ejidos de la Laguna Salada 2022.....	105
Tabla 28. La superficie productiva de la Laguna Salada. Resumen 2010-2018.....	106
Tabla 29. Producción de dátil en la Laguna Salada por familia 2018.	106
Tabla 30. Comparativo entre el dátil y el aguacate 2019	113
Tabla 31. Beneficios socioeconómicos y socioambientales en el territorio	114
Tabla 32. Los Umbrales Superficiales según indicadores seleccionados	115
Tabla 33. Variables que explican más los cambios en GVT	116
Tabla 34. Análisis de la sensibilidad de la inversión al cambio de parámetros productivos.....	118
Tabla 35. Condiciones del marco jurídico sobre expansión datilera sustentable aplicables	119
Tabla 36. Condición de la estadística e información hidro-productiva datilera	121
Tabla 37. Evaluación de la capacidad adaptativa del territorio	121
Tabla 38. Discutiendo los beneficios sociales producidos por el cultivo en la Laguna Salada.....	129
Tabla 39. De la selección de los Umbrales Superficiales	130

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas territoriales por modelos de desarrollo	17
Figura 2. El territorio y sus capacidades en la sustentabilidad antropocentista.....	22
Figura 3. El estudio de la vulnerabilidad: Influencias teóricas.....	26
Figura 4. Relación de las líneas de investigación de la vulnerabilidad	34
Figura 5. Factor de análisis en las evaluaciones de vulnerabilidad	45
Figura 6. Área de estudio.....	71
Figura 7. Fases metodológicas de la evaluación de vulnerabilidad.....	73
Figura 8. Evolución anual de AAS en el área de estudio (1984-2020)	92
Figura 9. Oferta de Agua por regiones para 1992 y 2020	94
Figura 10. Variación de AAS (2020-1992)	95
Figura 11. Zonas idóneas para la expansión datilera según capacidad hídrica.	96
Figura 12. Zonas idóneas para la expansión datilera según suelos y topografía	97
Figura 13. Zonas idóneas para la expansión datilera según existencia de suelos inadecuados	98
Figura 14. Zonas idóneas para la expansión datilera según vegetación y uso de suelo	99
Figura 15. Zonas de idoneidad para la expansión de la superficie datilera según zonas ejidales	100
Figura 16. Zonas idóneas para la expansión datilera según beneficiarios y trabajadores	101
Figura 17. Zonas de idoneidad para la expansión de la superficie datilera según infraestructura existente	102
Figura 18. Análisis de idoneidad para la expansión de la superficie datilera en la Laguna Salada	103
Figura 19. Delimitación territorial de la Laguna Salada.....	104
Figura 20. La producción estimada de dátil e hijuelos por productor	108
Figura 21. Estructura anual de costos de los productores de la Laguna Salada. Principales costos.....	109
Figura 22. El valor del agua V_{AguaVP} y el costo de regar $CRiegoVP$ según superficie productiva datilera promedio ($SSensmedia$) y lámina de agua aplicada L	109
Figura 23. La factibilidad de la expansión datilera por indicador clave.....	110
Figura 24. La relación de la TIR con los indicadores claves.....	111
Figura 25. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) por la expansión de la superficie datilera.....	115
Figura 26. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) según predios actuales.....	116
Figura 27. Grado de Vulnerabilidad Territorial GVT según hectáreas del agricultor.....	117

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los territorios sufren de limitaciones de suelo y agua. Algunos de ellos, ya ostentan conflictos sociales y económicos por dichas limitaciones. El crecimiento poblacional, las prácticas agrícolas insostenibles, la exposición al cambio climático, las deficiencias para anticipar y adaptarse a cambios en la oferta y demanda de agua, y concesiones excesivas agudizan aún más las limitaciones; por lo que cada vez será más difícil expandir la superficie productiva.

La expansión agrícola suministra los alimentos de la población, generando empleo e ingreso en las comunidades rurales. Si llega a ser muy pequeña, no se generan tales beneficios y se compromete la capacidad productiva del territorio. Si es demasiado grande, tenderá a extraer grandes cantidades de agua por hectárea y modificar los usos de suelo, disminuyendo, de esta manera, la capacidad productiva de los territorios. En este sentido, la única manera de evitar la degradación de la capacidad productiva territorial es encontrando el tamaño recomendable de superficie sustentable.

Teóricamente, la sustentabilidad agrícola permite equilibrar las necesidades sociales, económicas y ambientales del territorio para evitar que se vulnere su capacidad productiva con el tiempo y se fortalezca su resiliencia (FAO, 2020; ONU, 2015b). No obstante, una investigación como esta jamás ha sido planteada. Desde el siglo XIX, la ciencia económica dejó de abordar la expansión agrícola; en tanto que las teorías de vulnerabilidad y sustentabilidad empiezan a converger en 2003. Aunado a ello, es hasta 2011 que la *Food and Agriculture Organization* [FAO] acepta las limitaciones de suelo y agua como condición territorial; mientras que en 2020 el *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* [PNUD] señala que es importante re-imaginar la trayectoria del desarrollo territorial sustentable: integrando a los modelos económicos, la perspectiva natural que se perdió en siglos pasados; haciendo énfasis en la capacidad del humano para modificar el rumbo.

El término vulnerabilidad aún no tiene significado, pero más de cinco disciplinas lo han retomado y han propuesto modelos conceptuales para medirla desde hace ya 80 años (Cardona, 2001). Las más recientes investigaciones sobre esta, estudian la vulnerabilidad de subsistemas territoriales al cambio climático (del agua, la ecológica, de la producción agrícola; de los medios de vida) (Boori et al., 2022;

Cai et al., 2021; Choudhary & Sirohi, 2022; He et al., 2018; INECC, 2019; Vallejo-Ilijama et al., 2021; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017; Wu et al., 2021); o bien, son investigaciones exploratorias preocupadas por el desarrollo regional (Barbier, 2015; Liddell, 2015).

Ninguna de estas abordan, ni definen la superficie sustentable; sin embargo, tanto ayer como hoy, el propósito del estudio de la vulnerabilidad es evitar que el sistema pierda sus funciones y controles (capacidad) ante perturbaciones del medio (Eakin & Luers, 2006). En este sentido, se cree que la investigación de la relación entre vulnerabilidad y desarrollo territorial sustentable permitirá construir un modelo productivo que pueda definir la superficie sustentable agrícola y, con ello, evite la amplificación excesiva de las limitantes que restringen la capacidad productiva de los territorios.

México, actualmente es el séptimo país que más agua subterránea extrae en el mundo (segundo del continente americano) (Lee, 2015), el 40% de su superficie ha incrementado sus déficits hídricos (CONAGUA, 2020b) y, en algunos territorios empiezan a emerger e intensificarse los conflictos sociales por las limitaciones de agua (FAO, 2011). Según estadísticas hidroagrícolas nacionales, el 95.8% del estatus hídrico subterráneo se explican por los incrementos de la superficie frutícola (CONAGUA, 2020b; SADER, 2019a).

Las investigaciones que relacionan la pérdida de la capacidad productiva territorial con la expansión agrícola, estudian el cultivo del aguacate en las zonas templadas del estado de Michoacán (De la Tejera Hernández et al., 2013; Ochoa Ayala, 2020). En las regiones áridas, el fenómeno no ha sido estudiado. La fragilidad hídrica del ecosistema árido *per se*, la política de reconversión productiva hacia cultivos de mayor valor y el tamaño de la superficie del cultivo son factores que podrían estar encubriendo la degradación del territorio e imposibilitando su medición. Por ende, evidenciar el grado de vulneración que adoptan los territorios, especialmente los áridos, al expandir la superficie frutícola es el reto a abordar. De esta manera, los agentes del desarrollo (productores, gobierno, academia) podrán visualizar las consecuencias de su toma de decisiones y replantear el desarrollo.

La presente investigación utiliza el caso de la expansión datilera en la zona desértica denominada Laguna Salada buscando dar respuesta a las siguientes interrogantes: **¿en qué medida expandir la superficie datilera del territorio árido de la Laguna Salada (México) compromete su capacidad para desarrollarse sustentablemente? y ¿qué acciones se deberían implementar para evitar que la expansión vulnere la capacidad productiva del territorio árido de la Laguna Salada (México)?**

Se eligió estudiar el cultivo datilero pues es endémico de la región más caliente y seca del mundo: Medio Oriente y Norte de África (MENA) (Al-Khayri et al., 2015a, 2015b). La superficie apta para producirlo son los oasis desérticos (Shabani et al., 2015). La escasez hídrica y los problemas

socioeconómicos de los MENA (principales productores mundiales (FAOSTAT, 2021)) provocan el desabasto del mercado, por lo que, a medida que se radicalizan sus problemas, existe mayor presión para expandir la superficie en el continente americano y mayor posibilidad de que el territorio mexicano disminuya su capacidad productiva.

Dado el éxito comercial del producto, los productores mexicanos en la zona de la Laguna Salada de Baja California, esperan incrementar la superficie sembrada; sin embargo, desconocen si el territorio es capaz de proveer una producción comercial constante y sustentable, sobre todo ignoran el área donde se posee la mejor aptitud para expandir la producción.

Las escasas publicaciones sobre requerimientos hídricos y el manejo del riego (Montazar et al., 2020), la falta de un manual de prácticas agrícolas regionalizadas (Nemesio Laguna, 2017), el uso de modelos económicos que administran los recursos en función del volumen demandado (SEFOA, 2016) y los múltiples beneficios sociales, económicos y ambientales que produce el cultivo en entornos de baja productividad agrícola (suelos salinos, con climas extremos de 4-46°C (Shabani et al., 2016)) (Mihi et al., 2017; OEIDRUS-BC, 2010) son algunas de sus causas; mientras que la consecuencia de la falta de conocimiento, suposiciones y/o valoraciones erróneas es la vulneración de la capacidad del territorio para desarrollarse.

En comparación con el aguacate, el cultivo: llega a necesitar 4.2 veces más m³/ha para sobrevivir¹, concentra los beneficios económicos y sociales en menor superficie y menor número de personas (4 *versus* 28 entidades federativas) (SADER, 2019). En tanto que la importancia de estudiar la vulnerabilidad del territorio árido de la Laguna Salada radica en que es probablemente el único valle agrícola datilero del continente que no ostenta escasez hídrica, solo produce dátil con un único sistema de riego: goteo (OEIDRUS-BC, 2013) y es un laboratorio natural que depende únicamente del agua subterránea para subsistir (CONAGUA, 2020a; INEGI, 2020b).

Aunado a ello, la zona de la Laguna Salada es parte de la principal zona de producción datilera en el continente (SADER, 2019a; Wright, 2016). En 2014 dicha zona presentó un déficit hídrico (CONAGUA, 2015a) y actualmente sus productores desean conocer el área de mayor aptitud para la producción.

En este contexto, la presente tesis realiza una evaluación de la vulnerabilidad con el propósito de: **estimar (espacial y matemáticamente) la magnitud en la que la expansión de la superficie sembrada con palma datilera (*Phoenix Dactylifera L.*) vulnera la capacidad del territorio árido de**

¹ Con base en los requerimientos de agua máximos datileros reportados por la FAO (2008, p. 4) y de aguacate reportados por FIRA (2014, p. 52).

la Laguna Salada (México) para desarrollarse sustentablemente, así como determinar las acciones correspondientes para evitar que la expansión de la superficie datilera vulnere la capacidad productiva del territorio de la Laguna Salada (México).

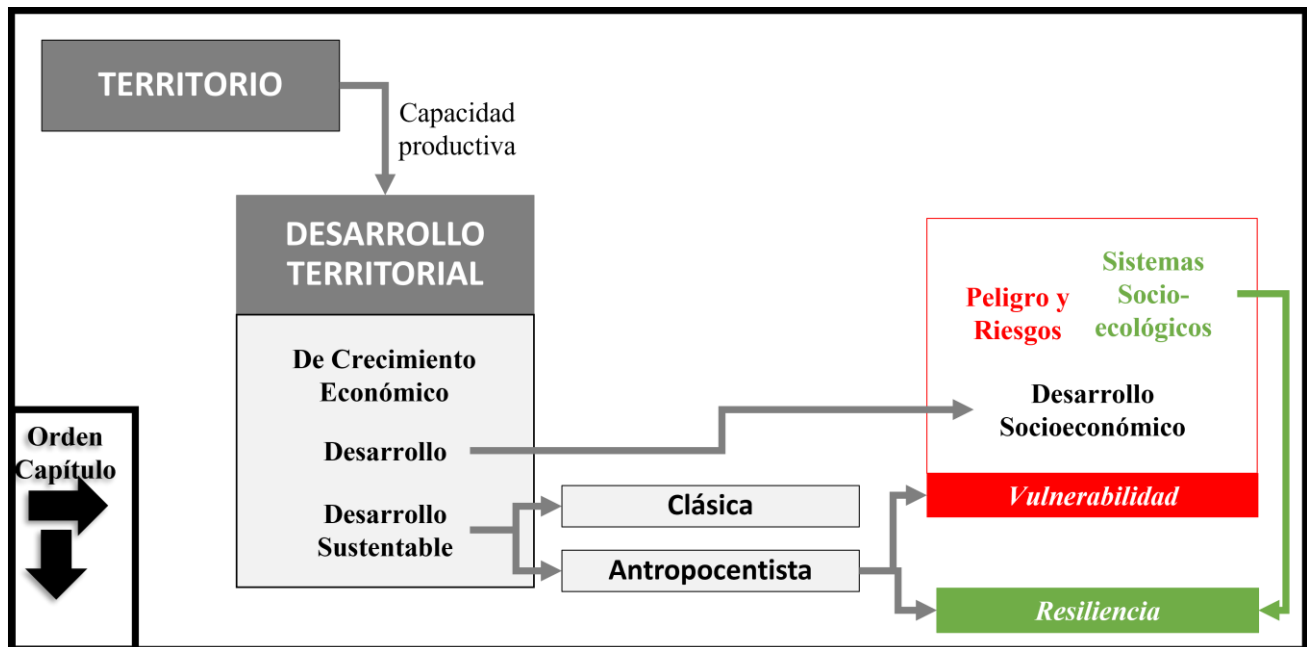
Como el acuífero de la Laguna Salada es uno de los que posee menor cantidad de información hidroagrícola (4 datos de disponibilidad hídrica y 10 datos sobre producción) (CONAGUA, 2015a, 2018, 2020a; Nemesio Laguna, 2017), metodológicamente la presente tesis es una investigación exploratoria-cuantitativa que tuvo que hacer uso de información secundaria como imágenes satelitales de la *National Aeronautics and Space Administration* [NASA] y combinar herramientas de las ciencias naturales y sociales para contestar los cuestionamientos. En este sentido, los resultados son debatibles y corregibles.

En trabajo se divide en siete capítulos. En el primero se encontrará la relación teórica conceptual de vulnerabilidad y sustentabilidad territorial. En el segundo se describirán las características de las evaluaciones de la vulnerabilidad. En el tercer capítulo se exponen los casos de estudio relevantes. En el cuarto se describe la metodología implementada. En el quinto los hallazgos. En el sexto, las discusiones de los hallazgos, y el séptimo, las conclusiones.

CAPÍTULO I.

VULNERABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL

Definir en qué medida la expansión de la superficie datilera en el territorio árido de la Laguna Salada puede vulnerar su capacidad para desarrollarse sustentablemente, necesita de relacionar dos teorías: Vulnerabilidad y Desarrollo Territorial Sustentable. Este capitulo inicia exponiendo los conceptos y antecedentes del Desarrollo Territorial Sustentable porque es el último modelo de desarrollo, el cual está sustentado en los límites de la capacidad productiva territorial y, actualmente converge con los estudios de vulnerabilidad. Posteriormente se analiza la teoría y conceptos de Vulnerabilidad. Como no existe un concepto de Vulnerabilidad Territorial se define uno con base en el análisis teórico.



I.1.- El Desarrollo Territorial Sustentable

En las teorías de desarrollo territorial se encuentran los antecedentes de la vulnerabilidad territorial; debido a ello, esta sección: hace una síntesis de los conceptos y características más importantes del territorio, y expone cómo es que se gesta el estudio de la vulnerabilidad dentro de los estudios de desarrollo territorial y cómo es que se relaciona con el concepto de capacidad productiva.

I.1.1 El Territorio y sus características

I.1.1.1 Concepto de territorio

Generalmente, el territorio se asocia con un lugar y espacio geográfico, términos que denotan un carácter inmóvil. El concepto de *relación social* de Karl Marx (1857) le asigna un aspecto más dinámico. Actualmente, también se le llega a definir como un constructo social (Pecqueur, 2001; Schejtman & Berdegué, 2004) y puede percibirse como un sistema complejo y evolutivo (Sánchez Zamora et al., 2016). Según las teorías de desarrollo, “territorio” ha pasado por al menos cuatro definiciones (ver Tabla 1).

Tabla 1. Conceptos de Territorio

Concepto	Periodo Activo	Énfasis	Sucesos Relevantes	Teorías
Barrera física para la actividad económica	1820 - 1940	Económico	Los estado-nación apenas empezaban a constituirse y la infraestructura no se encontraba bien desarrollada, o bien, fue destruida por estrategias militares	Teoría de la localización
Contenedor de la actividad económica	1950 - 1960	Económico	Es un periodo de reconstrucción y por ende se visualizaban los potenciales. En este periodo surgen conceptos como regiones económicas, polos de desarrollo, etc.	Teoría del desarrollo regional
Factor de competitividad	1970 - Actual	Económico	Los países hacían frente a una crisis económica de costos. Las empresas buscaban disminuir los costos a través de trasladar sus operaciones hacia los territorios que les ofrecieran mayores ventajas competitivas.	Teoría: del desarrollo local y la ventaja competitiva
Constructo social	1990 - Actual	Social Económica	Periodo de externalidades productivas: prolongación de la pobreza, innovación tecnológica, virtualidad de la economía, la globalización y la identidad. Esta última definición se empezó a utilizar en el área rural o en zonas marginales de las grandes urbes y consistió en una respuesta al paradigma fiscalista y económico que las tres visiones anteriores promueven.	Teoría del desarrollo local y de la Sustentabilidad

Fuente: Elaboración propia con base en Capello (2011), Hernández et al., (2015) y Schejtman & Berdegué (2004).

La Tabla 2 muestra los planteamientos más recientes sobre territorio, los cuales se dirigen hacia el estudio de sistemas integrados en un espacio-tiempo. En ella se destaca que los países de origen latino o con un sector agrario importante se enfocan en separar el territorio con base en su aspecto físico o social, mientras que los de habla inglesa empujan la investigación hacia la convergencia de enfoques.

Tabla 2. Definiciones de territorio por área de estudio

País	Autor	Concepto	Área de Estudio
Francia	Lussault (2007)	“campo de aplicación de poder” donde los individuos organizan y toman decisiones quedando establecidos sus límites político-administrativos	Geografía Humana
	Lévy & Lussault, (2003)	un recurso o capital.	
México	Caravaca Barroso & González Romero (2009)		Planeación Territorial
	Hernández Márquez et al., (2015)	una categoría geopolítica y geoeconómica, donde la categoría económica constituye la base del desarrollo.	
América Latina	CEPAL (2019)	una comunidad humana con sentido de pertenencia, simbólica y objetiva, en un espacio físico determinado y con capacidad de construcción de un futuro común.	Planificación del Desarrollo Territorial
España	Sánchez Zamora et al., (2016)	un proceso de construcción que viene determinado por las relaciones que se establecen entre los actores locales para valorizar los recursos.	Resiliencia
		un sistema complejo y evolutivo.	
Francia	Campagne & Pecqueur (2012)	un espacio político, público y privado.	Riesgos
	Pecqueur (2001)		Economía
Costa Rica	Schejtman & Berdegué (2004)	un conjunto de relaciones sociales que dan origen y a la vez expresan una identidad y un sentido de propósito compartidos por múltiples agentes públicos y privados.	
Estados Unidos*	Turner II, Kasperson et al., (2003), Turner II, Matson et al., (2003)	un sistema acoplado humano-ambiente.	Vulnerabilidad

*Origen del autor principal de la obra. Fuente: Elaboración propia.

1.1.1.2 Componentes territoriales

En este sentido, un territorio siempre es definido por cuatro aspectos / características: un espacio topográfico, sus recursos, los actores y sus relaciones, y los acuerdos institucionales que se establecen entre ellos (ver Tabla 3).

Tabla 3. Características básicas de un territorio

Característica	Descripción	Obra de Referencia
1. Espacio topográfico métrico	Es el campo de aplicación del poder. Hace referencia a los límites político administrativo, el espacio físico.	Lussault (2007) y Hernández Márquez et al., (2015)
2. Recursos	Es el elemento físico contenido en un territorio. En ocasiones se conoce como Capital o Recurso disponible.	Caravaca Barroso & González Romero (2009)
3. Actores y relaciones	Es el elemento social del territorio. Puede ser el gobierno, la sociedad civil y actores privados los cuales construyen, organizan día con día el espacio, del cual se identifican como parte de él.	Campagne & Pecqueur (2012)
4. Acuerdos institucionales	Hace referencia a estructura, configuración y dinámicas territoriales. Entre el concepto más importante es el de capacidad de acción.	Sánchez Zamora et al., (2016)

Fuente: Elaboración propia.

1.1.1.3 El desarrollo territorial

A lo largo de la historia, el territorio ha pasado por cuatro modelos de desarrollo. El primero aparece previo al nacimiento de la escuela fisiócrata de la economía en 1758, el segundo abarca las posturas clásicas y neoclásicas de la economía (1758 y 1930), el tercero inicia abarca el periodo después de la crisis financiera de 1930 y continúa hasta la crisis inflacionaria 1972; mientras que el cuarto nace en 1972 con la aparición de la obra *The Limits of Growth* (ver Figura 1). Dichos modelos hacen referencia a las capacidades de producción de un territorio.

Figura 1. Etapas territoriales por modelos de desarrollo

	(...- 1758)	(1758-1930)	(1930-1972)	(1972-...)
Modelos	CRECIMIENTO		DESARROLLO*	DESARROLLO SUSTENTABLE
Tipo de Economía	AGRARIA	INDUSTRIAL-MERCANTIL	+GLOBAL	+VIRTUAL
Base de la Producción	Orgánica	Producción (para satisfacer necesidades humanas) (+necesidades ambientales) (equilibrio dinámico)		
Definición Territorio	Barrera física para la actividad económica	Contenedor de la actividad económica	Factor de competitividad	Constructo social Sist. social-natural**
Obras Relevantes	Quesnay (1758), Turgot (1776), Smith (1776), Ricardo (1817), Von Thünen (1826), Malthus (1848), Mill (1848), Marshall (1890), Menger (1874), Walras (1871), Marshall (1890), Pigou (1920), Keynes (1930), Crisaller (1933), Coase (1937), Lösh (1939), Rosentein-Rodan (1943), CEPAL (1949), Perroux (1955), Isard (1956), Myrdal (1957), Kaldor (1957), Hirshman (1958), Romer (1986), Friedman (1956), Rostow (1961), Solow (1956), Swan (1956), Ramsey (1928), Cass (1965), Koopman (1965), Meadows et al., (1972), Romer (1986), UN (1987), Lucas (1988), Barro (1990), Krugman (1995), Wong González (2001), ONU (2015b).			

*También es conocido como desarrollo socioeconómico. **En alguna literatura puede encontrarse como sistema socio-ecológico, socio-ambiental. Fuente: Elaboración propia con base en Capello (2011), Hernández et al., (2015), MIDEPLAN (2005), Naredo (2013), ONU (2015b), PNUD (2020), Schejman & Berdegué (2004), UN (1987) y Wong González (2001).

Las dos primeras etapas se caracterizan por el desarrollo de estructuras (límites geopolíticos, infraestructura, normatividades, etc.) por lo que crecer y desarrollarse son sinónimos. El suceso que marcó la pauta para distinguir las etapas fue el desapego de la base orgánica de la producción (1758) y la migración hacia el enfoque productivo (1776-*La Riqueza de las Naciones* de Adam Smith) mercantilista (1820-postulados de la economía neoclásica) (Naredo 2013). A partir de entonces la planeación del territorio estuvo en función de satisfacer las necesidades sociales. Socialmente se pasó de una economía agraria a una economía industrial. El conjunto de teorías realizadas en esta época se les llamó “del Crecimiento Económico” (Capello, 2011; Cárdenas Gómez & Michel Nava, 2018; Enriquez Pérez, 2016).

Para 1930, los modelos, teorías, etc. ya no explicaban la realidad, es decir, el incremento en la productividad y producción no necesariamente beneficiaba a la población. Las búsquedas de los porqués llevaron al nacimiento del término “desarrollo” y a: la introducción de variables sociales en modelos económicos, la intervención del gobierno en la economía y al estudio de la demanda agregada. El economista neoclásico Alfred Marshall (1890) fue su precursor. Marshall creía que la gran finalidad de la economía era acabar con la pobreza constituyendo así la idea de una “economía del bienestar”. Su teoría fue cimentada por los trabajos de sus dos discípulos Keynes (1930) y Pigou (1920).

Dada la crisis financiera provocada por banqueros, el trabajo de Keynes (gasto público como generador de desarrollo) opacó al de Pigou (impuestos a la actividad económica en un contexto de crisis social, económica y política). Posteriormente, la ideología de Pigou (1920) fue rescatada por Paul Romer (1986), quien desarrolla el concepto de externalidades del capital² y le da paso al “conocimiento” como factor de desarrollo; en tanto que el trabajo de Keynes (1930) fue criticado por un contexto inflacionista. Milton Friedman (1956) apoyó en la reconstrucción del mundo libre de inflación (políticas restrictivas del gasto público). De esta manera, convergieron tres hipótesis diferentes: la Keynesiana y Friedmaniana y de Crecimiento Económico (Romer); y dos escalas diferentes: la macro (agregados) y la micro (empresa tecnológica cuya producción puede generar externalidades). La combinación de estas resultó en varias teorías, conceptos, modelos, indicadores y determinantes para medir y gestionar el desarrollo territorial (ver Tabla 4).

La cuarta etapa territorial inicia en 1972. En tal año, los científicos del Club de Roma presentaron un estudio prospectivo del crecimiento poblacional y otras variables (la industrialización, la contaminación, la producción de alimentos y la explotación de los recursos naturales) encontrado lo mismo que Malthus en 1798: desgaste productivo, pero a nivel planetario.

² El capital hace referencia a la actividad productiva o nuevas inversiones

Tabla 4. Características del desarrollo territorial socioeconómico

Concepto	Características del Desarrollo
Teorías del desarrollo	Teoría de la modernización, Teoría de la dependencia, Teoría de los sistemas mundiales, Teoría de la Globalización, Teorías del Desarrollo Económico Regional o Local
Conceptos generados	Subdesarrollo, región, desarrollo económico local o regional, desarrollo desigual. Se distinguió entre crecimiento y desarrollo.
Modelos	Modelos exógenos y endógenos, Modelos de crecimiento y Modelos de desarrollo, Modelos por país o región (América Latina: Exportación y Sustitución de Importaciones).
Determinantes del desarrollo	Tierra, capital y trabajo; recursos naturales y población, Tecnología e innovación; Ahorro e inversión; Comercio e inversiones internacionales; Capital humano: Conocimiento y especialización; Capital social: Considerado como el conjunto de esfuerzos entre los diferentes agentes económicos: familias, empresas, gobierno, instituciones y el exterior.
Indicadores del desarrollo	Desarrollo económico: PIB total y PIB per cápita. Desarrollo social: Índice de Desarrollo Humano Desarrollo desigual: Índice de Rezago Social, Índice Absoluto de Marginación e Índice de Gini.
Autores importantes	Marshall (1890), Pigou (1920), Keynes (1930), Crisaller (1933), Coase (1937), Lösh (1939), Rosentein-Rodan (1943), Perroux (1955), Israd (1956), Myrdal (1957), Kaldor (1957), Hirshman (1958), Romer (1986), Friedman (1956), Rostow (1961), Solow (1956), Swan (1956), Ramsey (1928), Cass (1965), Koopman (1965), Romer (1986), Lucas (1988), Barro (1990), Krugman (1995), Autores CEPALianos (Prebitsh, etc.).

Fuente: Elaboración propia con base en Cárdenas Gómez & Michel Nava (2018), Enriquez Pérez (2016) y MIDEPLAN (2005).

Al no existir estadísticas temporalmente adecuadas sobre el desgaste ambiental, el territorio siguió definiéndose como factor de competitividad y constructo social; en otras palabras, un sistema socioeconómico globalmente industrializado (tecnologización), mercantilizado (rendimiento socioeconómico) y virtualizado (compra-vendido por internet) con: un espacio topográfico definido, recursos ilimitados manejados por actores y relaciones de poder establecidos por acuerdos institucionales dentro y fuera de su superficie física (ver Figura 1 y Tabla 3).

En la virtualidad las redes toman el control de la economía, por lo que la parte física del territorio está comprometida a responder al dinamismo de las redes sociales. El alejamiento de esta filosofía deja en la marginación a la sociedad y economía de los territorios, mientras que el abordaje incrementa el riesgo de ostentar degradación ambiental. Tanto la degradación ambiental como el trabajo prospectivo hecho por el Club de Roma dieron pie a que en 1987 naciera el concepto de “desarrollo sustentable”.

A diferencia de la perspectiva tradicionalista de desarrollo, la sustentabilidad añade el factor ambiental a la ecuación de desarrollo. Como el humano tiene que sobrevivir, el desarrollo sustentable busca: satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (UN, 1987). A partir de este momento los modelos de desarrollo territorial tratan de equilibrar los aspectos económicos, sociales y ambientales del desarrollo.

No obstante, no es hasta 2011 que se reconoce tal desgaste productivo, cuando la FAO diagnostica la existencia de territorios agrícolas con: limitaciones de agua y suelo, presiones sociales y

económicas, prácticas agrícolas insostenibles e impactos del cambio climático; las cuales ponen en riesgo la existencia de sistemas productivos para satisfacer las necesidades actuales y futuras. Con todas las instituciones de las Naciones Unidas de acuerdo, en 2015 nacen los 17 *Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS)* y la *Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible*.

I.1.2 El Desarrollo Territorial Sustentable

En la búsqueda de satisfacer las necesidades de la generación presente, sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones la sustentabilidad se puede distinguir dos tipos de filosofías: la clásica y la antropocentista; ambas han quedado plasmadas en las resoluciones de las Naciones Unidas: A/42/427 y A/RES/64/292, y se deben observar como la evolución del pensamiento sustentable. Las características y perspectivas de tales visiones se describen a continuación.

I.1.2.1 Perspectivas de la sustentabilidad

La visión clásica de la sustentabilidad es de índole ambiental, cuyo concepto principal es el límite planetario. Según Nagedra (2018) esta presenta a las personas como el problema y usa una narrativa de recursos finitos del planeta y del aumento de la población para conservar los recursos naturales. Inicialmente fue apoyada por Meadows et al., (1972), UN (1987) y los investigadores del: *Stockholm Resilience Centre [SRC]*, *Stockholm Environment Institute [SEI]* y la *Tällberg Foundation*. Rockström et al., (2009), Steffen et al., (2015) y Holden et al. (2017) siguen la idea de límites planetarios. El marco básico sigue siendo definir un espacio operativo seguro para la humanidad (Holden et al., 2017).

En 2015, el cruce de cuatro de los diez límites planetarios lleva a las Naciones Unidas a abandonar esta perspectiva y proponer una sustentabilidad antropocentista. El Antropoceno es la era geológica de los humanos, en donde su desarrollo provoca los riesgos más graves e inmediatos en el planeta y, a la vez, son ellos quienes tienen la capacidad de corregirlos (PNUD, 2020). Bajo esta perspectiva, la sustentabilidad se sumerge en el mundo de los sistemas de capacidades acopladas e interrelacionadas en tiempo-espacio (Leach et al., 2018).

Las obras sobre ***resiliencia socio-ecológica*** y ***vulnerabilidad del lugar*** son su base teórica (Birkmann, 2004, 2006; Holling, 1973; Leach et al., 2018; Turner II, Kasperson, et al., 2003; Turner II, Matson, et al., 2003); mientras que los trabajos que la cimentan fueron los de Holling (1973) y Turner II, Kasperson et al., (2003). Operativamente, plantea evaluar las capacidades territoriales (PNUD, 2020). Dicha perspectiva queda plasmada bajo la *Agenda 2030 del desarrollo Sustentable*.

1.1.2.2 Resolución A/RES/64/292: La agenda 2030

Según las Naciones Unidas (2015a), la Agenda se inspira en los propósitos y principios de la Carta de las Naciones Unidas, incluido el pleno respeto del derecho internacional (párr. 10). Se fundamenta en la Declaración Universal de Derechos Humanos, los tratados internacionales de derechos humanos, la Declaración del Milenio y el Documento Final de la Cumbre Mundial 2005 (párr. 10). Se basa asimismo en otros instrumentos, como la Declaración sobre el Derecho al Desarrollo; resultados de todas las grandes conferencias y cumbres de las Naciones Unidas, que han establecido una base sólida para el desarrollo sustentable y las actividades de seguimiento de esas conferencias (párr. 11). En sí establece 17 objetivos y 169 metas para que haya un mundo seguro, resilientes y sostenibles. En varios de estos objetivos se trabajan las situaciones y condiciones de vulnerabilidad de las poblaciones y ecosistemas. En la Tabla 5 se resumen los objetivos.

Tabla 5. Objetivos del Desarrollo Sustentable

ODS01	Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
ODS02	Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
ODS03	Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
ODS04	Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
ODS05	Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
ODS06	Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
ODS07	Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
ODS08	Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
ODS09	Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
ODS10	Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
ODS11	Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
ODS12	Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
ODS13	Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*.
ODS15	Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad.
ODS17	Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

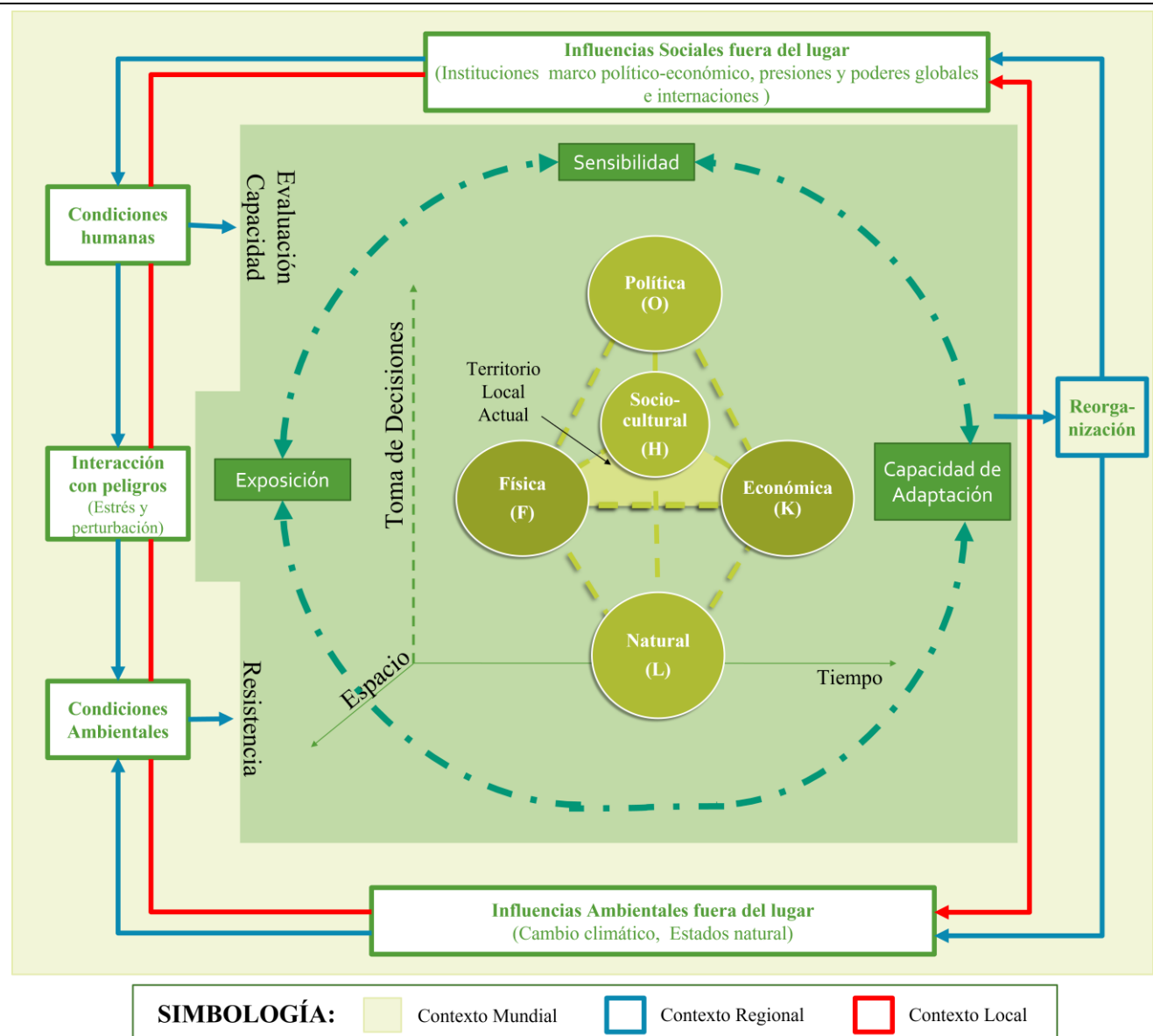
Fuente: ONU (2015b).

1.1.2.3 El territorio sustentable antropocentista

La visión antropocentista de la sustentabilidad concibe al territorio como: un sistema de capacidades acopladas e interrelacionadas en un tiempo-espacio, el cual generalmente toma decisiones deficientes que generan desequilibrios sociales; y que puede tomar nuevas decisiones sobre sus capacidades para

evitar que los desequilibrios se acumulen y afecten al planeta (Leach et al., 2018; PNUD, 2020). Esta visión territorial queda plasmada en la Figura 2.

Figura 2. El territorio y sus capacidades en la sustentabilidad antropocentrista



Fuente: Elaboración propia con base en Agarwal et al., (2002), Caravaca Barroso & González Romero (2009), DFID (1999), Leach et al., (2018), PNUD (2020), Takam Tiamgne et al., (2021).

Con base en la Figura 2, la toma de decisiones puede ser influenciada por las antiguas (reorganización), el contexto social-ambiental a escalas territoriales superiores y la escasez de información sobre: el balance de las capacidades disponibles, la capacidad de adaptación, la estructura y sensibilidad del territorio mismo. Cuando son inefectivas, los riesgos y amenazas (perturbaciones) aumentan y el inventario de capacidades disminuye; lo que se traduce en mayor probabilidad de generar

desequilibrios planetarios. Siendo que el humano es el que toma las decisiones, este será la principal fuente de cambio del sistema (Nagendra, 2018).

1.1.2.4 Las capacidades territoriales

El dinamismo de las decisiones hace que la sustentabilidad antropocentista esté más interesado en la gestión y conservación de la capacidad que en sí misma; de hecho, las Naciones Unidas definen a la capacidad como: “una combinación específica de todas las fortalezas y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización, como por ejemplo los recursos renovables y no renovables, la infraestructura, los conocimientos y habilidades humanas, las instituciones, los atributos colectivos y relaciones sociales, el liderazgo y gestión” (UNDRR, 2020).

Según la Figura 2, el paradigma antropocentista de la sustentabilidad conserva las capacidades productivas descubiertas por los modelos de desarrollo y la visión clásica de la sustentabilidad: naturales, económicos (recursos financieros, maquinaria, equipo, infraestructura productiva), socioculturales, tecnológicos e intelectuales, políticos; y añade la capacidad de adaptación. Con base en Leach et al., (2018), los científicos de la sustentabilidad las estudian con el propósito de que el territorio pueda absorber o adaptarse a los choques y factores estresantes, o bien, para encontrar aquellas que puedan transformar o reconfigurar el sistema en una nueva zona deseable. En este sentido, las dos formas que tiene el desarrollo sustentable para evaluar las capacidades es a través de una perspectiva resiliente o vulnerable del territorio.

A grandes rasgos, la resiliencia se ocupa de la magnitud de la perturbación que puede ser absorbida o amortiguada sin que el sistema experimente cambios fundamentales en sus características funcionales, y se caracteriza por la capacidad de un sistema para adaptarse, aprender y autoorganizarse. La adaptabilidad, la transformación, los cambios de régimen, los puntos de inflexión, los umbrales y la no linealidad son dimensiones subyacentes de la resiliencia (Sánchez Zamora et al., 2016). El resultado de su evaluación es proponer acciones que restauren la capacidad perdida en un sistema, o mejoren su funcionamiento para permitir una mayor variedad de opciones seguras y aceptables de uso de recursos (Brugère & De Young, 2015).

En contraparte, la vulnerabilidad estudia la capacidad desde la indisponibilidad o limitación de acceso a las mismas (Chambers & Conway, 1992; Wisner, 2016; Wisner et al., 2012); en otras palabras, su evaluación se referirá a la incapacidad del sistema o elemento de resistir o absorber el impacto de un suceso que caracteriza una amenaza (Cardona, 2001). La exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación son conceptos subyacentes en la investigación sobre vulnerabilidad.

Con base en Sánchez Zamora et al., (2016), los territorios agrícolas tienden a analizar la resiliencia. De hecho, el ODS 2.4.1 define a la superficie agrícola sustentable como aquella que implementa

“... prácticas resilientes que conducen a: aumentar la productividad y la producción, mantener los ecosistemas, fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático y otros desastres (fenómenos meteorológicos extremos, sequías, inundaciones, etc.), y mejorar progresivamente la calidad de la tierra y el agua” (FAO, 2020).

No obstante, ¿cómo transformar un territorio sin saber a qué se es vulnerable? Según Turner II, Kaspersen et al., (2003) primero se debe analizar la vulnerabilidad del lugar para después hablar de resiliencia. La siguiente sección se sumerge en el mundo de la vulnerabilidad.

I.2.- La Teoría de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad tiene ochenta años estudiando la incapacidad de resistir los efectos de un entorno hostil y la sensibilidad del uso de la tierra al fenómeno de las amenazas (Cardona, 2001; Luers et al., 2003; Paul, 2014). La geografía y las ciencias de la conducta fueron las primeras disciplinas que la estudiaron (Cardona, 2001; Luers et al., 2003). Hoy en día interactúa con múltiples ciencias tan divergentes entre sí (ej.: física, ecología, geografía, economía, antropología, psicología, etc.) bajo temáticas de gestión de riesgos y peligros, medios de vida (capacidades), sistemas socio-ecológicos, adaptación al cambio climático, resiliencia y sustentabilidad. El planteamiento reciente se relaciona con la evaluación de las capacidades. Debido a ello, esta segunda sección se adentra en el mundo de la vulnerabilidad con el propósito determinar el concepto de Vulnerabilidad Territorial y observar la relación con sustentabilidad y superficie productiva.

I.2.1 Concepto de vulnerabilidad

Etimológicamente, vulnerabilidad proviene de *vulnerāre* que es el verbo “herir” y de *bilis* que hace referencia a un adjetivo “-ble”, por lo que es una cualidad que tiene un elemento de ser herido o recibir un daño físico o moral (RAE, 2020). Sin embargo, las connotaciones de herido, herida, daño le otorgaron matices a través del tiempo. Dichos matices se encuentran relacionados con: ¿quién sufre la lesión? ¿por qué se sufre la lesión tal elemento? ¿cómo es que se produce la herida? ¿cuándo se dice que el elemento está herido o sufrirá de una lesión? ¿dónde se produjo la lesión?, etc. La Tabla 6 expone las concepciones más importantes durante los últimos cuarenta años. Su importancia reside en ser pioneros en el estudio de vulnerabilidad según su disciplina o temática de estudio.

Tabla 6. Conceptos de vulnerabilidad más relevantes (1979-2022)

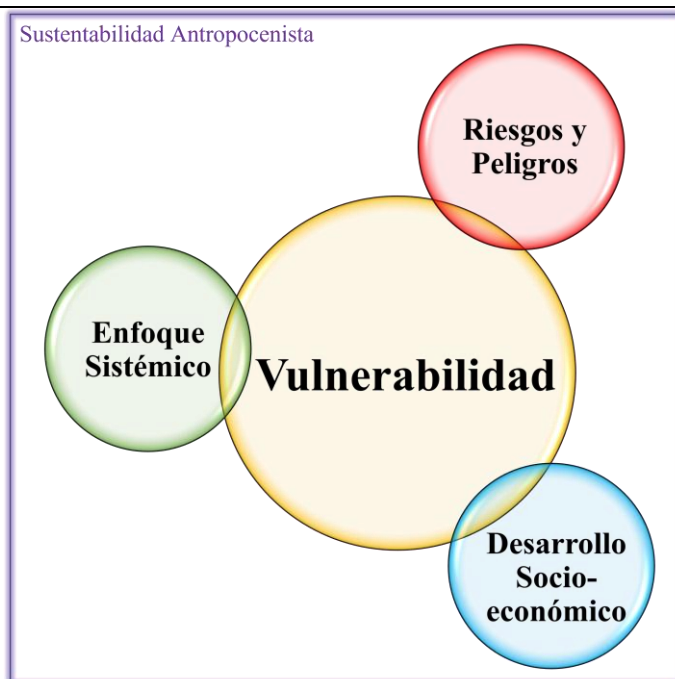
Autor (Año)	Concepto
UNDRO (1979)	Grado de pérdida de un determinado elemento o conjunto de elementos en riesgo como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de determinada magnitud.
Susman et al., (1983)	Grado en que las diferentes clases de la sociedad están en riesgo diferencial, tanto en términos de probabilidad de ocurrencia de un evento físico extremo como en el grado en que la comunidad absorbe los efectos de los eventos físicos extremos y ayuda a las diferentes clases a recuperarse.
Chambers (1989)	...la exposición a contingencias y estrés, y la dificultad para afrontarlos. Por lo tanto, la vulnerabilidad tiene dos lados: un lado externo de riesgos, choques y tensiones a los que está sujeto un individuo o un hogar; y un lado interno que es la indefensión, es decir, la falta de medios para hacer frente sin perjuicio de la pérdida.
Downing (1992)	Tiene tres connotaciones: se refiere a una consecuencia (ej., hambruna) más que a una causa (ej., son vulnerables al hambre); es un término relativo que diferencia entre grupos socioeconómicos o regiones, y más que una medida absoluta de privación.
Cannon (1994)	Es una medida del grado y tipo de exposición al riesgo generado por diferentes sociedades en relación con los peligros
Watts & Bohle (1993), Bohle (2001), Bohle et al., (1994)	Resultado de la interacción entre la exposición a factores de estrés externos, la capacidad de afrontamiento del sistema y potencial de recuperación y/o control de daños.
Wilches - Chau (1993)	Interacción de factores y características que se interconectan que incapacitan a una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio.
Blaikie et al., (1994) * y Wisner et al., (2003).	Características de una persona o grupo en términos de su capacidad para anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural.
Cutter (1996)	Probabilidad de que un individuo o grupo se vea expuesto a un peligro y se vea afectado negativamente por él. Es la interacción de los peligros del lugar (riesgo y mitigación) con el perfil social de las comunidades.
Davidson (1997)	Es un componente de la evaluación del riesgo.
DFID (1999)	Medida agregada del bienestar humano que integra la exposición ambiental, social, económica y política.
Cardona (1999, 2003)	Se vincula con los procesos sociales que se desarrollan en la urbanidad y ruralidad. Suele estar relacionado con la fragilidad, susceptibilidad o falta de resiliencia de aquellos elementos expuestos a diferentes tipos de amenazas. También representa la falta o déficit de desarrollo.
Crichton (1999)	Medida del daño causado por un fenómeno natural en términos de costos.
DFID (1999)	Resulta de cuando un medio de vida (capacidades, activos y actividades necesarias para satisfacer las necesidades humanas) es insostenible ante la exposición a tensiones y choques. Es decir, cuando los medios de vida han sido expuestos a tensiones y choques y no pueden hacerles frente, ni mantenerse o mejorar su condición (tanto ahora como en el futuro) sin socavar la base de recursos naturales.
Villagrán de León (2001, 2004)	Factores que hacen propensa a la sociedad a sufrir graves daños durante un desastre natural (ej., estructuras sociales deficientes y, medidas y actividades que se deben realizar durante el fenómeno para reducir la pérdida de vidas humanas y de propiedad en este intervalo de tiempo).
<i>Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC, 2001, 2007].</i>	Grado en que un sistema es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluidos la variabilidad climática y los extremos. [También] es una función del carácter, la magnitud y la velocidad del cambio climático y la variación a la que está expuesto un sistema, la sensibilidad y la capacidad de adaptación de ese sistema.
Luers et al., (2003) y Luers (2005)	Grado en que los sistemas humanos y ambientales pueden sufrir daños debido a una perturbación o estrés.
Bollin et al., (2003)	Factores que representan la susceptibilidad a una amenaza, agrupándola en vulnerabilidades físicas, económicas, sociales y ambientales.
Turner II, Kasperson et al., (2003)	Función de exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación, manifestada dentro de las interacciones de los sistemas sociales y ecológicos.
Bogardi & Birkmann (2004)**	Categorías de pérdida y oportunidad en el sistema social y económico ante un peligro natural

UNISDR (2004, 2005)	Las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de las amenazas.
Birkmann (2006)	Es un proceso dinámico de retroalimentación que se centra en los elementos expuestos y susceptibles y las capacidades de afrontamiento a sufrir daños y lesiones debido a un evento peligroso. El cual contribuirá a desarrollarse sustentablemente.
Wisner et al., (2012)	La susceptibilidad al daño y el proceso que mantiene esa susceptibilidad al daño.
IPCC (2012, 2014)	Potencial de pérdida o una predisposición para verse afectada negativamente.
Tschakert et al., (2013)	Equilibrio injusto de prosperidad y daño generado por patrones complejos y transversales (ej. de desigualdad, marginación, pobreza y dinámicas socio-ecológicas restrictivas), mismos que pueden abrir puertas para un cambio transformador.
Bera et al., (2019)	Problema de optimización multiobjetivo en donde los elementos pueden no estar relacionados y ser externos a la estructura, pero aún deben ser considerados para la evaluación de la vulnerabilidad general.
UNDRR (2020)	Las condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de un individuo, una comunidad, activos o sistemas a los impactos de los peligros.

Citado en: *Wisner et al., (2003), **Birkmann (2006). Fuente: Elaboración propia.

Desde los años setenta del siglo XX a la actualidad, se identifican tres interpretaciones: exposición a peligros (estudios sobre riesgos y peligros), susceptibilidad / capacidad de afrontar peligros (estudios de desarrollo), y la integral o global (enfoque sistémico). Cada una de ellas está relacionada con las problemáticas e influencias teóricas de la época. Todas actualmente coexisten, interfieren en el tipo de evaluación a realizar y auxilian en la metodología a implementar, por lo que más que interpretaciones tienden a ser etapas de vulnerabilidad (ver Figura 3). A continuación, se explica cada una por influencia teórica del estudio.

Figura 3. El estudio de la vulnerabilidad: Influencias teóricas.



Fuente: Elaboración propia con base en Bera *et al.*, (2019); Birkmann (2006, 2013); Blaikie *et al.*, (1994, citado en Wisner *et al.*, 2003); Bogardi & Birkmann (2004, citado en Birkmann, 2006); Bohle (2001); Bohle *et al.*, (1994); Bollin *et al.*, (2003); Cannon (1994); Cardona (1999, 2001, 2003) & Barbat (2000, citado en Birkmann, 2006); Carreño *et al.*, (2004, 2006); Chambers (1983, 1989); Chambers & Conway (1992); Crichton (1999); Cutter (1996); Davidson (1997); Downing (1992); DFID (1999); FAO (2011, 2013b, 2015); Hayati, (2017); IPCC (2001, 2007, 2012, 2014); La RED (2015); Liverman (1990a, 1990b, 1999); Luers (2005); Luers *et al.*, (2003), ONU (2015b); Susman *et al.*, (1983); Tschakert *et al.*, (2013); Turner II, Kaspersen *et al.*, (2003); Turner II, Matson *et al.*, (2003); UNDRO (1979); UNDRR (2020); UNISDR (2004, 2005, 2015); Villagrán de León (2001,2004); Watts & Bohle (1993); Wilches-Chaux (1993); Wisner *et al.*, (2003); Wisner *et al.*, (2012).

I.2.2 Influencias teóricas

I.2.2.1 La vulnerabilidad y los estudios de riesgos y peligros

En los estudios de riesgos y peligros, la vulnerabilidad es un componente (Davidson, 1997). Esta línea de pensamiento está dominada por investigadores de la ciencia natural que observaron a los desastres naturales (fenómenos naturales) como una amenaza. Consecuentemente, su cosmovisión se encuentra asociada con la exposición de estructuras, población y economía a peligros (Bollin *et al.*, 2003), la probabilidad de que sucedan (riesgo) (UNISDR, 2004) y de que se ostente la capacidad de afrontarlos (Cardona, 2001).

En los años 70's, Burton (1978, citado en Susman *et al.*, 1983) y Hewitt (1983) critican el paradigma naturista de los desastres. Según Susman *et al.*, (1984), estos autores: 1) destacan la necesidad de observar el desastre como una extensión de la vida cotidiana, 2) desarrollan la noción de amenaza potencial (peligro), y 3) acentúan el desastre como una función del evento físico en sí y del estado de la sociedad humana. Su interpretación al menos generó cuatro corrientes:

- ✓ la tradicional (1980-2003), la denominamos así porque todas las investigaciones siguen sus postulados,
- ✓ la de reducción del riesgo a desastres (después de 1999) enfocada en la gestión de riesgos,
- ✓ la social-marginalista (1984-1991) centrada en las características de los lugares vulnerables y las divergencias existentes, y
- ✓ la del lugar (1996) que es la antesala de los estudios sobre territorios.

Estos dos últimos énfasis han sido retomados en años recientes por teóricos de la vulnerabilidad sistémica (ej. Bera *et al.*, 2019; Turner II, Kasperson *et al.*, 2003; Luers *et al.*, 2003; Luers 2005 y Tschakert *et al.*, 2013). La Tabla 7 agrupa los aportes que cada corriente según investigaciones más relevantes. La relevancia de los estudios obedece a marcos teóricos conceptuales desarrollados y obras cuyas características han sido retomadas por los investigadores actuales.

En tal contexto, la vulnerabilidad se determina por “factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad de una comunidad al impacto de los peligros” (UNDRR, 2020). Por ende, las conceptualizaciones de vulnerabilidad hacen referencia a: factores (Bollin *et al.*, 2003; UNISDR, 2004, 2005; UNDRR, 2020; Villagrán de León, 2001, 2004), pérdidas (UNDRO, 1979; Villagrán de León, 2001, 2004; Bogardi & Birkmann, 2004), daños (Crichton, 1999; Cutter, 1996), peligros (Crichton, 1999; Cutter, 1996; UNDRR, 2020), probabilidad (Cutter, 1996), componentes del riesgo (Davidson, 1997), diferenciales (Downing, 1992; Dow & Downing

(1995, citado en Paul, 2014) y procesos (Cardona, 1999; Cardona & Barbat, 2000; Birkmann, 2006). En menor medida al término “capacidad” (Cardona, 2001).

Tabla 7. Líneas de investigación surgidas de los estudios de riesgo y peligros

Corriente	Autores	Características / aportes
Tradicional	Wilches - Chaux (1993)	Dimensiones de la vulnerabilidad.
	Davidson (1997) y Bollin et al., (2003)	El riesgo es la suma de peligros, vulnerabilidades y capacidad de afrontamiento.
	Villagrán de León (2001) y Crichton (1999)	Las deficiencias de preparación, la vulnerabilidad y la exposición son elementos que conforman el riesgo (generalmente se multiplican).
Reducción de riesgos a desastres	<i>La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina</i> (La RED, 1992-2020)	Sus investigaciones tienen por objetivo estimular y fortalecer el estudio social de la problemática del riesgo y definir, a partir de ello, nuevas formas de intervención y de gestión en el campo de la mitigación de riesgo y prevención.
	Cardona (1999, 2001) & Barbat (2000) y Carreño et al., (2006)	Proponen el marco holístico, el cual señala las causas o factores de la vulnerabilidad como la exposición, susceptibilidad y capacidades de respuesta de la sociedad. Por ende, se centra en el ciclo de retroalimentación que subraya que la vulnerabilidad es dinámica y es el principal impulsor y determinante del riesgo actual o futuro.
	UNISDR (2004, 2005, 2015), UNDRR (2020), FAO (2011, 2013b, 2015) y IPCC (2001, 2007, 2012, 2014)	Institucional. Tienden a incluir explícitamente nociones de sustentabilidad. En el ámbito de la agricultura, es retomado por la FAO para definir un “sistema en riesgo” y las características de las zonas vulnerables. La temática de Cambio Climático, la institución que lo aborda y general su propio marco es el IPCC.
	Bogardi & Birkmann (2004)**	Modelo <i>Onion</i> . Clasifica el riesgo en función de categorías de pérdidas y oportunidades y señala que la vulnerabilidad es cuando el sistema pierde la capacidad social de interrelacionarse.
	Birkmann (2006, 2013)	Modelo BBC (incluye autores y supuestos del marco holístico y <i>Onion</i>). La vulnerabilidad es integral. Un peligro puede afectar múltiples escalas y dimensiones en un mismo sitio. Los peligros actuales pueden generar nuevos peligros o potencializar los riesgos. Muchos de estos agentes no están relacionados con la amenaza, pero actúan sobre la estructura para aumentar o disminuir la vulnerabilidad. Por lo tanto, los agentes pueden no estar relacionados y ser externos a la estructura, pero aún deben ser considerados para la evaluación de la vulnerabilidad general.
Social-Marginalista	Susman et al., (1984)	Riesgo diferencial por clase social. Características que hacen diferentes a las personas vulnerables de las no vulnerables.
	Downing (1992) y Dow & Downing (1995)***	Aspectos relacionados con la pobreza y el cambio climático. Susceptibilidad diferencial de las circunstancias que contribuyen a la vulnerabilidad.
Social-Marginalista	Blaikie et al., (1994)*; Wisner et al., (2003), Wisner et al., (2012)	Plantea el Modelo Presión – Liberación donde expone las causas de la progresión de la vulnerabilidad y las que intensifican el riesgo a desastres: causas raíz, presiones dinámicas y fragilidad de los medios de vida y locaciones inseguras.
Del Lugar	Liverman (1990a, 1990b, 1999)	Abogó por la vulnerabilidad en el espacio geográfico (donde se ubican las personas y lugares vulnerables) y social (quién en ese lugar es vulnerable). Se enfoca en temas como la sequía y el territorio agrícola. Estudia la vulnerabilidad del territorio sonorense y poblano de México.
	Cutter (1996)	Peligros del lugar es un marco conceptual que hace referencia a los factores que generan impactos negativos en una localidad específica.

* Citado por Wisner et al., (2003), **Citado por Birkmann (2006, 2013), ***Citado por Paul (2014). Fuente: Elaboración propia.

1.2.2.2 La vulnerabilidad y el desarrollo socioeconómico

A diferencia de los estudios de riesgos, los estudios sobre desarrollo socioeconómico y vulnerabilidad señalan que esta última es un estado o una condición de ser (Eakin & Luers, 2006) que se construye cada día. La disponibilidad de activos (recursos, capitales) necesarios para vivir, el limitado acceso a estos, la incapacidad de la sociedad para anticipar y resistir a los desastres, el bajo control que los individuos pueden ejercer sobre las opciones y oportunidades, así como los patrones históricos de dominación social y marginación contribuyen a su construcción y debilitan el desarrollo (Chambers & Conway, 1992; Eakin & Luers, 2006; Wisner, 2016).

Dos son las corrientes con las que se aborda la vulnerabilidad: la “neo-marxista” y la de los senista (corriente derivada de los estudios de Amartya Sen). Ambas son temporalmente paralelas a los estudios de riesgos, solo que estas se enfocan en encontrar y exponer las causas socioeconómicas y políticas que hacen vulnerables a las personas o sociedad en particular. Suponen que el daño será mayor si el sistema social no es lo suficientemente fuerte para resistir y afrontar la amenaza. Encuentran que los conflictos del poder son la causa de la vulnerabilidad de las sociedades, elementos o sistemas (marginación social, pobreza, hambruna, degradación ambiental, alteraciones climáticas).

En la corriente *neo-marxista* el concepto poder está ligado al concepto de “dominación”, patrones históricos, políticas, discriminación, derechos, tenencia de la tierra, capitalismo neoliberal y globalización. Son estudios realizados por geógrafos, economistas políticos y ecologistas políticos que abogan por una consideración más equilibrada de las dinámicas biofísicas y sociales, con atención explícita a la representación de esas dinámicas en la política y la toma de decisiones (ver Cannon, 1994; Downing, 1992; Dow & Downing, 1994; Eakin & Luers, 2006; Liverman, 1990a, 1990b, 1999; Susman et al., 1983; Turner II, Kasperson et al., 2003; Wisner et al., 2003).

En la corriente *senista* (la menos estudiada) “poder” hace referencia a términos como: “capacidad”, “medio de vida sostenibles”, oportunidad y fuerzas. A diferencia de la neo-marxista, se centra en el fomento de las capacidades pues, según Sen (2000), son estas las que le ayudan a recuperarse de su privación y alcanzar la libertad (desarrollo). También incluye tópicos de sustentabilidad para evitar que su fomento conduzca a la degradación ambiental y la que posee métodos para cuantificar las capacidades (ver Chambers & Conway, 1992; Wisner et al., 2012).

La Tabla 8 agrupa las investigaciones más importantes de cada corriente y expone sus características principales.

Tabla 8. Línea de investigación surgidas de los estudios de desarrollo socioeconómico

Corriente	Autor	Características / aportes
Neo-marxista	Susman et al., (1984)	Ver corriente “social-marginalista” y “del lugar” en la Tabla 7.
	Liverman (1990a, 1990b, 1999)	
	Downing (1992) y Dow & Downing (1995)	
	Blaikie et al., (1994)*; Wisner et al., (2003), Wisner et al., (2012)	
	Eakin & Luers (2006)	
	Cannon (1994)	Aborda la vulnerabilidad del territorio agrícola en Sonora, México a causa del neoliberalismo, globalización y cambio climático.
		Modelo de los cinco componentes y determinantes de la vulnerabilidad: Fortaleza y resiliencia de los medios de subsistencia, Bienestar y estado de referencia, Protección personal, Protección social, Gobernanza
Senista	Chambers (1983, 1989)	Introduce el término “capacidad” como medio de vida.
	Chambers & Conway, (1992)	Introduce el término de medio de vida sostenible en función de capacidad, equidad intergeneracional y sustentabilidad.
	DFID (1999)	Asocia el modelo de los medios de vida sostenibles con la metodología de proyectos de inversión para medir el grado de vulnerabilidad.
	Wisner et al., (2012)	Señalan que la vulnerabilidad no es el inverso de la capacidad pues las personas marginadas y vulnerables, no dejan de poseer capacidades por ostentar esa condición, mismas que se les han privado. Define las capacidades y los medios de vida como sinónimos. Plantea las capacidades como un círculo de marginación política, espacial, económica, ecológica.

*Citado en Wisner et al., (2003). Fuente: Elaboración propia.

En tal contexto, la vulnerabilidad hace referencia al grado de susceptibilidad / sensibilidad / fragilidad del sistema o elemento expuesto a una amenaza o peligro (Cardona, 2001; Paul, 2014). El nivel de vulnerabilidad dependerá del nivel de privación y libertad que ostente la sociedad para disponer o acceder a las capacidades. Por ende, sus conceptualizaciones girarán en torno a: diferenciales o marginación (Cannon, 1994; Downing, 1992; Dow & Downing, 1994; Liverman, 1990a, 1990b, 1999; Susman et al., 1983; Wisner et al., 2003) y capacidad o medio de vida (Bohle, 2001; Bohle et al., 1994; Chambers, 1989; Chambers & Conway, 1992; DFID, 1999; Watts & Bohle, 1994; Wisner et al., 2003; Wisner et al., 2012); y tenderán a señalar la triada de la vulnerabilidad: exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación; la cual será retomada por los estudios sistémicos de la vulnerabilidad.

1.2.2.3 La vulnerabilidad y el enfoque sistémico

A finales del siglo XX, la globalización permitió el acercamiento de las ciencias y el acceso a tal conocimiento a muchas más personas y muchos más lugares. También aceleró la comprensión de fenómenos naturales (ej. cambio climático) y sociales (ej. neoliberalismo), pero sobre todo la generación de nuevos conocimientos y nuevas tecnologías (ej. satélites espaciales especiales). Entre los conceptos nuevos se encontró el de “vulnerabilidad global / holística / integral” que no es otra cosa que el conjunto

de vulnerabilidades de diferentes dimensiones (ej. física, social, económica, ambiental, etc.) (Cardona, 1999; Wilches-Chaux, 1993).

Dicha conceptualización fue el antecedente para caracterizar la vulnerabilidad como un sistema particular (del lugar), dinámico (cambio), dual (biofísico y social, social-ambiental, con fuerzas internas y externas), multidimensional y multiescalar (impactos en la esfera internacional, nacional, multinacional, estatal, regional, municipal, o local) (Birkmann, 2006, 2013; Turner II, Kasperson et al., 2003). Las obras relacionadas con el cambio climático y sustentabilidad fueron las que aterrizaron esta cosmovisión (Birkmann, 2006, 2013; Bohle, 2001; Bohle et al., 1994; IPCC, 2001, 2007, 2012, 2014; Luers, 2005; Luers et al., 2003; Turner II, Kasperson, et al., 2003; Turner II, Matson, et al., 2003; Watts & Bohle, 1993).

Los primeros marcos conceptuales los realizaron: Watts & Bohle (1994), Bohle et al., (1994) y Bohle (2001). Estos autores señalan que la vulnerabilidad es un análisis de fuerzas internas y externas sobre la exposición, capacidades y potencialidades de la sociedad frente al daño; sin embargo, no fue hasta 2003 que el equipo de trabajo del ecólogo Turner II define la vulnerabilidad como “una función de exposición, sensibilidad y resiliencia”. A partir de este año, los investigadores harán referencia a esta triada. La aceptación puede deberse a que les permite matematizar el concepto y los conceptos en sí son inclusivos de las perspectivas de riesgos y desarrollo. A pesar de ello, la triada no se han aclarado del todo (Choudhary & Sirohi, 2022).

Por ejemplo, el término “resiliencia” es utilizado generalmente por los ecólogos como sinónimo de vulnerabilidad o como sustituto de capacidad de adaptación (Janssen et al., 2006; Paul, 2014; Turner II, Kasperson, et al., 2003). Otras denominan capacidad de adaptación a la capacidad de afrontamiento (Birkmann, 2006) o capacidad de restauración (Cai et al., 2021); en tanto que en la matematización se poseen conflictos para saber que incluye sensibilidad y qué capacidad de adaptación (Choudhary & Sirohi, 2022).

Otro efecto que generó la obra de Turner II, Kasperson et al., (2003) tiende a homologar términos sustituyendo, eliminando e incluyendo algunos. La amenaza o peligro y capacidades, medios de vida u oportunidades fueron sustituidas por: perturbación, estrés, shocks, fuerzas internas y externas. El término “capacidad” tiende a desaparecer, pues es absorbido por “resiliencia” o “capacidad de adaptación”. Contraria a esta situación, la palabra “umbral” aparece. El umbral hace referencia al enfoque de sustentabilidad y ayuda a la cuantificación de esta. Otros términos que aparecen son capacidad de: adaptación, afrontamiento, adaptación, restauración, respuesta, recuperación y anticipación; los cuales

están relacionadas con los estudios de cambio climático y con la noción de resiliencia / capacidad de adaptación que utilice el autor.

Por otra parte, la “capacidad de adaptación/resiliencia” y la “vulnerabilidad del lugar” fueron los aspectos en los que la perspectiva hizo mayor énfasis. En consonancia con tal énfasis, Luers et al., (2003) introduce el concepto de “superficie de vulnerabilidad” para analizar la vulnerabilidad de los productores en el valle agrícola árido de Sonora, México; mientras que la FAO (2011) utiliza el término “sistemas en riesgo” para hacer referencia a un estudio de vulnerabilidad en el ámbito de la agricultura y alimentación.

El énfasis en la “vulnerabilidad del lugar” así como en la “capacidad de adaptación” se cree que está relacionado con que: 1) Turner II, Kasperson et al., (2003) indirectamente señala que es en lo local donde se manifiestan todas las escalas y dimensiones de la vulnerabilidad, 2) lo impredecible que se vuelve el clima, 3) la velocidad con la que cambia la sociedad entre los siglos XX y XXI, y 4) con la irrelevancia del desarrollo sustentable en aquella época.

Cabe destacar que es hasta 2005 que se institucionaliza el estudio de la vulnerabilidad cuando la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres, “Marco de Acción de Hyogo 2005-2015” señalaba la importancia de evaluar la vulnerabilidad de territorios, personas, grupos, etc., para promover una cultura de resiliencia y así reducir la vulnerabilidad intrínseca y los riesgos a los peligros (UNISDR, 2005). Los marcos conceptuales-metodológica posteriores a la obra Turner II, Kasperson et al., (2003) solo retoman aspectos de su cosmovisión y la amplifican. Estos se encuentran incluidos en la Tabla 9 al igual que obras importantes.

En este sentido, el enfoque sistémico de la vulnerabilidad está dirigido por estudios sistémicos socio-ecológicos donde:

- la vulnerabilidad posee múltiples perturbaciones que interactúan y factores estresantes / tensiones y la secuencia de estos;
- la exposición de un lugar va más allá de la presencia de una perturbación y un factor de estrés / estrés, incluida la forma en que el sistema acoplado experimenta peligros;
- el lugar es un sistema acoplado sensible a la exposición de perturbaciones;
- el sistema posee capacidades para hacer frente o responder (resiliencia), incluidas las consecuencias y los riesgos concomitantes de una recuperación lenta (o deficiente); así como escalas anidadas y dinámica escalar de peligros, sistemas acoplados y sus respuestas;
- el sistema se puede reestructurar después de las respuestas tomadas (es decir, ajustes o adaptaciones).

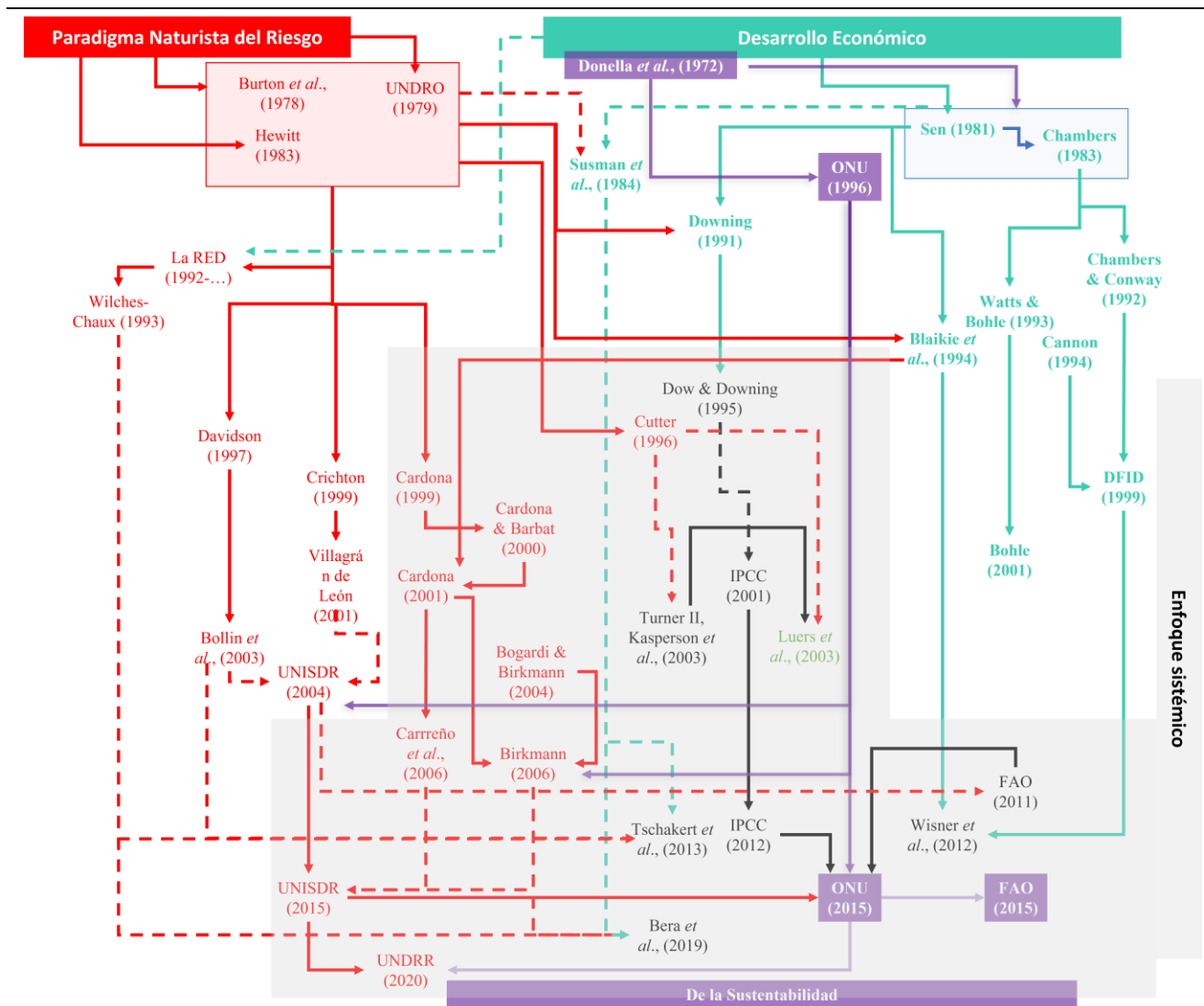
Tabla 9. Líneas de investigación pertenecientes al enfoque sistémico.

Marco	Autor	Características / aportes
Reducción de riesgos	Bogardi & Birkmann (2004) Birkmann (2006) UNISDR (2004, 2005, 2015), UNDRR (2020), FAO (2011, 2013b, 2015) y IPCC (2012, 2014)	Ver corriente “reducción de riesgos a desastres” en la Tabla 7.
Evaluación de la vulnerabilidad	Luers et al., (2003) y Luers (2005)	Proponen el concepto de superficie de vulnerabilidad que es una evaluación de variables de interés (ej. rendimiento agrícola) a los factores de estrés identificados (ej. el cambio climático, fluctuaciones de mercado), o bien, una función del estado de las variables de interés en relación con: un umbral de daño, la sensibilidad de las variables a los factores de estrés, y la magnitud y frecuencia de los factores estresantes a los que está expuesto el sistema. Además de un marco para evaluar la medida en que la capacidad de adaptación puede reducir las condiciones vulnerables. Ilustrándolo en el Valle del Yaqui, México.
Evaluación de la vulnerabilidad	Tschakert et al., (2013) Bera et al., (2019)	Mencionan que las ciencias naturales no abordan la parte de inequidad y marginalización, específicamente en la temática de cambio climático, lo que genera la radicalización de estos males. Proponen la herramienta conceptual-metodológica denominada: <i>Inequality and Transformation Analyses</i> (ITAs) para solución, la cual constituye un enfoque metodológico anclado en cuatro bloques de construcción distintos pero conectados por: desigualdades estructurales, aprendizaje anticipatorio, espacio de solución, y cambio transformador. Hace énfasis en el poder que tienen los agentes del desarrollo para evitar la acumulación de vulnerabilidades y transformar el sistema hacia la prosperidad. Retoman a Birkmann (2006) y señalan que existe una relación difusa a lo largo de cada dimensión de vulnerabilidad donde los atributos pueden estar relacionados/no relacionados o ser internos/externos a la dimensión de vulnerabilidad. Por ende, la vulnerabilidad plantea un problema de agregación multiobjetivo. Propone un nuevo marco para evaluar la vulnerabilidad multidimensional de un conjunto de distritos en un marco multiobjetivo.

Fuente: Elaboración propia.

Actualmente, su estudio apoya en la transición a la sustentabilidad priorizando recursos limitados y diseñando políticas, estrategias y marcos de acción para fortalecer la resiliencia (Birkmann, 2013, Luers et al., 2003). La Figura 4 expone la relación entre las diferentes líneas de investigación sobre la vulnerabilidad.

Figura 4. Relación de las líneas de investigación de la vulnerabilidad



Nota. Línea punteada relación indirecta. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 presenta una versión sintetizada de las influencias, marcos disciplinas intervinientes, obras aquí expuestas por décadas

Tabla 10. Evolución de los estudios de la vulnerabilidad según problemáticas existentes

Año	Problemáticas Existentes	Disciplinas de Estudio	Sistema de Origen	Marcos Generados	Obras que Configuran el Marco	Concepto / Característica Generados
1940 a 1969	Inundaciones, Huracanes, Ciclones, Terremotos	Geografía Física, Psicología, Ecología humana, Hidrología, Ingeniería	BIOFÍSICO	Desastres Peligros y Riesgos	[ver Burton (1978)*; Hewitt (1983); Cardona (2001); Wisner (2016)]	Amenaza, Peligro, Desastre
1970's	Corrupción, Gobernanza deficiente, Acceso social a recursos sesgado, Falta de inversión en infraestructura y servicios, Ingeniería deficiente. Problemas con Raza, Genero, Pobreza, Incapacidad, Etnicidad	Economía Política	SOCIAL		Burton (1978)*, UNDRO (1979); Hewitt (1983);	Peligro, Desastre Riesgo,
1980's		Desarrollo Social			Sen (1981), Chambers (1983, 1989), Susman et al., (1984)**, UN (1987).	Capacidad / Incapacidad
1990's	Todas las anteriores	Ciencias Ambientales, Sociología, Antropología, Economía Desarrollo social		Presión-Liberación; Medios de Vida Sostenibles; Doble estructura	Liverman (1990a, 1990b, 1999). Wilches-Chaux (1993). Davidson (1997). Cutter (1996). Crichton (1999). Cardona (1999). Blaikie et al., (1994)*. Chambers & Conway (1992), Downing (1992), Cannon (1994), Dow & Downing (1995), DFID (1999). Watts & Bohle (1993), Bohle (2001; 1994); Bohle et al., (1994);	Dimensiones, Riesgos múltiples y capacidades de afrontar y recuperarse. Medios de Vida Sostenibles, Perturbación, Fuerzas Exógenas y Endógenas
2000's	Todas las anteriores más: Cambio Climático, Gestión de sistemas socio-ecológicos, Resiliencia, Capacidad de Adaptación, Sustentabilidad, Globalización, Pandemias.	Multi disciplina	SOCIO-NATURAL	Doble estructura. Holístico. <i>Onion</i> . BBC. Peligros y riesgos. Reducción de riesgo a desastres. Sistemas Acoplados; Cambio climático	Bohle (2001). Cardona (2001, 2003) & Barbat (2000), Carreño et al., (2004, 2006). Bogardi & Birkmann (2004). Birkmann, (2006). Villagrán de León (2001, 2004). UNISDR (2004, 2005). Turner II, Kaspersen et al., (2003). IPCC (2001, 2007). Eakin & Luers (2006); Luers et al., (2003), Wisner et al., (2003); Luers (2005).	Umbral. Sistema socio-ecológico; Resiliencia y Capacidad de Adaptación; Sustentabilidad; Superficie de Vulnerabilidad; Vulnerabilidad del lugar
2010's				Gestión de riesgos	IPCC (2014); UNISDR (2015b); FAO (2011, 2013a); Wisner et al., (2012).	Sistemas en riesgo
2020's				Multidimensional	Tschakert et al., (2013); Wisner et al., (2016); Bera et al., (2019); UNDRR (2020) FAO (2011, 2013b, 2015); ONU (2015b); Hayati, (2017);	Sustentabilidad y Resiliencia. Agentes

*Citado por Adger (2000, 2006) y Hewitt (1983). Fuente: Elaboración propia.

I.2.3 Conceptos asociados

I.2.3.1 Sistema vulnerable

Estar expuesto a una amenaza es la condición por la cual un sistema puede ser vulnerable. No importa que la amenaza haya sucedido, está sucediendo o en un futuro no muy lejano sucederá; lo relevante radica en el impacto, daño y cambio de estructura y funcionalidad que sufrirá el sistema. Los científicos aún no se ponen de acuerdo en la definición, pero utilizan diversos términos asociados con la vulnerabilidad del sistema, tales como resiliencia y riesgo. La Tabla 11 muestra la asociación entre ambos.

Tabla 11. Concepciones del sistema vulnerable según grado de impacto

Término Usado	Empleo Terminología	Profundidad De Afectación	Conceptos Usados
Impacto	Cuando hay una situación no deseada, la cual puede inducir a daños sino se corrige	En un sistema, por ejemplo, el natural.	Sistemas resilientes, pero en riesgo
Daño	Hace referencia a cuando se acumulan los impactos. Tal término, generalmente es un ambiente negativo	En dos o más sistemas. Por lo general llega a tocar el sistema natural y económico o las afectaciones llegan interferir con el sistema social.	Sistemas resilientes, pero en riesgo
Cambio	Cuando se necesita medir el cambio profundo del sistema resultado de un daño o una política resiliente	Cuando las afectaciones cubren gran parte del sistema (sistema natural, económico y social), sistemas principales o hasta que interfieren con la cohesión social del territorio.	Sistema en riesgo o vulnerable

Fuente: Elaboración propia con base en Bogardi & Birkmann (2004); Birkmann (2013), Choudhary & Sirohi (2022) y FAO (2011), IPCC (2014), Russo (2020) y Woolcock, (1998).

Con base en Vera Rodríguez & Albarracín Calderón (2017), el nivel de vulnerabilidad es determinado, por factores asociados al modelo de desarrollo, la disponibilidad y fragilidad de los medios de subsistencia, la sobrepoblación, la cultura, la organización social, la percepción social frente a los riesgos, la capacidad institucional, el equilibrio ambiental, la capacidad de prevención, respuesta o recuperación, entre otros aspectos.

En agricultura, la FAO (2011) define al sistema en riesgo como “sistemas de producción en los que los recursos de tierra y agua que sustentan la producción agrícola están limitados hasta el punto en que su capacidad para satisfacer las necesidades actuales y futuras se ve seriamente comprometida. Las limitaciones pueden verse exacerbadas por prácticas agrícolas insostenibles, presiones sociales y económicas y el impacto del cambio climático”.

El IPCC (2012, 2014), la vulnerabilidad no es siempre una propiedad negativa ya que es posible hablar de vulnerabilidad positiva en los casos en que el cambio conduce a una transformación

beneficiosa, como la emergencia de un grupo social dado de la pobreza crónica o el colapso de un régimen opresivo.

Las obras de Birkmann (2013) y Turner II, Kasperson et al., (2003), Bera et al., (2019) señalan que la característica principal de la vulnerabilidad es la multiescalar y multidimensional, por lo que se puede ser vulnerable en un subsistema y no serlo a nivel general. En tanto que Turner II, Kasperson et al., (2003), Choudhary & Sirohi (2022) y Russo (2020) mencionan o ejemplifican a la vulnerabilidad como antónimo de la resiliencia.

1.2.3.2 Amenaza

Según Cardona (2001), en la década de los 40's la amenaza se concebía como la posible ocurrencia de fenómenos intensos y nocivos; en la década de los 80's, las ciencias aplicadas la definieron como las propiedades físicas del sistema que podía sufrir el daño por la acción de un fenómeno externo o de que pudiera ocurrir un fallo o siniestro en el sistema debido a la tecnología inherente del mismo; mientras que, en los años 2000, el marco holístico la definió como: la probabilidad de que se presente un suceso con una intensidad mayor o igual a i durante un período de exposición t . Actualmente, es el objeto de estudio de los estudios de vulnerabilidad. Según Vera Rodríguez & Albarracín Calderón (2017), la amenaza hace referencia a:

los procesos externos e internos a un sistema, de origen natural, antrópico o socio-natural, que interactúan con este y que tienen el potencial de inducir una transformación significativa en él, ya sea de manera lenta o súbita. En este sentido, se refiere a la condición física con el potencial de causar consecuencias no deseables o daños sobre la población, los ecosistemas de que se valen o sus medios de vida (p. 111).

1.2.3.3 Peligro, Perturbación y estrés

“Peligro” es un evento físico, fenómeno o actividad humana potencialmente dañino que puede causar la muerte o lesiones, daños a la propiedad, trastornos sociales y económicos o degradación ambiental (UNISDR, 2004, p. 16). Según Turner II, Kasperson et al., (2003), existen dos tipos de peligros que pueden estar presentes en un mismo tiempo y espacio los discretos (perturbaciones) y los continuos (estrés o estresor). Con base en Birkmann (2013):

- las perturbaciones son picos importantes en la presión más allá del rango normal de variabilidad en el que opera el sistema originado más allá del sistema o ubicación en cuestión;
- estrés es una presión continua o que aumenta lentamente (por ejemplo, la degradación del suelo), comúnmente dentro del rango de variabilidad normal y dentro del sistema.

La forma en la que se da origen a una perturbación y estrés recae en el intercambio constante de materia, energía e información del sistema con su entorno externo (Birkmann, 2013). Wisner et al., (2003) señalan que existen estructuras que pudieran generar más ruido (la perturbación) amplificando el estrés y produciendo condiciones de incertidumbre que desgastan la capacidad del sistema. En 2012, Wisner en conjunto con Gaillard y Kelman las resumen en:

- **Causas Raíz:** Estructura social y económica (distribución del poder, riqueza y recursos), Ideologías radicales (nacionalismo, militarismo, neoliberalismo, consumismo) e Historia y cultura (herencias coloniales y post- coloniales, fragilidad durante guerra y post guerra, tradiciones y religiones).
- **Presiones dinámicas:** Deficiencias sociales (la falta de instituciones locales, formación y conocimiento científico, inversiones locales, mercados locales, libertad de prensa, estándares éticos de la vida pública) y Macro fuerzas (rápido cambio de población y desplazamiento, urbanización rápida, fluctuaciones del mercado económico mundial, conflicto armado en curso, programas de pago de la deuda del gobierno, mal gobierno y corrupción, acaparamiento de tierras, minería, deforestación, disminución de la productividad del suelo, disminución de la biodiversidad)
- **Medios de vida frágiles e inseguros:** Recursos naturales (falta de tierra cultivable y agua, falta de recursos de biodiversidad), Recursos físicos (ubicaciones peligrosas, edificios e infraestructura sin protección), Recursos humanos (Salud frágil, habilidades y educación limitada y formal), Recursos sociales (Grupos e individuos marginados, limitadas redes sociales), Recursos económicos (poco acceso al mercado, bajo nivel de ingreso, limitado acceso al crédito formal) y Recursos políticos (Carecer de preparación para desastres, baja protección social).

Según tales autores, la suma de las causas raíz, presiones dinámicas y medios de vida dan origen a riesgos los cuales intensifican la magnitud de los *Peligros*. Otros adjetivos utilizados en los marcos de la vulnerabilidad para denominar a la perturbación y estrés son: fuerzas, esferas, tensiones, condiciones; a las cuales se le añade el calificativo de externo e interno, exógeno o endógenas (Füssel, 2007; Luers et al., 2003; Luers, 2005; Bohle, 2001).

1.2.3.4 Riesgo

En comparación con los términos “peligro” y “vulnerabilidad”, el término “riesgo” puede describirse como el producto de una interacción entre peligro y vulnerabilidad (Villagrán de León, 2001; Wisner et

al., 2003). Con base en Villagrán de León (Villagrán de León, 2001), la vulnerabilidad sería las condiciones preexistentes que hacen que la infraestructura, los procesos, los servicios y la productividad (estructuras sociales) sean más propensos a verse afectados por un peligro externo (eventos físicos).

En este sentido, el riesgo pudiera ser interpretado como la expresión matemática de la vulnerabilidad; de hecho, en la investigación del riesgo su término abarca: la probabilidad y la magnitud de las consecuencias perjudiciales o las pérdidas esperadas que pueden resultar de las interacciones entre los peligros naturales o inducidos por el hombre y las condiciones vulnerables (Davidson, 1997; UNISDR, 2004; IPCC, 2014; Villagrán de León, 2001). Desde esta perspectiva, las evaluaciones de vulnerabilidad basadas en el enfoque de riesgos solo se estarían enfocando en resultados y no necesariamente en explicar cómo se llegó a este. De esta manera, Birkmann (2013) señala que sería difícil de medir los eventos raros o los nuevos riesgos.

1.2.3.5 Umbral

La definición más elemental de “umbral” hace referencia a un parámetro normativo que sirve como punto de comparación a partir del cual hay un cambio significativo entre dos condiciones (Ruiz Rivera, 2012). En los estudios de vulnerabilidad, los umbrales determinan las condiciones que se encuentran por encima o por debajo del cual se dice que el sistema está “dañado” (Luers, 2005), es decir, identifica cuándo el elemento o sistema es vulnerable o cuándo se es susceptible a que le ocurran ciertas pérdidas normativamente definidas. En este sentido, todos los estudios de vulnerabilidad utilizan el umbral para medir la vulnerabilidad futura y evaluar el grado de riesgo que deben evitar a través de la adaptación; sin embargo, no todos ellos lo definen, por lo que el umbral no pasa a ser un elemento indispensable del estudio mas no un factor de análisis central.

Eakin & Luers (2006) señalan que se han empezado a utilizar con más frecuencia desde los años 90's del siglo pasado. Birkmann (2013) y Ruiz Rivera (2012) mencionan que, actualmente el desafío es encontrar medidas apropiadas de umbrales para los sistemas. El IPCC (2014) y Ruiz Rivera (2012) destacan la inclusión de derechos formales, normas legales y técnicas, estudios comparados e información sobre estándares generalizables en esa sociedad; no obstante, Luers et al., (2003) y Luers (2005) mencionan que se debería evaluar la vulnerabilidad con base en las variables significativas (que capten el “cambio”, “impacto” o “daño”) y a conjuntos específicos de factores de estrés; la razón principal de ello es que la metodología más utilizada (indicadores proxy) conlleva a una falta de correspondencia entre la definición conceptual de vulnerabilidad y las métricas.

1.2.3.6 Capacidad

En los estudios de vulnerabilidad, la capacidad será entendida como: la combinación de todas las fortalezas, atributos y recursos disponibles dentro de una organización, comunidad o sociedad para gestionar y reducir los riesgos de desastres y fortalecer la resiliencia (UNDRR, 2020). La falta de capacidad será sinónimo de vulnerabilidad (IPCC, 2012). Aumentar la capacidad significa reducir la vulnerabilidad (IPCC, 2012). La privación de las capacidades será un síntoma de vulnerabilidad Wisner et al. (2013).

1.2.3.6.1 Capacidad de adaptación, de afrontamiento y Resiliencia

Teóricamente existen diferencias entre “capacidad de adaptación” y “adaptación”, “capacidad de afrontamiento” y “resiliencia”. Con base en Birkmann (2013) y Luers et al., (2003) el término de “adaptación” hace referencia a las medidas tomadas anteriormente para reducir la vulnerabilidad las cuales ya fueron procesadas por el sistema y se manifiestan como la sensibilidad de este; mientras que la “capacidad de adaptación” es el potencial existente para seguir reduciendo vulnerabilidades.

En cuanto a la diferencia con “capacidad de afrontamiento”, Birkmann (2013) señala que en los artículos científicos y documentos de políticas fusionan los conceptos pero que la capacidad de afrontamiento depende de la disponibilidad de recursos y la capacidad de utilizar estos recursos para hacer frente a las amenazas y los choques, o bien, hace referencia a la capacidad de reaccionar y reducir los efectos adversos de los peligros experimentados. En este sentido, la capacidad de adaptación es una investigación *ex ante*, mientras que la capacidad de afrontamiento es una investigación *ex post*.

Si se consideran en separar o diferenciar la capacidad de adaptación de la capacidad de afrontamiento, se está haciendo énfasis en el concepto resiliencia. Según el IPCC (2012), los estudios sobre resiliencia enfatizan: un retorno a un status quo previo o algún otro nivel marginalmente aceptable, las medidas de como “sobrevivir”, el proceso que conduce a la mejora continua de las condiciones, como “rebotar hacia adelante” y / o eventualmente “prosperar”. Por tanto, la vulnerabilidad y resiliencia estarían dentro del mismo espectro de la problemática solo que en polos opuestos.

1.3.- La Vulnerabilidad Territorial

En resumen, la vulnerabilidad territorial hace referencia a cuando un territorio es incapaz de hacerle frente a una amenaza. El desgaste productivo del territorio es el síntoma que indica el inicio de la vulnerabilidad. Cuando en el territorio halla desunión social (se agraven los conflictos sociales) será cuando el territorio esté vulnerado completamente. Aplicar una evaluación de la vulnerabilidad

dependerá de si el territorio agrícola presenta: limitaciones de agua y suelo, presiones sociales y económicas, prácticas agrícolas insostenibles e impactos del cambio climático. Dado que en el antropoceno todo territorio presenta limitantes productivas, la evaluación de la vulnerabilidad territorial se convierte en un estudio de los incrementos del desgaste productivo. Siendo el objetivo de la Resiliencia y Vulnerabilidad evitar una mayor degradación y así alcanzar un desarrollo que resguarde las capacidades futuras y satisfaga las actuales, los conceptos llegan a confundirse. No obstante, poseen visiones diferentes (Resiliencia = capacidad y Vulnerabilidad = incapacidad) así como su énfasis es diferente (Vulnerabilidad = a ¿quién (o qué) es vulnerable a qué? y resiliencia = ¿cuánto se tiene transformar para mantenerse estable?).

CAPÍTULO II.

EVALUACIONES DE VULNERABILIDAD TERRITORIAL

Dado que no existe el concepto de vulnerabilidad territorial y el que se desarrolló en el capitulado anterior hace referencia a la vulnerabilidad de los territorios en un marco de sustentabilidad antropocentista, este capitulado tiene por objeto exponer las características de las Evaluaciones de Vulnerabilidad (EV) que conlleven a definir en qué medida la expansión de la superficie datilera en el territorio árido de la Laguna Salada puede vulnerar su capacidad para desarrollarse sustentablemente. Debido a ello, se expondrán las características de las EV (qué es, qué se mide, cuándo se mide, qué temática abordan, etc.).

II.1.- Aspectos generales de las evaluaciones

Según los marcos de vulnerabilidad, una Evaluación de la Vulnerabilidad (EV) puede ser una herramienta, estudio o función que analiza y mide los elementos (decisiones, objetivos, sistemas de producción) y atributos (nivel de presión y riesgo, capacidades y oportunidad existentes, exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación y afrontamiento, etc.) de un sistema con el propósito de evitar y/o superar la pérdida e intensidad de los mismos (sus capacidades) frente a situaciones de riesgo o desastre como lo pueden ser las generadas por: el cambio climático, las decisiones tomadas por los agentes del desarrollo y el sistema de producción agrícola (ver Tabla 12).

Tabla 12. Concepción de la evaluación de la vulnerabilidad según marco de estudio

Marco	Concepción
Riesgos y Peligros	Herramienta de análisis para una evaluación de riesgos efectiva; o estudio que mide la capacidad de un sistema o elemento de capacidad de un elemento o sistema de resistir o absorber el impacto de un suceso que caracteriza una amenaza (Cardona, 2001).
Presión-Liberación	Estudia la vulnerabilidad como proceso que aumenta de la presión y sus oportunidades.
Medios de Vida Sostenibles	Herramienta importante para reducir la magnitud y la frecuencia de algunos peligros naturales.
Holístico	Estudio sistémico de las vulnerabilidades específicas, capacidad de afrontamiento y posibles herramientas; las cuales se retroalimentan entre sí.
BBC	Sistema de control y actuación para implementar estrategias que mitiguen el grado de vulnerabilidad.
Doble Estructura	Un estudio de la interacción entre la exposición a factores de estrés externos y la capacidad de afrontamiento del sistema
Reducción de riesgo a desastres	Herramienta previa para una evaluación de riesgos efectiva.
Sistemas Acoplados	Función de exposición, sensibilidad, capacidad de adaptación de daños (manifestada dentro de las interacciones de los sistemas sociales y ecológicos) a una perturbación o estrés
<i>Onion</i>	Análisis de oportunidades y capacidades de un sistema por grado de impacto (pérdida) de un desastre. Si el impacto llega a trastocar las capacidades sociales (confianza) se habla de vulnerabilidad.
Gestión de riesgos	Estudio que mide el potencial de pérdida, propensión o predisposición a verse afectada negativamente. Se enfoca en el Cambio Climático (IPCC, 2014), responsables de la toma de decisiones (UNISDR, 2015) y sistemas agrícolas en riesgo (FAO 2011).
Multidimensional	Herramienta que ayuda a resolver un problema de optimización multiobjetivo (ej., Wilches-Chaux, 1992; Bera et al., 2019), en donde los elementos pueden no estar relacionados y ser externos a la estructura, pero aún deben ser considerados para la evaluación de la vulnerabilidad general (Bera et al., 2019).

Fuente: Elaboración propia con base en Bera et al., (2019), Birkmann (2006), Bohle (2001), Bollin et al., (2003), Cardona (2001), Davidson (1997), DFID (1999), FAO (2011), IPCC (2014), Turner II, Kasperson et al., (2003), UNISDR (2015a, 2015b), Villagrán de León (2004), Wilches-Chaux (1992) y Wisner et al., (2004).

Con base en Brugère & De Young (2015), las EV se pueden utilizar para propósitos diferentes: la mejora de la planificación de la adaptación (diseño de políticas e intervenciones), la sensibilización sobre los riesgos y oportunidades, la comprensión de cómo el sector y sus economías y comunidades dependientes no pueden hacer frente (o aprovechar) los cambios existentes y proyectados, la salud y el bienestar humano y del ecosistema.

Turner II, Kasperson et al., (2003), sugieren realizar una EV cuando se busca: 1) identificar las estructuras causales sospechosas que afectan la vulnerabilidad, 2) probar los vínculos de causa y efecto a través de los cuales operan; 3) desarrollar métricas y medidas apropiadas para evaluaciones, modelos y pruebas locales; 4) desarrollar estructuras institucionales para vincular los análisis de vulnerabilidad con la toma de decisiones, centrándose en la prominencia, credibilidad y legitimidad de la información producida. Los mismos autores citan otras situaciones en las que se eleva el grado de utilidad de la EV:

- cuando se busca aumentar la participación de las partes interesadas para evitar las consecuencias de la amenaza;
- cuando se busca perfilar la vulnerabilidad diferencial entre subsistemas y componentes, pues rara vez son igualmente vulnerables, sin importar cómo pueda estar limitado el sistema;
- cuando se es consciente de los elementos estocásticos y no lineales que operan en y dentro del sistema, dando lugar a resultados inesperados o sorprendidos; o
- cuando las instituciones operan como factores estresantes o como una estructura que afecta la sensibilidad y la capacidad de recuperación del sistema.

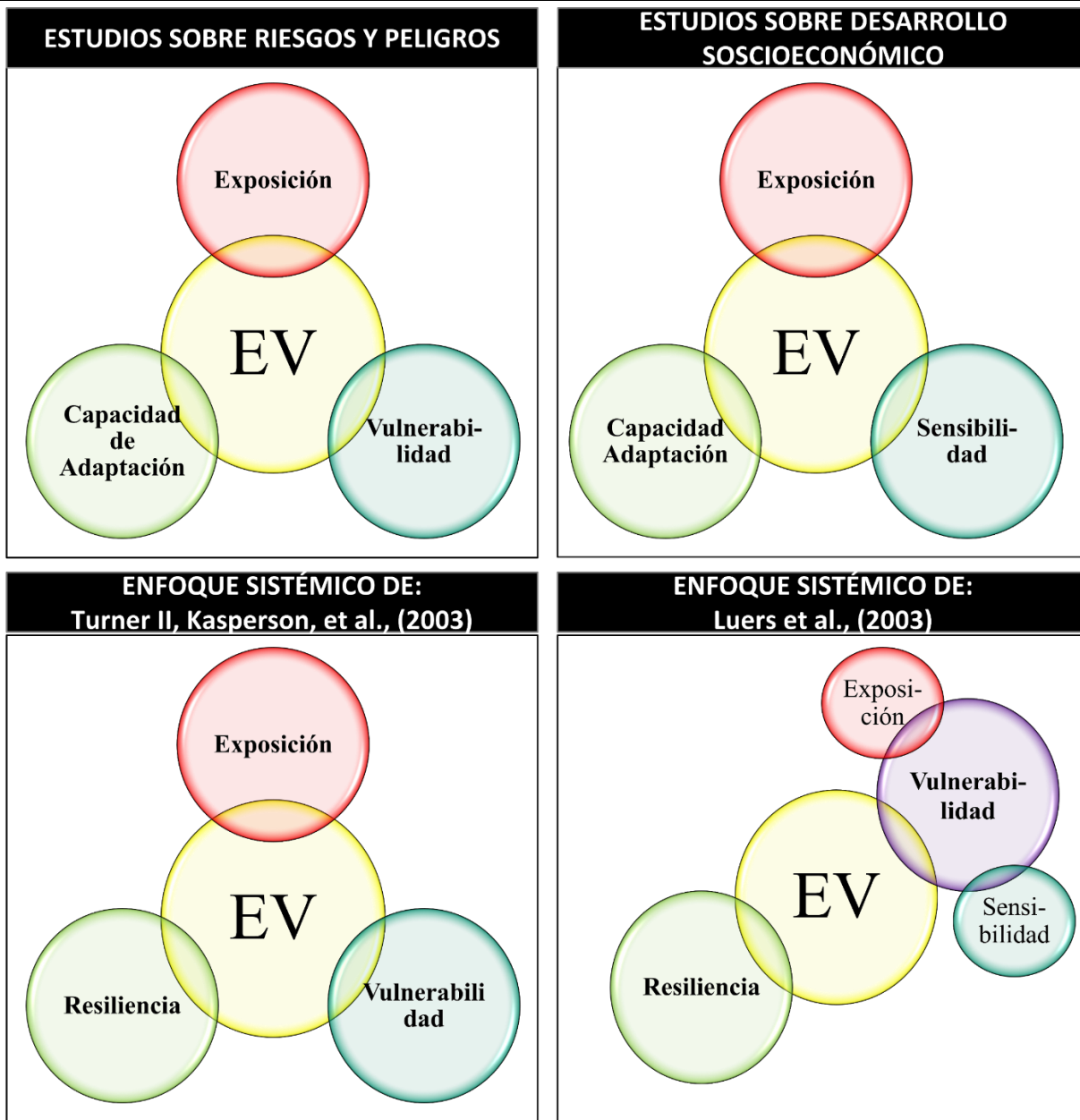
Según Brugère & De Young (2015) lo que se puede evaluar es la vulnerabilidad: de las personas a diferentes escalas (ej. individuos, grupos sociales, hogares, comunidades, provincias, naciones, regiones), de diferentes actividades humanas, de lugares específicos (ej. cuencas, costas bajas, mares cerrados, deltas, sistemas de surgencia) y a factores estresantes / peligros particulares (es decir, desastres naturales, cambio ambiental global o cambio en general); aunque la investigación de Russo (2020) y Eakin & Luers (2006) señalan que también puede medir el sistemas en riesgo (ej. urbano, humano-ambiente).

II.2.- Dimensiones de análisis

Las dimensiones de análisis obedecen a las influencias teóricas recibidas. La exposición a estudios de riesgos, la sensibilidad o fragilidad a estudios sociales (principalmente pobreza y desarrollo), y la capacidad de adaptación al paradigma sistémico. Sin embargo, esto no quiere decir que un estudio de riesgo, pobreza o sistémico no contemple sensibilidad y capacidad de adaptación en sí mismo. En tales estudios solo se nombran diferente (ver Figura 5). Por ejemplo, Bollin (2003) suele denominarlos Exposición, Vulnerabilidad y Capacidad de Adaptación; mientras que los estudios sistémicos Turner II, Kasperson et al., (2003) se les denomina Exposición, Sensibilidad y Resiliencia. Luers et al., (2003),

engloban la Exposición y Sensibilidad dentro del concepto de Vulnerabilidad, al cual añaden la Capacidad de Adaptación para evaluarla.

Figura 5. Factor de análisis en las evaluaciones de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia. en Bera et al., (2019); Birkmann (2006, 2013); Blaikie et al., (1994, citado en Wisner et al., 2003); Bogardi & Birkmann (2004, citado en Birkmann, 2006); Bohle (2001); Bohle et al., (1994); Bollin et al., (2003); Cannon (1994); Cardona (1999, 2001, 2003) & Barbat (2000, citado en Birkmann, 2006); Carreño et al., (2004, 2006); Chambers (1983, 1989); Chambers & Conway (1992); Crichton (1999); Cutter (1996); Davidson (1997); Downing (1992); DFID (1999); FAO (2011, 2013b, 2015); Hayati, (2017); IPCC (2001, 2007, 2012, 2014); La RED (2015); Liverman (1990a, 1990b, 1999); Luers (2005); Luers et al., (2003), ONU (2015b); Susman et al., (1983); Tschakert et al., (2013); Turner II, Kasperson et al., (2003); Turner II, Matson et al., (2003); UNDRO (1979); UNDRR (2020); UNISDR (2004, 2005, 2015); Villagrán de León (2001,2004); Watts & Bohle (1993); Wilches-Chaux (1993); Wisner et al., (2003); Wisner et al., (2012).

Independiente del nombre que reciban, Choudhary & Sirohi (2022) señala que dichos factores no se encuentran bien delimitados. La falta de delimitación puede estar relacionada con las disciplinas que las estudian, sus metodologías, las interpretaciones de sus autores, la temática abordada, la dualidad de los conceptos. En este subapartado se definen y caracteriza cada uno de los factores. Cabe destacar que las investigaciones actuales tienden a solo estudiar las variables del sistema dañado (ver He et al., 2018; Vallejo-Iijama et al., 2021; Wu et al., 2021).

II.2.1 Exposición

El IPCC (2012, 2014) menciona que la exposición denota la presencia (ubicación) de personas, medios de vida, servicios y recursos ambientales, infraestructura o bienes económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente por eventos físicos y que, por lo tanto, están sujetos a posibles daños, pérdidas o daños futuros; aunque también puede ser dictada por la mediación de estructuras sociales e instituciones. Dicho factor es ampliamente observado por las investigaciones sobre riesgos y peligros.

Regularmente, en las EV biofísicas la vulnerabilidad es sinónimo de “sensibilidad” (en las EV sociales) por lo que exposición es un factor adicional al de vulnerabilidad (ver Figura 5). Cuando la exposición se separa del término vulnerabilidad, refleja el grado o la probabilidad de que el sistema está expuesto a un peligro (ver Figura 5).

Con base en Birkmann (2013), si una comunidad o sistema está expuesto a una amenaza o factor de estrés, no significa necesariamente que sea vulnerable. Según Luers et al., (2003) esto dependerá de qué tan cerca del umbral se encuentre. En comparación con otros factores de análisis, este tiende a observar las amenazas y oportunidades del sistema.

II.2.2 Sensibilidad / Fragilidad /Vulnerabilidad

El termino Sensibilidad o Fragilidad hace referencia a teorías sociales de la vulnerabilidad, en donde esta se construye día a día. En la perspectiva de riesgos se utiliza el término vulnerabilidad como sinónimo. El enfoque sistémico señala que este representa el grado en que un sistema responderá a una fuerza perturbadora. Luers et al., (2003) menciona que este también puede hacer referencia a pequeños cambios y la proximidad relativa del sistema a su umbral de daño. Birkmann (2013) lo conceptualiza como deficiencias y condiciones del sistema que determinan la probabilidad de sufrir daños y pérdidas graves debido a eventos adversos, por lo que puede implicar movimientos en direcciones positivas y

negativas. Suele confundirse con capacidad de adaptación porque según la RAE (2020), sensibilidad indica la capacidad de reaccionar o ser proclive a otorgar solución a determinados asuntos.

A diferencia de la exposición tiende a ser un estudio sobre las fortalezas y debilidades del sistema.

II.2.3 Capacidad de adaptación

La capacidad de adaptación es la medida en que un sistema puede modificar sus circunstancias para pasar a una condición menos vulnerable (Luers et al., 2003), o bien, es capacidad de anticipar y transformar la estructura, el funcionamiento o la organización para sobrevivir mejor a los peligros (IPCC, 2012). En la literatura posee un tono planificador y se menciona que es originada por: 1) un cambio en la función de bienestar que disminuye la sensibilidad a factores estresantes críticos; 2) un cambio en la posición en relación con un umbral de daño y 3) una modificación en la exposición del sistema a factores estresantes de preocupación (Bollin, 2003; Luers et al., 2003, Luers 2005).

Matemáticamente, Luers et al., (2003) y Luers (2005) la expresan como la diferencia entre las condiciones existentes y en la condición menos vulnerable a la que el sistema podría cambiar potencialmente; mientras que las EV biofísicas la capacidad de adaptación hace referencia a los mecanismos de riesgos (Bollin et al., 2003; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017).

II.3.- Tipos de Evaluaciones

Las EV se pueden categorizar de dos formas: por temporalidad y por sistema de análisis. Las primeras otorgan mayor peso a las variaciones de la vulnerabilidad en el tiempo-espacio. Las segundas dependen mucho de la disciplina del autor de la investigación, la temática analizada, el marco de vulnerabilidad implementado, el objetivo de la investigación y el sistema analizado. Ambas pueden complementarse. La Tabla 13 expone las características específicas de cada una de ellas.

Tabla 13. EV según sus características

Tipo de EV / (Texto Importante)	Clasificación	Características
Temporalidad (Brugère & De Young, 2015; Füssel, 2007; Hufschmidt, 2011).	Pre-impacto	Son estudios situacionales sobre las condiciones y grado potencial de daño que experimentarán los actores del desarrollo al producirse el impacto. Proveen medidas estructurales y no estructurales para la preparación de: suministros de emergencia, hogar seguro y dependientes. Se enfoca en la adaptación del sistema: aprender, anticipar, modificar, preparar, planificar. La economía política y la política económica son las disciplinas que interfieren. Entre las herramientas que usan para llegar a conclusiones se encuentran los grupos focales, el mapeo de aspectos sociales, el juicio de expertos, las entrevistas y el método Delphi. Generalmente son investigaciones cualitativas.
	Durante el impacto	Son estudios situacionales sobre las condiciones de los actores del desarrollo. A diferencia de las evaluaciones pre impacto, estas: identifican las zonas de mayor riesgo, el grado inmediato de daño.
	Post- impacto	Son estudios prospectivos de riesgos y peligros sobre el cambio climático y la degradación del ambiente. Generalmente tienden a ser cuantitativos. Usan estadísticas, series de tiempo, encuestas, simulaciones, proyecciones, probabilidades.
Sistema (Adger, 2006; Birkmann, 2013; Brugère & De Young, 2015; Cardona, 2001; Dolan & Walker, 2006; Eakin & Luers, 2006; Füssel, 2007).	EV Biofísica	Define cuáles son, dónde y cuándo surgen los peligros y/o impactos; por lo que su objetivo principal es prever lo que sucederá con el sistema físico ante cierta amenaza. Las ciencias que más contribuyen a este enfoque son la física, ingeniería y geografía; mismas que han desarrollado sensores, mapas de influencia, sistemas de georreferencia, matrices, modelos que predicen desastres e identifican zonas vulnerables. Tienden a ser investigaciones espaciales. Su filosofía está siendo utilizado por la <i>UN Office for Disaster Risk Reduction [UNDRR]</i> y el IPCC para transitar hacia un mundo sustentable. A partir de 2011, la FAO empieza a investigar la vulnerabilidad utilizando la definición de sistemas en riesgo de este enfoque. Su crítica hace referencia a la cantidad de información y la disponibilidad de esta, así como con el método de monitoreo (Birkman 2006; Luers et al., 2003).
	EV Social	Centra su análisis en explicar cómo son las personas y los lugares afectados de manera diferente, cuáles son las capacidades diferenciales para hacer frente y adaptarse, cuáles son las causas y consecuencias de la susceptibilidad diferencial. Las ciencias sociales son las que le dan vida; principalmente, economía política y ecología política; mientras que los diagnósticos regionales, el Modelo Ricardiano y la evaluación de la factibilidad económica son los métodos que por lo regular se implementan para medirla. Entre sus críticas se encuentran: 1) debe dar mayor énfasis al acceso a los recursos porque se centran en los capitales territoriales y el acceso depende en gran medida del desempeño de las relaciones sociales, 2) algunos de los procesos de retroalimentación subestiman el rol de los medios de subsistencia en la esfera ambiental y 3) la elección de indicadores debe tener en cuenta la dinámico y el grado y la gravedad de la vulnerabilidad.
	EV Integral	Trata de comprender cómo reducir la vulnerabilidad dentro de un contexto geográfico definido. Se convierte en un ejercicio en la planificación para la adaptación y estudia los umbrales de cambio, la reorganización de los sistemas socio-ecológicos o sistemas acoplados humano-ambiente y la capacidad de estos para aprender y adaptarse. Es la evaluación más apegada a los principios de resiliencia. Utiliza indicadores multifactoriales para su análisis y generalmente combina métodos y herramientas de las ciencias sociales y naturales para conseguir su objetivo. Su principal crítica se relaciona con que están dirigidas a reducir los riesgos de daños potenciales anticipando impactos y planificando respuestas de adaptación al cambio climático, lo que perpetúa una respuesta orientada a la protección en lugar de evaluar una gama más amplia de elementos técnicos, institucionales, económicos y sociales que ocurren en diferentes localidades.

Fuente: Elaboración propia.

Comparativamente hablando, la principal diferencia entre las EV por sistema se encuentra en determinar la dimensión de análisis, si incluyen la sustentabilidad, el concepto de capacidad (ver Tabla 14). Paul (2014), la relación vulnerabilidad y capacidad es el único punto en el que se encuentran de acuerdo: el inverso de la capacidad, o la privación de la capacidad.

Tabla 14. Diferencias entre las evaluaciones de vulnerabilidad según marco de vulnerabilidad

Tipo EV	Marco	Dimensión de análisis			DS	Concepto de Capacidad
		E	F	CA		
Biofísica	Riesgos y Peligros	X	V	A		“Dimensiones”
Social	Presión-Liberación		V			Causas raíz, presión dinámica y Medios de vida frágiles e inseguros
	Medios de Vida Sostenibles	O	X	X	X	Recursos Territoriales, Acceso y privación de ellos
Socio-natural	Holístico	X	X	X	X	“Dimensiones”
	BBC	X	X	X	X	
	Doble Estructura	X	X	X	O	
	Reducción de riesgo a desastres		O		O	
	Sistemas Acoplados	X	X	X	X	
	<i>Onion</i>	O	O	O	O	
	Gestión de riesgos	O	X	O	O	
Multidimensional	X	X	X	X		
		72.7%	100%	72.7%	72.7%	

E= Exposición, F= Fragilidad, CA= Capacidad de Adaptación, DS= Desarrollo Sustentable, X = Se estudia, O = Está presente indirectamente, A= Algunas obras. V= Definición de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia con base en Bera et al., (2019), Birkmann (2006, 2013), Bohle (2001), Bollin et al., (2003), Cardona (2001), Davidson (1997), DFID (1999), FAO (2011), IPCC (2014), Turner II, Kasperson et al., (2003), UNISDR (2015a, 2015b), Villagrán de León (2004), Wilches-Chaux (1992) y Wisner et al., (2004).

II.4.- Temáticas territoriales recientes

Las EV más recientes son investigaciones que se centran en analizar analizan subsistemas territoriales afectados por el cambio climático. La investigación reciente del cambio climático en territorios agrícolas se caracteriza por:

- analizar la vulnerabilidad relacionada con hidrología: agua, ciclones, sequías, escasez de agua, climática, agua subterránea., (Aroca-Jiménez et al., 2018; Bourgoin et al., 2020; CAR & Universidad de Colombia, 2018; García-Hidalgo, 2017; Heidari et al., 2021; INECC, 2019; Mazumdar & Kumar Paul, 2017; Thomas et al., 2017; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017)
- analizar la vulnerabilidad de ecológica para uno o varios ecosistemas (Boori et al., 2022; Cai et al., 2021; Wu et al., 2021)
- analizar la vulnerabilidad de la producción agrícola (Choudhary & Sirohi, 2022; INECC, 2019);

- estudiar los medios de vida sustentables (Danquah et al., 2017; Takam Tiamgne et al., 2021; Vallejo-Ilijama et al., 2021);
- ser investigaciones exploratorias preocupadas por el desarrollo regional (Angélieaume-Descamps et al., 2015; Barbier, 2015; Khalid et al., 2021; Liddell, 2015; Yang et al., 2020).

En general, la EV mide la capacidad en función del grado de exposición, fragilidad y la capacidad de adaptación del sistema al evento dañino; aunque algunos autores prefieran medirla a través de indicadores multifactoriales del sistema dañado. China e India son las naciones que más estudian la vulnerabilidad. Según Tschakert et al., (2013), el principal problema de las EV del cambio climático tiene que ver con que difícilmente contemplan la parte social del territorio. De hecho, a excepción de las investigaciones sobre los medios de vida y exploratorias, la mayoría de los estudios sobre cambio climático tiene gran cantidad de indicadores físicos en comparación con indicadores sociales.

Fuera de las EV del cambio climático, los estudios realizados en países datileros se encuentran EV del agua subterránea, las cuáles son investigaciones espaciales de índole ingenieril que analizan el comportamiento de los acuíferos (Abu-Bakr, 2020; Kazemi et al., 2017). Estas investigaciones no contemplan las dimensiones del análisis de vulnerabilidad solo indicadores de cambio.

II.4.1 EV más recientes por región o país

En la región productora de dátil del continente americano las EV más recientes son investigaciones exploratorias preocupadas por el desarrollo regional (Angélieaume-Descamps et al., 2015; Barbier, 2015; Liddell, 2015) o cuantifican los riesgos que la sequía y escasez de agua puede ocasionar (INECC, 2019). Estas fueron realizadas para Estados Unidos y México.

En América Latina, las EV más recientes están íntimamente relacionadas con el cambio climático, la vulnerabilidad de los productores y sociedad (CAR & Universidad de Colombia, 2018; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017; Heidari et al., 2021; INECC, 2019; Thomas et al., 2017), o son investigaciones preocupadas por el desarrollo regional; (Angélieaume-Descamps et al., 2015; Barbier, 2015; Liddell, 2015). Pueden ser exploratorias, antropológicas y sociales (Angélieaume-Descamps et al., 2015; Balvanera et al., 2017). Están asociadas con los estudios de riesgos a desastres y cambio climático. No retoman el concepto de sustentabilidad. La escala mínima de análisis es el municipio.

México ha sido el país que ha marcado la pauta para la EV agrícolas y, a partir de 2012, los legisladores han institucionalizado la EV en la Ley General del Cambio Climático, sin embargo, en años

recientes solo se encontró las EV del INECC (2019). La investigación del INECC (2019) es una investigación a nivel nacional y estatal sobre producciones agrícolas bajo escasez de agua, que no contemplan el concepto de sustentabilidad.

II.4.2 Aspectos sobre las EV más recientes

En general, cabe destacar que la mayoría de las temáticas abordadas en EV más recientes: incluyen las tres dimensiones de análisis y varios de los análisis mencionados anterior e indirectamente, además abordan indirectamente la capacidad productiva del territorio y sustentabilidad (por el simple hecho de abarcar aspectos sociales, económicos y ambientales). Siempre definen un marco de actuación (biofísico, social) y sobre ese realizan el estudio. Como no abordan directamente la sustentabilidad, determinar si el territorio (la superficie) es vulnerable o no queda en función de un % de aptitud que el autor considera que es el adecuado.

II.5.- Metodologías que apoyan la EV

Según Brugère & De Young (2015) una EV combina varios métodos, herramientas y técnicas para medir el grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación del territorio. Las más popularizadas tienen que ver con un: Análisis de Idoneidad, Diagnóstico Situacional, Análisis relacionado con la producción, Análisis de la Capacidad de Gestión. A continuación, se describen las características generales de cada análisis (ej.,: objetivos, porque se le relaciona con vulnerabilidad, cómo se obtienen los resultados). Este capitulado se complementa con el siguiente.

II.5.1 Análisis de idoneidad

El análisis de idoneidad es un análisis espacial que tiene como objetivo delimitar la zona idónea para cierta cualidad (ej. siembra de cierto cultivo, disponibilidad de agua, etc.). Debido a ello, define, caracteriza e identifica lo que: es o será apto, es o será susceptible, corre o correrá algún peligro. Las imágenes satelitales, la cartografía y/o los datos geo-referenciados suelen ser valorados, sobrepuestos (promediados) y, en algunos casos, son reclasificados e interpolados (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Para tal cometido se utilizan los Sistemas de Información Geográfica.

La valoración se realiza conforme a una escala de idoneidad o vulnerabilidad que defina el autor (ej.: baja, media, alta). Para cada una de las clasificaciones usa números entre 0 y 1 (CAR & Universidad de Colombia, 2018; INECC, 2019), números enteros incrementales (Vallejo-Ilijama et al., 2021) o números impares (Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017). El criterio del autor interviene en la

designación de rangos, es decir, entre qué valores se dice que cierta cualidad posee una idoneidad / vulnerabilidad baja, media o alta. Por ejemplo, una investigación ecológica a nivel nacional puede decir que se considerará como idoneidad baja si la cobertura de bosque representa más del 80% del área del municipio, idoneidad media si la cobertura se encuentra entre 60% y 80%, e idoneidad alta si es menor del 60%.

Por otra parte, el área de estudio usada en los análisis de idoneidad / vulnerabilidad generalmente se establece con base en los límites jurisdiccionales administrativos (ejido, acuífero, municipio, delegación, entidad, país) (CAR & Universidad de Colombia, 2018; INECC, 2019; Vallejo-Ilijama et al., 2021; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017), lo cual puede conllevar a generalizaciones sesgadas sobre vulnerabilidad. Generalmente, en las investigaciones sobre vulnerabilidad se observa el uso de información social agregada y pocas variables sociales (ej.: población, producto interno bruto del sector, densidad poblacional).

II.5.1.1 De la sobreposición cartográfica

Con base en Jaime et al., (2011), la sobreposición cartográfica es un método que más se utiliza para analizar los datos espaciales ráster, el cual consiste en la combinación de dos o más capas / mapas en donde cada celda (píxel) de cada capa o mapa referencia la misma localización geográfica. El resultado es una nueva capa o mapa que contiene la combinación de la información de las capas o mapas de entrada. De esta manera la sobreposición cartográfica permite identificar posibles zonas factibles para la ubicación de cierto elemento.

Existen dos tipos de sobreposición cartográfica, la ponderada y la sencilla. La diferencia entre ambas es que la ponderada asignación de pesos se basa en encuestas de opinión de expertos, *Procesos Jerárquicos Analíticos (PHA)*, *Análisis de Componentes Principales (ACP)* o clasificación de Pareto (Bera et al., 2019; MIDEPLAN, 2005); mientras que la sencilla se usa cuando no hay suficiente información para ponderar mapas. La ecuación (1) se utiliza para la sobreposición cartográfica ponderada mientras que la ecuación (2).

$$f(x) = \frac{(V_1 * P_1) + \dots + (V_n * P_n)}{n} \quad (1)$$

$$f(x) = \frac{V_1 + \dots + V_n}{n} \quad (2)$$

donde: V_1 = variable valorada; y P_1 = peso de la variable valorada (de 0% a 100%); n = número de variables.

II.5.1.2 De la reclasificación cartográfica

Según Jaime et al., (2011) esta operación se realiza sobre un solo mapa. Es una de las técnicas más usadas en el análisis de los datos espaciales ráster puesto que permite: 1) buscar y recuperar información de forma selectiva de los datos ráster almacenados en las bases de datos espaciales, 2) convertir los datos en escala de intervalos y, 3) otorgar una clasificación ordinal, para el modelado de la idoneidad de usos del suelo, utilizando el álgebra de mapas. Técnicamente, reasigna valores en una capa de entrada ráster como pueden ser la posición, el valor, la forma, el tamaño, la medida de los píxeles, el grado de contigüidad y así crear una nueva capa de datos. Cambia el valor de las celdas de entrada trabajando con una base "celda-a-celda" dentro del área de análisis.

II.5.1.3 De la interpolación de datos espaciales

La técnica de interpolación de datos calcula valores entre dos puntos, también supone que los objetos distribuidos espacialmente están correlacionados espacialmente, por lo que se usa cuando se dispone de poca información (ESRI, 2016) o cuando la resolución de las imágenes es muy grande (Fick & Hijmans, 2017). No se debe usar para reclasificar variables relacionadas con dinámicas poblacionales (ej. crecimiento poblacional, precio) solo con variables físicas (pendientes, distribución de agua subterránea, ph de agua, clima, etc.). Cabe destacar que toda interpolación tiene un error pues es una predicción, por lo que los investigadores incluyen el error de la estimación (Chen et al., 2013; Mirzaei & Sakizadeh, 2016; Sun et al., 2009; Xiao et al., 2016). A continuación, se describen los métodos de interpolación más comunes.

II.5.1.3.1 Inverse Distance Weighting [IDW]

Según Ohmer et al., (2017), *Inverse Distance Weighting [IDW]* es un interpolador rápido, determinista, exacto y local ampliamente utilizado. Estima el valor de un punto usando una combinación lineal del valor en un punto de datos muestreado, ponderado por una función inversa de la distancia entre estos dos puntos. El método se basa en la suposición de que los puntos de observación más cercanos al punto de predicción son más similares a él que los puntos más distantes. Los pesos se calculan según la ecuación (3):

$$\lambda_i^{IDW} = \frac{1/d_i^p}{\sum_{i=1}^n 1/d_i^p} \quad (3)$$

donde d_i es la distancia entre el punto pronosticado x_0 y el punto medido x_i , n es el número total de puntos medidos utilizados en la interpolación y p es un parámetro de potencia que decide cómo disminuye el peso a medida que aumenta la distancia. Con base en Xiao et al. (2016) IDW requiere muestras suficientes y bien distribuidas pues una distribución desigual o los valores atípicos pueden dar lugar a errores. Aunado a ello, se puede decir que es un método que generalmente se usa para la predicción de datos climáticos.

II.5.1.3.2 Método Kriging

Kriging es un procedimiento de interpolación lineal que proporciona una estimación lineal e imparcial de cantidades que varían en el espacio y es un procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto disperso de puntos con valores z (Ecuación 02). El semivariograma juega un papel central en el análisis de datos geoestadísticos en este método *kriging*. Tiene en cuenta la autocorrelación espacial en los datos para crear modelos matemáticos de estructuras de correlación espacial comúnmente expresadas por variogramas.

$$Z(S_o) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(S_i) \quad (4)$$

donde: $Z(S_i)$ - valor medido en la i -ésima ubicación i . λ_i es el peso desconocido para el valor medido en la i -ésima ubicación. S_o ubicación de predicción. n número de valores medidos.

II.5.1.3.3 La interpolación de Spline

La herramienta *Spline*: 1) utiliza un método de interpolación que estima valores usando una función matemática que minimiza la curvatura general de la superficie, lo que resulta en una superficie suave que pasa exactamente por los puntos de entrada; y 2) emplea funciones polinómicas distintas más acordes para cada tramo, adecuándose así a una superficie más suave, menos abrupta y uniforme. Según la guía de ArcGIS el algoritmo que utiliza se basa en la ecuación (5):

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{i=1}^n \lambda_j R(r_j) \quad (5)$$

donde: $j=1, 2, \dots, n$. n es el número de puntos. λ_j son coeficientes hallados mediante la resolución de un sistema de ecuaciones lineales. r_j es la distancia desde el punto (x, y) al punto j . $T(x, y)$ y $R(r)$ se definen de forma diferente, dependiendo de la opción seleccionada. Para la opción de regularizado ArcGIS usa las ecuaciones (6) y (7):

$$T(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y \quad (6)$$

$$R(r) = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{r^2}{4} \left[\ln \left(\frac{r}{2\tau} \right) + c - 1 \right] + \tau^2 \left[K_0 \left(\frac{r}{\tau} \right) + c + \ln \left(\frac{r}{2\tau} \right) \right] \right\} \quad (7)$$

donde: a_1 son coeficientes hallados mediante la resolución de un sistema de ecuaciones lineales. r es la distancia entre el punto y la muestra. τ^2 es el parámetro **Peso**. K_0 es la función Bessel modificada. c es una constante igual a 0,577215. Para la opción de tensión ArcGIS usa las ecuaciones (8) y (9):

$$T(x, y) = a_1 \quad (8)$$

$$R(r) = \frac{1}{2\pi\varphi^2} \left[\ln \left(\frac{r\varphi}{2} \right) + c + K_0(r\varphi) \right] \quad (9)$$

donde: a_1 es un coeficiente hallado mediante la resolución de un sistema de ecuaciones lineales. r es la distancia entre el punto y la muestra. φ es el parámetro **Peso**. K_0 es la función Bessel modificada. c es una constante igual a 0,577215.

Según señala ESRI (2016), por cuestiones de cómputo, todo el espacio del ráster de salida está dividido en bloques o regiones de igual tamaño. El número de regiones en las direcciones x e y es el mismo, y tienen forma rectangular. La cantidad de regiones se determina dividiendo la cantidad total de puntos del dataset de puntos de entrada por el valor especificado para la cantidad de puntos. La ventaja de la herramienta Spline radica en que se ajusta a la cantidad de puntos determinada.

Para el análisis de agua subterránea, varios autores recomiendan llevar a cabo la interpolación de *Kriging* (Chen et al., 2013; Mirzaei & Sakizadeh, 2016; Sun et al., 2009; Xiao et al., 2016), no obstante, todo dependerá de las características de la información disponible.

II.5.2 Diagnóstico situacional

Diagnóstico situacional ofrece una visualización de las Fortalezas (F), Oportunidades (O), Debilidades (D) y Amenazas (A) que posee el territorio. Algunos autores prefieren analizar las variaciones en indicadores relacionados con las causas raíz, presiones dinámicas, medios de vida (descritos en la sección I.2.3.3) y peligros naturales (ver Boori et al., 2022; Cai et al., 2021; Choudhary & Sirohi, 2022; Danquah et al., 2017; He et al., 2018; Heidari et al., 2021; INECC, 2019; Mazumdar & Kumar Paul, 2017; Vallejo-Ilijama et al., 2021; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017; Wu et al., 2021); en tanto que otros solo describen el contexto y/o preocupaciones (ver Turner II, Matson et al. 2003; Angélieume-Descamps et al., 2015; Barbier, 2015; Liddell, 2015).

Según Porter (1980), la importancia del análisis FODA (análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) radica en desarrollar estrategias para modificar una situación. En años recientes, algunos análisis FODA incluyen una Matriz de Posición Estratégica (MPE) y/o una Matriz de Riesgos e Impactos (MRI) (ver: Jácome Ibarra et al., 2022; SISPRODA, 2015). Ambos utilizan un plano cartesiano para otorgar mayor visualización a su análisis; sin embargo, el plano cartesiano de la MPE acepta valores positivos y negativos, mientras que el de la MRI no.

Aunado a ello, el plano cartesiano de la MRI incluye nueve cuadrantes que conducen a seleccionar aquellas estrategias más importantes a realizar. En la Tabla 15 se describen los pasos para construir un análisis FODA extendido (con MPE y/o MRI) y se comparan los planos cartesianos resultantes.

Tabla 15. Metodologías del análisis FODA extendido

Método	Matriz de Posición Estratégica (MPE)	Matriz de Riesgos e Impactos (MRI)
Pasos para la obtención de coordenadas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar las todas las F, O, D y A existentes. 2. De entre 0 y 100, asignar un valor a cada F y D de acuerdo con su relevancia. La suma de todos los valores debe ser 100. Hacer lo mismo con las O y A. 3. Asignar una calificación de entre -6 y -1 para todas las A y D de acuerdo con su relevancia. 4. Asignar una calificación de entre 1 y 6 para las O y F de acuerdo con su relevancia. 5. Multiplicar el valor asignado por su calificación para cas F, O, D, A existente. 6. Promediar las F y hacer lo mismo con las O, D y A. 7. Restar D promedio y F promedio para obtener la coordenada “y”. 8. Restar los promedios de O y A (A-O) para obtener la coordenada “x”. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar de todas las F, O, D, A existentes. 2. Para toda F, asignar un puntaje con números incrementales de acuerdo a su importancia y hacer lo mismo para O, D y A. Los puntajes pueden repetirse si es que la importancia es la misma. 3. Promediar las F y eliminar aquellas que estén por debajo del promedio. El resultado será F*. Hacer lo mismo con las O, D y A. 4. Ponderar con 1 las D* que posean un alto impacto y alta probabilidad del sistema, 2 aquellas con bajo impacto y baja probabilidad, 1.5 = todas las demás D*. Hacer lo mismo con A*. 5. Ponderar con 4 las F* que posean un alto impacto y alta probabilidad del sistema, 3 aquellas con bajo impacto y baja probabilidad, 3.5 = todas las demás F*. Hacer lo mismo con O*. 6. Sumar los puntajes de todas las F* y D* y dividir cada F* entre esta suma. Hacer lo mismo con las D*. El valor que queda serán los porcentajes de participación de cada F* y D*. 7. Sumar los puntajes de todas las O* y A* y dividir cada O* y A* entre esta suma. El valor que queda serán los porcentajes de participación de cada O* y A* que quedan. 8. Multiplicar los resultados del paso 6 y 7 (porcentajes) con las ponderaciones del paso 4 y 5 (ponderaciones). Deben concordar cada F*, O*, D*, A*. 9. Encontrar la coordenada X dependerá de sumar los resultados de las fuerzas internas del paso 8. Las fuerzas internas están comprendidas por las F y D del paso 8. 10. Encontrar la coordenada Y dependerá de sumar los resultados de las fuerzas externas del paso 8. Las fuerzas externas están comprendidas por las O y A del paso 8.
Características del Plano Cartesiano	<p>Coordenada “x” y “y” pueden llegar a tomar valores negativos.</p> <p>No se explica que se debe mejorar para crecer y desarrollarse.</p>	<p>Situación actual = Punto rojo. Para desarrollar y crecer el sistema con alta capacidad se ubica en el Cuadrante I y en menor medida el II y el IV. El sistema con baja capacidad se ubica en los Cuadrantes III, V, VII. El sistema que debe desistir se ubica en el Cuadrante IX, en menor medida el VI y el VIII.</p>



Fuente Jácome Ibarra et al., (2022) SISPRODA (2015).

F = Fortalezas, O= Oportunidades, D= Debilidades, A= Amenazas. Fuente: Elaboración propia.

II.5.3 Análisis relacionado con la producción

El análisis relacionado con la producción expone las pérdidas económicas que sufre o sufrirá la economía y la sociedad ante un cambio de parámetros productivos, o bien, determina: el tamaño de producción adecuada, qué cultivo será el más idóneo para establecer, las estrategias que se deben implementar para hacerle frente a una situación de cambio. Entre estos análisis productivos se encuentra el modelo ricardiano y la evaluación de la factibilidad económica de la inversión.

II.5.3.1 El modelo Ricardiano

El modelo Ricardiano es un modelo de índole económica que se creó para estimar la sensibilidad climática de las actividades productivas de una región utilizando datos de sección transversal (Mendelsohn et al., 1994). Este modelo permite estimar el valor de la tierra para analizar los impactos directos del clima sobre los rendimientos de diferentes cultivos y la sustitución de insumos, así como (FAO & SAGARPA, 2014b):

- La introducción de otras actividades y medidas de adaptaciones a climas distintos.
- Las posibilidades de respuesta ante futuros cambios en el clima mediante la búsqueda de una mayor renta de la tierra a través de diferentes usos de esta.
- Análisis de las respuestas económicas, físicas y biológicas a los ajustes de producción y rendimientos.

El modelo, hace uso de la ecuación (10) y (11) para obtener sus resultados:

$$\text{Max } IN_i = P_i Q_i(R, E) - C_i(Q_i, R, E) \quad (10)$$

$$V_{tierra} = \int_0^{\infty} IN_t^* e^{-rt} dt \quad (11)$$

donde: IN = ingreso neto, P_i y Q_i = precio y la cantidad del producto i ; C_i es la función de costos; R = vector de insumos; E = vector de características medioambientales, incluidas las condiciones climáticas; V_{tierra} = valor de la tierra en términos monetarios.

Entre sus limitantes se encuentra: el suponer que el ingreso es informado por productores y tecnología constante; no tomar en cuenta la inflación de activos, elasticidad de oferta; asumir que la tecnología constante; no se puede utilizar en países con pequeñas variabilidades; no captura eventuales diferencias de políticas entre países; analiza una cesta de cultivos.

II.5.3.2 Evaluación de la factibilidad de la inversión

Con base en Baca Urbina (2013) un proyecto de inversión es un plan de actividades que asignados los montos de capital e insumos produce un bien o servicio útil a la sociedad; mientras que la evaluación de su factibilidad es un estudio sobre qué tan pertinente es el proyecto en cierto territorio y para cierta población. Como tal, el estudio evalúa los flujos de efectivo que generará el proyecto para los inversores mediante indicadores financieros y un análisis de sensibilidad. Dada la composición de los flujos de efectivo, permite: 1) conocer los beneficios sociales y económicos que la población obtendrá al realizar el proyecto, 2) estimar el consumo de recursos (ej. naturales) y 3) determinar el tamaño óptimo de la planta / granja / proyecto.

No obstante, se debe tener en cuenta que es un estudio económico, prospectivo y particular que por lo que no abarca grandes dimensiones territoriales (1 km²), trabaja con superficie óptimas donde el “tamaño óptimo” directamente depende de la factibilidad de los indicadores financieros; algunos parámetros productivos son determinados de fuentes bibliográficas en vez de obtenerse del análisis de la actividad productiva de la granja (ej. láminas de riego, densidad de siembra, rendimientos agrícolas).

II.5.3.2.1 De los indicadores financieros

Entre los indicadores financieros existentes que evalúan los flujos de efectivo, Shabani et al., (2016) utiliza el indicador *VAN (Valor Actual Neto)* para evaluar la rentabilidad financiera de expandir la superficie datilera iraní; mientras que, en México, según las reglas de operación de diversos programas productivos del sector agrario, el indicador financiero que la institución gubernamental utiliza para apoyar a productores es la *TIR (Tasa Interna de Retorno)*.

Según Baca Urbina (2013, 2010) y Sapag Sapag (2008), el VAN actualiza los cobros y pagos del proyecto de inversión expresando las pérdidas y/o ganancias a obtener si se decide realizar el proyecto ahora. La TIR, por su parte, es la tasa de retorno que se obtiene cuando el VAN es 0, por lo que señala el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión. Su valor se puede interpretar como: los centavos adicionales que se obtendrán por cada peso invertido.

Con base en la literatura de proyectos de inversión (Baca Urbina, 2010, 2013; Sapag Chain & Sapag Chain, 2008), la condición para considerar factible un proyecto es que el VAN debe ser mayor a 0 y la TIR sea mayor a la Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable para invertir (TREMA). Si la VAN = 0 significa que no habrá ganancia ni pérdida por realizar el proyecto, y si es menor, el inversor habrá perdido su dinero; en tanto que obtener una TIR por encima de la TREMA significa que se obtiene un porcentaje adicional a la inflación y un premio por el riesgo de invertir.

Según Baca Urbina (2010), las desventajas de usar solo la VAN como indicador de factibilidad se encuentran en que dicho indicador está expresado en términos monetarios y, dada la inflación de los países, es difícil que el indicador sea representativo en el tiempo (no se aconseja evaluaciones de más de 20 años). Por su parte la desventaja de usar la TIR como único indicador de factibilidad es que, su metodología, supone la reinversión de todas las ganancias generadas y, al igual que la VAN, la falta de representatividad del indicador.

Otros indicadores financieros que la literatura de proyectos de inversión cita para evaluar su factibilidad son la relación Beneficio-Costo (B/C) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI); en Baja California, México, ambos indicadores también son incluidos en la evaluación de la factibilidad de la inversión de proyectos datileros. Con base en Baca Urbina (2013), el PRI es el número de periodos requeridos, generalmente expresados en años, para recuperar la inversión inicial. La factibilidad de la inversión depende de que sea en el menor número de periodos.

En cuanto a la relación B/C, los mismos autores señalan que es un indicador adaptado de los proyectos de inversión social, el cual permite comparar los beneficios (ventas) versus todos los costos (gastos) asociados a un proyecto. La factibilidad de un proyecto evaluada a través de la relación B/C dependerá de que este sea mayor o igual a 1 y que tanto costos como beneficios se encuentren expresados en valor presente. Las ecuaciones (12), (13), (14), (15) y (16).

$$VAN = -FNE_0 + (FNE_1 * Fd_1) + (FNE_2 * Fd_2) + \dots + (FNE_t * Fd_t) \quad (12)$$

$$Fd_t = \frac{1}{(1 + TREMA)^t} \quad (13)$$

$$FNE_t = E_t - S_t \quad (14)$$

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^{10} Ed_t}{\sum_{t=0}^{10} Sd_t} \quad (15)$$

$$TIR = TREMA \text{ cuando } VAN = 0 \quad (16)$$

donde: *VAN* es el valor presente neto de los flujos de efectivo. *FNE_t* es el flujo neto de efectivo descontado y acumulado. *Fd_t* es el factor de descuento del periodo t. *TREMA* es la Tasa de Rendimiento

Mínima Aceptable por el inversionista para invertir, o bien, es la tasa de inflación más una tasa de premio al riesgo. t es el número de periodos de la evaluación, generalmente estos son anuales a menos que se indique lo contrario. E_t es la entrada de dinero total a obtener por la venta de los bienes producidos, los créditos, aportaciones sociales, apoyos gubernamentales en el periodo t . S_t son las salidas de dinero a generar por producir, incluyen inversión fija y diferida, reinversiones, costos productivos y pagos por el crédito obtenido. B/C es la relación Beneficio-Costo. En el caso del PRI no existe formula solo una consideración: entre más pequeño, mejor.

II.5.3.2.2 El análisis de la sensibilidad de la inversión

El análisis de la sensibilidad de la inversión que llega a ser incluido dentro de la evaluación de factibilidad financiera regularmente mide los cambios que sufre la TIR ante los cambios en los parámetros base (Baca Urbina, 2013). En 2017, Nemesio Laguna modifica el análisis de sensibilidad datilero agregando la VAN como variable independiente con el propósito de encontrar los rangos de acción de cada variable.

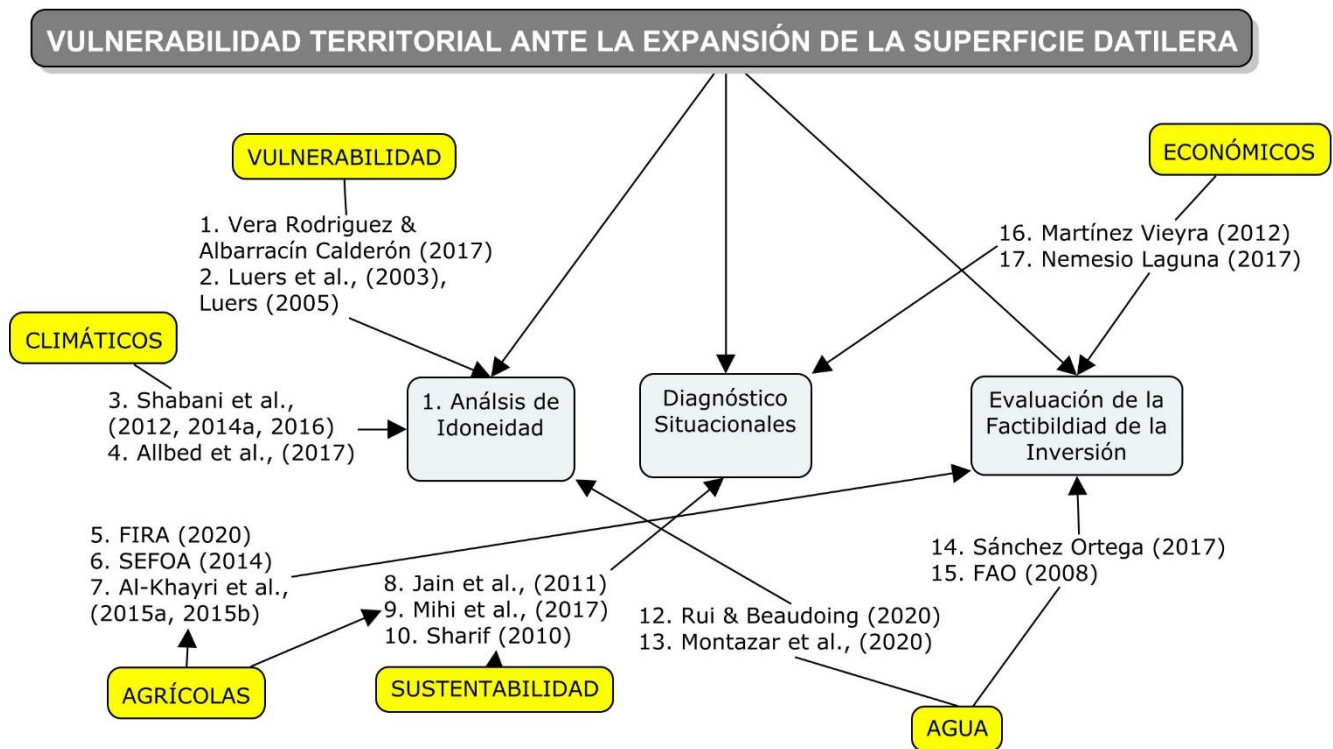
Regularmente, la sensibilidad de la inversión se mide alterando un parámetro base (ej. superficie productiva, tipo de cambio, etc.) y analizando su cambio en el indicador financiero (ej.: TIR y VAN), o alguna variable del sistema productivo de interés para el autor (ej. Empleo, Crédito). Esto permite al inversor anticiparse a un cambio brusco en la economía, generar estrategias de impacto y conocer las rutas más viables a seguir.

II.5.4 Análisis de la capacidad de gestión

El análisis de la capacidad de gestión tiene como propósito analizar la capacidad de adaptación y resiliencia del territorio. En sí evalúa el nivel de prioridad que el ente gubernamental da a la gestión del riesgo y la existencia, implementación y condiciones de instrumentos de gestión de riegos, de protección y restauración de ecosistemas, de fomento a la actividad productiva, ahorro y capacidad de financiamiento (INECC, 2019; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017). Parte de una matriz de características de los instrumentos de gestión (ej., actualidad, aplicabilidad, existencia). Las características se valoran de acuerdo con una escala que asigna el autor. Posteriormente se suman el valor de las características y se le asigna una clasificación de vulnerabilidad. Los instrumentos que alcancen mayor valor serán los que obtengan mayor vulnerabilidad (Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017).

CAPÍTULO III. ESTUDIOS RELEVANTES

En esta sección se exponen aquellos estudios que: utilizan alguno de los análisis y métodos descritos en la subsección III.1.3., algunas de las EV productiva más recientes relacionadas con producción, EV más antiguas que se hayan realizado en territorios agrícolas de México y que definan la superficie de vulneración; o bien, estudios de sustentabilidad y capacidad productiva realizados en territorios agrícolas datileros que hayan realizado un análisis abordado en la sección III.1.3. Adicionalmente se incluyeron estudios que estiman el volumen o variación de agua subterránea en regiones datileras con poca información de agua subterránea.



III.1.- Estudios sobre vulnerabilidad

Las EV de Vera Rodríguez & Albarracín Calderón (2017), INECC (2019), Luers et al., (2003), Luers (2005) pueden ayudar a construir la base metodológica de esta investigación. La Tabla 16 expone sus características y el porqué de tal afirmación.

Tabla 16. Comparativo de estudios que miden la vulnerabilidad de territorios agrícolas

	Vera Rodríguez & Albarracín Calderón (2017)	INECC (2019)	Luers et al., (2003) Luers (2005)
Objetivo	Gestionar de riesgo	Cuantificar la vulnerabilidad de la producción agrícola	Identificar las superficies con mayor y menor vulneración
Disciplina	Hidrología	Economía agrícola	Economía agrícola
Área de estudio	Cuenca Española	Municipio de Mexicali	Valle del Yaqui, Sonora
Relevancia	Indicadores sobre vulnerabilidad	Indicadores sobre producción agrícola en escasez hídrica y fuente de datos.	Modelo teórico del comportamiento de la superficie
Críticas	Escala Hidrológica. No habla de sustentabilidad ni define la escala de producción sustentable	Varios cultivos involucrados. Escala de análisis.	Trigo es un cultivo extensivo estacional. El Valle del Yaqui es un territorio árido del Estado de Sonora. Solo identifica las superficies. No habla de sustentabilidad
Análisis EV	Análisis de idoneidad, diagnóstico situacional y Análisis de la capacidad de gestión.	Modelo Ricardiano	Diagnóstico situacional.
Vulnerabilidad	$V = \frac{VE + VF + VCA}{3}$ <p>V es la vulnerabilidad global, VE es la vulnerabilidad de exposición, VF es la vulnerabilidad por fragilidad y VCA es la vulnerabilidad por capacidad de adaptación</p>	$V = E + S - CA$ <p>V es la vulnerabilidad, E es la exposición, S es la sensibilidad y CA es la capacidad de adaptación</p>	$V = f\left(\frac{ \partial W/\partial X }{W/W_0}\right)$ $V = \int \left(\frac{ \partial W/\partial X }{W/W_0}\right) P_x D_x$ $A = V_e - V_m$ $V_{min} = V - A$ <p>donde V es la vulnerabilidad, A es la capacidad de adaptación, Ve Vulnerabilidad existente, Vm vulnerabilidad modificada, Vmin, es la vulnerabilidad potencial mínima, X es el estresor, $P_x D_x$ es la probabilidad de ocurrencia del estresor, W_0 representa un valor umbral de bienestar por debajo del cual se dice que el sistema está dañado.</p>
Variables	Exposición por: Tipo de ecosistema, infraestructura disponible, sistemas de producción, población. Fragilidad: física, socioeconómica, ambiental, institucional, conflictos por	Exposición: Índice de Lang, precipitación mensual; Sensibilidad: vegetación con degradación, presencia de árboles y arbustos, capacidad de amortiguamiento al manejo del ecosistema, sensibilidad de la	Análisis histórico de precios, precipitación, clima y producción triguera.

<p>uso de suelo, nivel o grado de deforestación, Impacto estimado de cambio climático. Capacidad de adaptación determinada por: ahorro y capacidad de endeudamiento, percepción del riesgo, la gobernanza y capacidad de gestión territorial.</p>	<p>vegetación a la sequía, erosión, capacidad de almacenamiento de agua, Balance y variabilidad O-D producción, presión familiar sobre la tierra. Capacidad de adaptación: Manejo de tierra y recursos naturales, Porcentaje de cobertura general del programa de fomento ganadero, Organización de productores, Superficie del municipio con pago por servicios ambientales (relativa), Superficie del municipio con vegetación natural en áreas naturales protegidas, Atlas de Riesgo Municipal y mapa de riesgo por sequía, Programa de atención a desastres</p>
--	--

Fuente: Elaboración propia. No incluyen resultados porque son irrelevantes para la investigación actual.

III.2.- Estudios sobre palma datilera relevantes

III.2.1 Los análisis de idoneidad

Respecto a los *análisis de idoneidad* los más recientes sobre el cultivo datilero son de índole climática y fueron realizados por Shabani y su equipo de colaboradores. Esta línea de investigación inicia en 2012 y se fue perfeccionando a medida que pasaba el tiempo (Allbed et al., 2017; Shabani et al., 2013, 2014a, 2014b; Shabani & Kumar, 2013). El objetivo inicial era identificar las zonas en las que el cambio climático afectaría los rendimientos agrícolas. En este sentido, la idoneidad climática de la superficie datilera estuvo condicionada a variables como: variación de temperatura, humedad de suelo, estrés por frío y calor, viento y acumulación de estrés por calor fueron sus variables analizadas (Shabani et al., 2012). Posteriormente, los autores se dieron cuenta que existían otras variables que influían en la idoneidad hasta que dicha idoneidad dependía de: aspectos climáticos (antes mencionado), uso del suelo y topografía, presencia de *Fusarium oxysporum f. sp.*, las propiedades fisicoquímicas del suelo, rentabilidad financiera, disponibilidad de caminos/carreteras (distancia) y disponibilidad de agua (tipo de fuente y distancia a la fuente) (Shabani et al., 2016).

Entre 2012 y 2016, los estudios de idoneidad climática han sido realizados a nivel mundial, regional (Oriente Medio) y nacional (España e Irán). El último estudio resulta pertinente pues para no ser una EV incluye Sensibilidad y Exposición. Llega a identificar áreas que conservan la sustentabilidad (2016-2100) dado que sus variables abordan las tres áreas: ambiente, sociedad y economía, las cuales han sido en el párrafo anterior. Concluye que para Irán solo el 0.01% de la superficie productiva actual es conservará la viabilidad socioeconómicamente y ambiental hasta 2100.

Su principal crítica radica en que la VAN (usada como indicador de económico) solo son representativos dentro de los primeros 20 años de evaluación. Además, no incluye una medida de disponibilidad de agua a pesar de que el país ostente una alta escasez hídrica.

Tabla 17. Variables usadas por análisis de idoneidad climática para el cultivo datilero

Temática	Características importantes
Clima	Temperatura mínima (límite: 14 °C, óptima: 20 °C), Temperatura máxima (óptima: 39 °C, límite: 46°C), Humedad mínima (límite: 0.007, óptima: 0.013), Humedad máxima (óptima: 0.81, límite: 0.9), Estrés por frío (Umbral de temperatura de estrés por frío= 4 °C; Tasa de temperatura de estrés por frío =-0,01 semana-1), Umbral de temperatura de estrés por calor (46 °C), Umbral de estrés húmedo(0.9), Tasa de estrés húmedo (0,022 semana-1), Tasa de acumulación de estrés por calor (0,9 semana-1), Suma de calor anual (Umbral de grado de día: 4200 días).
Suelos	Pendientes = muy adecuada < 10°, nada adecuada >10° Las propiedades estructurales y texturales del suelo más adecuadas para los dátiles son suelos que tienen un contenido de materia orgánica del 0,3 al 1,2 %, francos, franco arenoso, franco arcillo arenoso, arcillo arenoso y franco arcilloso. Las propiedades fisicoquímicas del suelo más adecuado para el cultivo de la palma datilera son suelos arenosos y poco salinos (8 < pH < 8,5) sobre una gruesa capa de arcilla blanca calcárea pulverulenta con propiedades de drenaje deficiente que comprenden suelos altamente alcalinos (9,1 < pH < 9,5) 1=muy adecuado (8<pH<8,5, textura: franco arenoso, franco arcillo arenoso y franco) 2=adecuado (7,5<pH<9,4, textura: franco, arcillo arenoso y franco arcilloso) 3=marginalmente adecuado (7 <pH<9,5, textura: franco limoso, franco arcilloso limoso y arcilla limosa) 4=inadecuado (7>pH o pH<9,6 textura: arena, limo o arcilla). la palmera datilera puede crecer en arena, marga arenosa y arcilla hasta suelos aluviales pesados
Uso de suelo inadecuado	Los usos inadecuados de la tierra para el cultivo de palmeras datileras incluyen humedales, marismas, rocas desnudas, campos de arroz, sitios de construcción, sitios de extracción de minerales, terrenos asociados a carreteras, áreas urbanas y zonas de inundación. Áreas urbanas, montañas, humedales, carreteras y sitios comerciales, se consideraron tipos de uso del suelo inadecuados.
Uso de suelo adecuado	Las <u>tierras agrícolas</u> , incluidas las tierras de cultivo, las zonas con <u>escasa vegetación</u> , las tierras de regadío se consideraron adecuadas para el cultivo de palmeras datileras.
Agua	Disponibilidad de agua es permanente ≤5 km = muy adecuado; disponibilidad de agua estacional en un radio de 5 a 7 km = adecuado; <7Km inadecuadas.
<i>F. oxysporum f. spp</i>	El Índice Ecoclimático (EI) se obtiene multiplicando el GIA (Índice de Crecimiento de la Especie) por los Índices de Estrés dados, estableciendo la medida general de la ubicación o la favorabilidad del año para cierta especie. Cuando el EI < 10 = bajo riesgo (Clase 1). Cuando 10 < EI < 20 = riesgo marginal (Clase 2). Cuando EI > 20 = riesgo (Clase 3).
Caminos	La distancia a caminos influye en el VAN. Las áreas adecuadas = áreas dentro de los 20 km de una carretera principal. No adecuado = áreas a una distancia mayor de 20 km de una carretera principal.

Fuente: Elaboración propia con base en Allbed et al., (2017) y Shabani et al., (2012, 2014a, 2016).

III.2.2 Estudios sobre factibilidad de la inversión

Entre los estudios sobre factibilidad de la inversión se destacan dos, el de : Martínez Vieyra (2012) y el de Nemesio Laguna (2017). Para efectos de este análisis, la relevancia de ambos estudios reside en proporcionar la estructura productiva de la Laguna Salada a través de una memoria de cálculo. La programación de la memoria de cálculo depende de parámetros productivos, comerciales y financieros

(ver Tabla 18); con ellos se construyen los flujos de efectivo. Los flujos de efectivo son el insumo para construir los indicadores financieros y así evaluar la factibilidad.

Tabla 18. Variables necesarias para evaluar la factibilidad de la expansión datilera

Parámetros	Variables
Productivos	Densidad de siembra (hijuelos/ha), superficie a sembrar (ha), mortandad de hijuelos sembrados (% total), capacidad de polinización de la palma macho (hembras/macho), capacidad de reproducción de los hijuelos hembras (hijuelos /hembra reproductora), el promedio de hijuelos nacidos por hijuelo sembrado (2.5 hijuelos / año), el número de años en los que los hijuelos sembrados producen nuevos hijuelos (10 años), la edad a la que empiezan a reproducirse los hijuelos (+4años después de siembra), edad que posee el hijuelo a la hora de trasplante (3 años), rendimiento agrícola promedio (kg/palma), y un porcentaje de merma del rendimiento agrícola (% merma).
Comercial	Precios de los productos (dátiles = A) y subproductos (hijuelos = B), la proporción de hijuelos nacidos que se venderá, el tipo de cambio, la producción anual. Necesidades y costos de: terreno o superficie a sembrar (ha), obra civil, hijuelos a sembrar (material vegetativo), materiales y equipos, permiso de siembra, análisis de suelo, análisis de agua, riego, fertilizantes, pesticidas, mejoradores de suelo, labores culturales, control de plagas, malezas y enfermedades, cosecha, fletes, empleados, seguro agrícola, asistencia técnica e imprevistos.
Financieros	la tasa de interés a la que se contraen las deudas monetarias (D), el porcentaje de las aportaciones previas del productor, socio o gobierno (G) y la TREMA que busca el productor.
Base*	Superficie a sembrar (ha), TREMA (%), Hijuelos vendidos (Hijuelos), Precio del Kilogramo (Pesos), Merma del rendimiento agrícola (%), Tipo cambio (Pesos/USD), Densidad de siembra (Hijuelos sembrados/ha), Mortandad Hijuelos (% hijuelos sembrados), Aportación social (% aportación productor), Capacidad de la palma macho de polinizar (Hembras/Macho), Apoyo financiero gubernamental (% Inversión Inicial), Costo del hijuelo (Pesos/hijuelo), Precio promedio real del combustible (Pesos/Litro), Rendimiento del combustible de la unidad de transporte (km/L), Carga de Transporte de la Unidad de Transporte (kg), Precio Jornal (Pesos/Jornal).

Nota. La programación de estas variables queda reflejada en el Anexo 1. *Se utilizan para el análisis de sensibilidad de la inversión. Fuente: Elaboración propia con base en Martínez Vieyra (2012) y Nemesio Laguna (2017).

Cabe destacar que los estudios divergen en sus objetivos, Martínez Vieyra (2012) buscaba evaluar viabilidad para expandir la superficie productiva, mientras que Nemesio Laguna (2017) evaluó la viabilidad de establecer un empaque datilero. La relevancia de este último recae en que compara los flujos de efectivo entre una productora de dátil y una empaedora de dátil para determinar la viabilidad, dada la metodología, este actualiza la memoria de cálculo de Martínez Vieyra (2012) para sus cálculos y perfecciona algunos parámetros relacionados con demanda de agua local.

La principal crítica principal a estos estudios es la utilización de indicadores sobre la oferta de agua de la región. Aunado a ello, el estudio de Martínez Vieyra (2012) determinan la superficie óptima en función de la factibilidad a nivel granja.

III.2.3 Factores de sustentabilidad

En los territorios datileros, las investigaciones internacionales de Jain et al., (2011), Mihi et al., (2017) y Sharif (2010) son relevantes porque convergen en señalar que el cultivo datilero puede proporcionar los agroecosistemas más sostenibles si:

- 1) Es una industria intensiva en mano de obra.
- 2) Las agroindustrias rodean las principales áreas productoras.
- 3) Bajos costos de producción.
- 4) Juega un papel integral en la vida cultural y religiosa diaria de las personas.
- 5) Detiene el flujo de personas de las zonas rurales a las ciudades.
- 6) Se utiliza para la contención de tormentas de arena.
- 7) Se utiliza para controlar y mitigar la desertificación.
- 8) Proporciona materiales y subproductos.
- 9) Proporciona nutrientes a la población.
- 10) Contribuye a mejorar y mantener los medios de vida en las zonas rurales.
- 11) Produce salarios competitivos.
- 12) Genera trabajo para las mujeres.

Cabe destacar que dichas investigaciones no analizan la sustentabilidad datilera, la mencionan como parte de su justificación.

III.2.4 Estudios hidroagrícolas

Según la FAO (2008), existe una escasez de datos hídricos sobre palma datilera principalmente por la poca difusión de datos regionales y lo tradicional que es la actividad agrícola en los MENA. En 2008, la FAO recopila información hídrica de varios países productores y exponen que la mayor lámina de riego en un país productor de dátil es la estadounidense. Tal país tiene una lámina de 32,000 m³/ha. Bajo este mismo tópico Sánchez Ortega (2021) calcula que en el municipio de Mexicali la lámina de riego promedio por hectárea de palma datilera es de 13,338.08 m³/ha. Si bien, las escalas de producción son nacionales y la Laguna Salada es una micro-región, se pueden usar para aproximar un valor de demanda de agua.

Otros estudios hidroagrícolas relevantes son los de Allen et al., (2006) y Tripler *et al.*, (2011), se destacan porque mencionan que los nuevos plantíos son los menos tolerantes a la sal. Allen *et al.*, (2006)

menciona que la salinidad en la zona radicular³ a partir de la cual comienza a reducirse la productividad del cultivo⁴ es de 4 dS/m y puede variar dependiendo del clima, condiciones del suelo y prácticas culturales. Tripler *et al.*, (2011), por su parte, estimaron que si el riego con agua cuya conductividad eléctrica llega a estar entre 8 dS/m y 12 dS/m, el cultivo deja de ser rentable y la productividad de las nuevas palmas datileras puede verse reducida entre un 50% y 80% por efectos de la sal.

III.3.- Estudios sobre estimaciones de agua subterránea

Ante los escasos datos sobre agua subterránea y lo costoso que resultan las investigaciones *in situ*, estudios internacionales utilizan imágenes del satélite *Gravity Recovery and Climate Experiment* (GRACE) de la *National Aeronautics and Space Administration* [NASA] y del *Deutsches Zentrum für Luft* [DZL] en combinación con las del *Global Land Data Assimilation System* (GLDAS) de la NASA para: determinar el agotamiento de las aguas subterráneas en el centro-norte de Oriente Medio; medir el cambio de agua subterránea en la cuenca baja de los ríos Nilo, Tigris y Éufrates; estimar el reservorio de agua en toda la región MENA y medir el comportamiento a largo plazo de la cuenca del río Colorado en los Estados Unidos (Lezzaik & Milewski, 2018; Longuevergne *et al.*, 2013; Scanlon *et al.*, 2015; Voss *et al.*, 2013).

GRACE proporciona la variación en el total de aguas subterráneas, mientras que GLDAS proporciona las variables para desagregar el volumen medido por GRACE (Lezzaik & Milewski, 2018; Longuevergne *et al.*, 2013; Scanlon *et al.*, 2015; Voss *et al.*, 2013). Las imágenes de GRACE trabajan con resoluciones espaciales de 1° y 0.5°, mientras que las imágenes GLDAS poseen una resolución espacial de 0.25° (Ouma *et al.*, 2015). Según Ouma *et al.*, (2015) y Scanlon *et al.*, (2015), el requisito para solamente utilizar las imágenes GRACE es analizar un área de estudio de al menos 200.000 km². Si bien no se ha calculado la precisión específica de los datos de GLDAS, Li *et al.*, (2019) señalan que la combinación de ambas imágenes mejora la estimación sobre agua subterránea entre un 10% y 36% que sin combinarlas; mientras que Ouma *et al.*, (2015) señala que se han utilizado en áreas dos órdenes menor que las de GRACE ($\approx 1,000$ km²) con un buen ajuste.

Es importante destacar que GLDAS es un sistema de simulación robusto que incorpora mediciones terrestres *in situ* y productos de datos de observación basados en satélites, para ello, utiliza técnicas avanzadas de modelado de superficie terrestre y asimilación de datos (Ouma *et al.*, 2015). Los

³ La salinidad en la zona radicular se mide como la conductividad eléctrica en el extracto de saturación del suelo y se expresa en deciSiemens por metro (dS/m) a 25°C

⁴ 3.6% por cada 1dS/m adicional

datos GLDAS están disponibles públicamente en cuatro versiones/modelos⁵ desde 1948 (Rzepecka & Birylo, 2020). Los modelos GLDAS solo permiten simular cambios impulsados por interacciones tierra-atmósfera (Kumar et al., 2016; Niu et al., 2007). Los datos son usados ampliamente en muchas aplicaciones, por ejemplo, predicción meteorológica y climática, aplicaciones de recursos hídricos e investigaciones del ciclo del agua (Li, Rodell, Sheffield, et al., 2019; Ouma et al., 2015).

De los cuatro modelos proporcionados por GLDAS, el *Catchment Land Surface Models* (CLSM) es el único modelo que contiene la variable de almacenamiento de agua subterránea (Li et al., 2018, 2020; Li, Rodell, Kumar, et al., 2019). Según Rui & Beaudoin, 2020, el CLSM calcula *Almacenamiento de Agua Subterránea* (AAS) a través de restar al *Almacenamiento de Aguas Terrestres* (AAT), la *Humedad de Suelo en la Zona Raíz* (HSR), el *Equivalente de Agua de Nieve* (SWE) y la *lluvia interceptada por los árboles* (CI) (ver ecuación 17)

$$AAS = AAT - HSR - SWE - CI \quad (17)$$

Las transferencias de agua entre estos reservorios se rigen por parámetros empíricos basados en la topografía, las propiedades del suelo y las tasas de transferencia de humedad promedio dentro de diferentes perfiles. Mientras que las profundidades del perfil están determinadas por el parámetro CLSM y la profundidad del lecho rocoso (Li, Rodell, Sheffield, et al., 2019). Entre sus debilidades está el ser un modelo básico de la realidad (Li, Rodell, Kumar, et al., 2019) y poseer una resolución espacial mínima de 0.25° (Rui & Beaudoin, 2020).

En áreas de estudio más pequeñas que 200,000 km², las investigaciones ajustan las estimaciones de GRACE-GLDAS con datos puntuales in situ: altimetría, caudal pluvial y caudal, nivel de agua en los pozos, litología (Ouma et al., 2015; Rzepecka & Birylo, 2020; Verma & Katpatal, 2020). Los resultados siguen siendo significativos, pero Rzepecka & Birylo (2020) y Li et al., (2019) señalan que una baja resolución puede provocar un desfase temporal de la serie.

Para áreas más pequeñas, varios autores han implementado la interpolación de datos espaciales (Gunarathna et al., 2016; Kazemi et al., 2017; Mirzaei & Sakizadeh, 2016; Ohmer et al., 2017; Xiao et al., 2016). Las ventajas y desventajas de tal técnica de análisis cartográfico se pueden observar en la sección II.5.1.3 del presente documento.

⁵ NOAA (*National Centers for Environmental Prediction / Oregon State University / Air Force / Model of Hydrological Research Laboratory*), CLSM (*Catchment Land Surface Models*), VIC (*Variable infiltration capacity*) y Mosaic.

CAPÍTULO IV.

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se contempla el proceso metodológico que se siguió para determinar en qué medida la expansión de la superficie datilera en el territorio árido de la Laguna Salada puede vulnerar su capacidad para desarrollarse sustentablemente. Por la escasez de investigaciones en la zona de estudio y la actividad económica estudiada, esta investigación es exploratoria; mientras que por su objetivo es cuantitativa. Técnicamente es una evaluación de la vulnerabilidad que, tal como sugiere Tschakert et al., (2013), se divide en tres fases metodológicamente independientes: Exposición, Fragilidad y Capacidad de Adaptación. La información utilizada para analizarlos es secundaria.

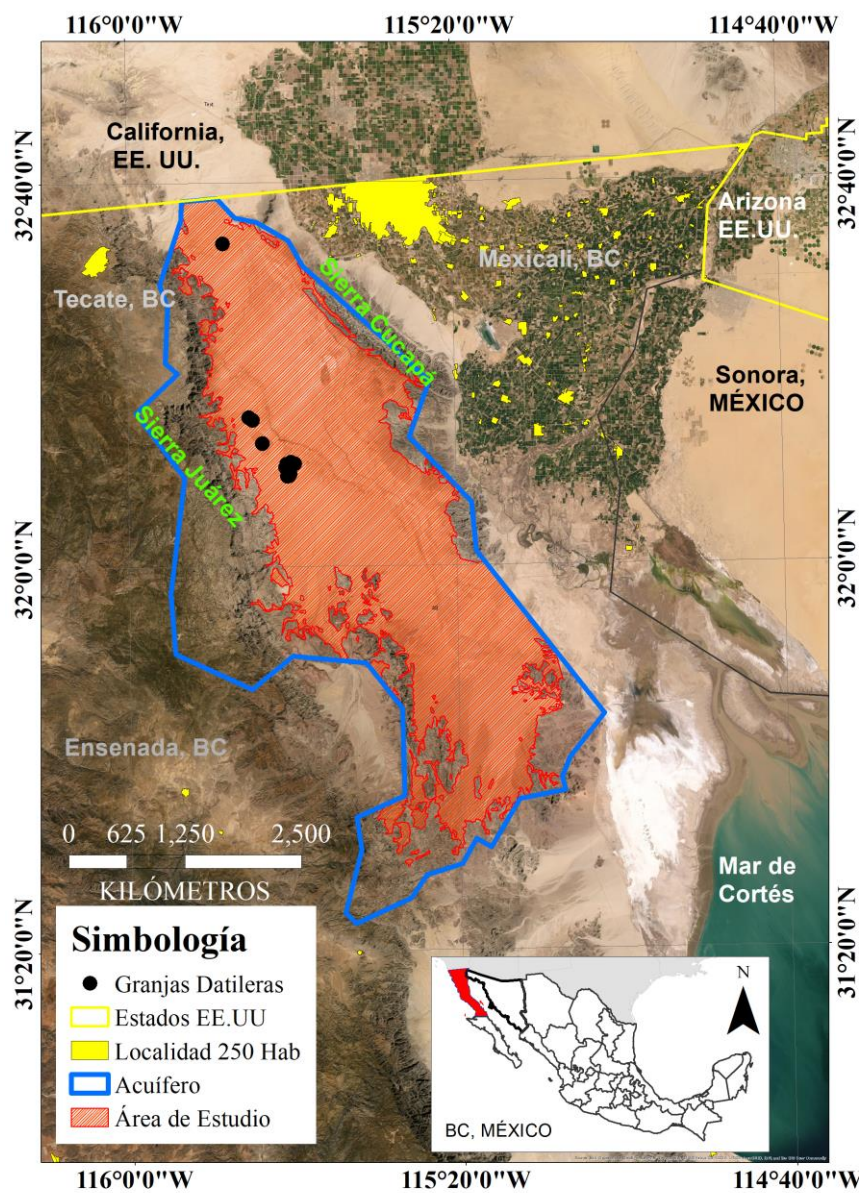
Por otra parte, el motivo por el cual se seleccionó la Laguna Salada como área de estudio tiene que ver con: la fragilidad intrínseca de su ecosistema (desierto), solo producir dátil con un sistema de riego por goteo, haber poseído un déficit hídrico; pero sobre todo porque sus productores desean expandir su producción y su acuífero es el que menos información hidro-productiva posee de los acuíferos datileros de la principal zona de producción del continente americano.

El capitulado será dividido en dos partes. La primera parte expondrá las características básicas de la zona de estudio; mientras que la segunda describirá el proceso de cada fase metodológico.

IV.1.- La Laguna Salada: el área de estudio

El territorio de la Laguna Salada se encuentra ubicado en el noroeste de México, en el estado de Baja California, entre los municipios de Mexicali, Ensenada y Tecate. Limita al norte con el estado de California en Estados Unidos, al este con la Sierra Cucupá y al oeste con la Sierra Juárez (ver Figura 6). Hasta los años ochenta, el territorio recibía afluentes del Río Colorado; actualmente, dicho territorio depende en un 100% del agua subterránea para cualquier actividad humana (CONAGUA, 2020a).

Figura 6. Área de estudio



Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2020a) y INEGI (2020b).

Según el *Sistema de Información Geográfica para el Manejo de Aguas Subterráneas (SIGMAS)* de la *Comisión Nacional del Agua en México (CONAGUA)* el acuífero de la Laguna Salada es el 0209, el cual se encuentra ubicado en la Región Hidrológica No. 4 Baja California Noroeste (Laguna Salada), en la subcuenca Laguna Salada y forma parte de la vertiente del Océano Pacífico; y cubre una superficie aproximada de 5,689 km².

Las temperaturas promedio reportadas por la CONAGUA (2015b, 2018, 2020a) rondan los 19.1°C y 21.8 °C. En verano la temperatura sube hasta los 41.6°C (Fick & Hijmans, 2017; Harris et al., 2014). En cuanto a la evaporación del agua, esta varía entre 160 mm/año y 2340 mm/año, y su perfil de conductividad eléctrica está entre 300 y 1700 µS/cm (CONAGUA, 2015a, 2020a). Los valores de concentración más altos se registran en la zona sur del acuífero; mientras que los menores se ubican hacia las zonas de recarga que se ubican en la porción occidental del acuífero (CONAGUA, 2015a, 2020a).

La extracción de agua de 17.9 hm³ en el acuífero (CONAGUA, 2020a). El sector agrícola es quién consume el 92.2% del volumen extraído del acuífero. La única actividad económica registrada en la secretaría agraria es la producción de dátil (SEDAGRO, 2018b). El número total de productores datileros es de 28, mientras que la superficie sembrada actual con palma datilera es de 93.86 ha y la superficie cosechada se aproxima a 10.99 ha (SADER, 2018; SEDAGRO, 2018c).

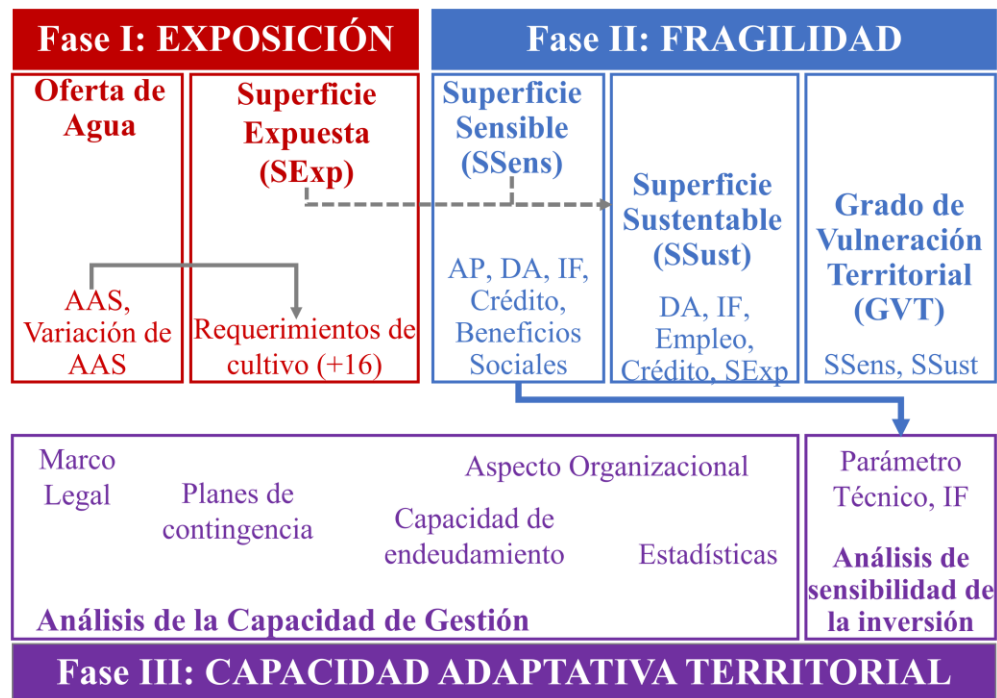
En términos generales, la Laguna Salada produce un poco más de 20.7 toneladas de dátil con un rendimiento agrícola de 5.1 toneladas/ha (Nemesio Laguna, 2017). Productivamente hablando, el territorio pertenece a la región que produce el 99% del dátil del continente americano (Condados de: Coachella, Indio y Yuma en EE. UU.; y los municipios mexicanos de: Mexicali y San Luis Río Colorado Sonora). En cuanto a la densidad de población es menor o igual a 0.0017 habitantes (no se puede saber por protección de datos) (INEGI, 2020a). El 100% de la población está relacionada con cultivo del dátil (Nemesio Laguna, 2017).

La EV desarrollada por esta tesis contemplará como **área de estudio el acuífero aluvial, cuya extensión territorial es de 3,370 km²** (ver región de color rojo en Figura 6).

IV.2.- Fases metodológicas

Como la EV depende de tres aspectos: Exposición, Fragilidad y Capacidad de adaptación; cada uno de ellos integra una fase metodológica y tiene un procedimiento propio (ver Figura 7).

Figura 7. Fases metodológicas de la evaluación de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia. AAS =Almacenamiento de Agua Subterránea, AP =Aspectos productivos, DA = Demanda de agua del cultivo, IF = Indicadores financieros.

IV.2.1 Fase I: De la Exposición del Territorio

La **Exposición del Territorio** estimó la Superficie de la Laguna Salada que será Expuesta (*SExp*) a la expansión de la superficie datilera con base en la máxima idoneidad de su territorio. Debido a ello realizó un análisis de idoneidad del territorio, el cual desarrolló previamente un **análisis espacio-temporal de la Oferta de Agua (OA)** dada la escasez de información hidrológica de la Laguna Salada.

IV.2.1.1 De la información necesaria

Tomando en cuenta las variables de los análisis de idoneidad climática citados en la sección III.2.1, la necesidad de hacer un análisis de OA para la producción y las características de la información disponible para la Laguna Salada, la información requerida en esta fase fue:

- 1. imágenes satelitales** sobre Almacenamiento de Agua Subterránea (AAS), Variación anual del AAS, Humedad de Suelo en la Zona Raíz (HSR), Precipitación (P), Temperatura Promedio (Tmean), Evapotranspiración (ET), Precipitación menos Evapotranspiración (P-ET), Factor internacional de estrés hídrico donde empieza la escasez hídrica.
- 2. Cartografía sobre:** suelo inadecuado (zona de humedales y zona de inundación), edafología, vegetación y uso de suelo, zona arenosa, topografía (pendiente), ejidos (área ejidal y tenencia de

la tierra), beneficiarios ejidales (beneficiarios, disponibilidad de superficie para crecer), disponibilidad de mano de obra (disponibilidad de la mano de obra y distancia del empaque a con la mano de obra) e infraestructura existente (distancia a los insumos, empaque, caminos y carreteras).

- 3. Información estadística** sobre: ejidos dentro del área de estudio, número de familias con título de propiedad, número de hectáreas por familia, proporción de área ejidal dentro del acuífero.

El periodo de análisis de las imágenes satelitales fue de enero de 1984 a diciembre de 2020. Se eligió el año 1984 como inicio del periodo de investigación porque coincide con la entrada de un nuevo presidente al país, es el año en el que inicia el actual modelo de desarrollo (el neoliberal), según Eakin & Luers (2006), las políticas neoliberalistas han incrementado la vulnerabilidad de algunas superficies agrícolas mexicanas y, porque por tal época, la Laguna Salada deja de recibir los afluentes del Río Colorado.

Para el análisis de idoneidad se excluyeron la variable climatológica y el ráster sobre el riesgo de que la palma datilera contraiga una enfermedad letal causada por *Fusarium oxysporum f. spp.* a causa de las perspectivas de cambio climático. La razón principal de excluir el clima radicó en que anteriormente estudiosos han determinado que, durante los próximos ochenta años, la superficie del oeste de México será cada vez más apta para la siembra de palma datilera (Shabani et al., 2012); mientras que la exclusión del riesgo de enfermedad fue por la indisponibilidad de datos puntuales. Cabe destacar que las variables climáticas (P, Tmean, ET, P-ET) solo se incluyen en el análisis de OA pues son factores que pueden explicar sus variaciones (ver Scanlon et al., 2015, 2021).

Las variables relacionadas con el área ejidal fueron incluidas porque la Ley Agraria delimita en donde puede llevarse a cabo una actividad agraria y donde no (Art. 92). Otras variables que se incluyeron fueron: beneficiarios y trabajadores, ya que la sustentabilidad del agroecosistema datilero depende de aspectos sociales los cuales no fueron incluidos en análisis de idoneidad climática (ver III.2.3). En este caso, beneficiarios hace referencia a las familias que están legalmente asociadas a la Laguna Salada según el *Registro Agrario Nacional [RAN]*; mientras que la variable trabajadores se encuentra en función del número de pobladores de áreas circunvecinas pues según Nemesio Laguna (2017) el área de estudio está a más de 46 km de una población con servicios públicos básicos, lo cual restringe la oferta laboral.

Como el agua es un insumo para la producción y los estudios de idoneidad climática la miden a través de la distancia existente, se incluye la variable distancia a insumos. Otras distancias que se consideraron fueron la distancia a carreteras, la distancia a empaque pues previamente autores han

señalado que influyen en la merma de la producción y, por tanto, en la rentabilidad de las granjas datileras (Baloch et al., 2014; Nemesio Laguna, 2017). La distancia óptima se consideró en función de la mitad de la distancia a caminos que considera Shabani et al., (2016).

Por último, como ningún estudio de idoneidad climática toma en cuenta el estatus hidrológico subterráneo como posible fuente de agua y es la principal condición de la Laguna Salada, se introdujo este factor mediante lo que se le denomina *Almacenamiento de Agua Subterránea (AAS)*. El cual se clasificó según su abundancia desde el año de mayor acumulación (AMA) al actual y según su variación.

IV.2.1.2 De las fuentes de información

La Tabla 19 presenta las fuentes de información necesarias de donde se extrajeron las variables.

Tabla 19. Cartografía necesaria para la FASE I

Base de datos (Periodo descarga)	Información descargada	Unidad de medida	Temp*	Resolución / Escala	Tipo archivo
GLDAS CLSM D_2.0 (Ene84 a Nov14)	Almacenamiento de Agua Subterránea (AAS)	mm/día	mes	0.25°	Imágenes satelitales
GLDAS CLSM DA1_D_2.2 (Feb03 a Dic20)	Almacenamiento de Agua Terrestre (AAT)	mm/día	mes	0.25°	
	Humedad de Suelo en zona raíz (HSR)	Kg/m ² /3hrs	Mes	0.25°	
WorldClim 2.0 (Ene84 a Dic18)	Precipitación (P)	mm/día	Mes	2.5 min	Imágenes satelitales
	Temperatura Máxima (Tmax)	°C	Mes	2.5 min	
	Temperatura Mínima (Tmin)	°C	Mes	2.5 min	
CONAGUA (2020b)	Acuífero 0209 Laguna Salada	n/a	n/a	1: 250 000	Cartografía
INEGI (2013)	Relieve Continental	n/a	n/a	1: 250 000	Cartografía
	Edafología	n/a	n/a	1: 250 000	
	Humedales potenciales	n/a	n/a	1: 250 000	
	Topografía	n/a	n/a	1: 250 000	
	Vegetación y uso de suelo	n/a	n/a	1: 250 000	
	Localidades	n/a	n/a	1: 250 000	
	Vías de comunicación	n/a	n/a	1: 250 000	
RAN (2022a)	Núcleos Agrarios	n/a	n/a	1: 250 000	Cartografía
	Tierras de uso común	n/a	n/a	1: 250 000	
	Zonas de Tierras Parceladas	n/a	n/a	1: 250 000	
	Zonas de Asentamientos humanos	n/a	n/a	1: 250 000	
RAN (2022b)	Número de familias con título de propiedad en los ejidos de la Laguna Salada	n/a	n/a	n/a	Estadísticas
	Número de hectáreas por familia por ejidos de la Laguna Salada	n/a	n/a	n/a	
	Proporción de área ejidal dentro del acuífero	n/a	n/a	n/a	

Nota. GLDAS-CLSM está disponible en <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> y su fuente oficial es: Li et al., (2018, 2020). WorldClim está disponible en <https://www.worldclim.org/data/index.html> y su fuente oficial es: Fick & Hijmans (2017) y Harris et al., (2014). Información de INEGI (2013) es la más actualizada y está disponible en INEGI (2020b). *Temporalidad. No aplica = n/a.

Por las características de las imágenes satelitales y las necesidades de información del cultivo se tuvo que realizar un procesamiento previo a los cálculos. La preparación de las imágenes satelitales constó de diez pasos, los cuales se describen en la Tabla 20.

Tabla 20. Pasos seguidos para procesar las imágenes satelitales

Pasos	Resultados generados
1. Descargar las imágenes satelitales del GLDAS_CLSM de acuerdo con las coordenadas: -116.3,31.25,-114.71,33.00.	Del GLDAS_CLSM 2.0= $AAS_{v2.0}$, $AAT_{v2.0}$, $HRS_{v2.0}$, GLDAS_CLSM 2.2= $AAS_{v2.2}$, $AAT_{v2.2}$ y $HRS_{v2.2}$
2. Descargar las imágenes satelitales del WorldClim y recortar área de acuerdo con las coordenadas: -116.3,31.25,-114.71,33.00.	P , $Tmax$ y $Tmin$
3. Con los resultados del paso 2. En ArcGIS 10.5: calcular Temperatura Media ($cTmean$) promediando $Tmax$ y $Tmin$; obtener Evapotranspiración potencial (cET) bajo el Método de <i>Thornthwaite</i> y calcular la variable “Precipitación menos Evapotranspiración” ($cP - ET$), restando de P la ET .	$cTmean$, cET , $cP - ET$
4. Convertir las unidades de las imágenes GLDAS_CLSM a m/mes.	<i>Imágenes calculadas en m/mes:</i> $cAAS_{v2.0}$, $cAAT_{v2.0}$, $cHRS_{v2.0}$, $cAAS_{v2.2}$, $cAAT_{v2.2}$ y $cHRS_{v2.2}$
5. Extraer las 48 coordenadas del Anexo 2 en P y en todas las imágenes calculadas y convertidas (resultados paso 3 y 4).	<i>Archivos de puntos de las variables:</i> $cAAS_{v2.0}$, $cAAT_{v2.0}$, $cHRS_{v2.0}$, $cAAS_{v2.2}$, $cAAT_{v2.2}$ y $cHRS_{v2.2}$, P , $cTmean$, cET , $cP - ET$
6. Exportar los resultados del paso 5 a Excel.	<i>Libros Excel de las variables:</i> $cAAS_{v2.0}$, $cAAT_{v2.0}$, $cHRS_{v2.0}$, $cAAS_{v2.2}$, $cAAT_{v2.2}$ y $cHRS_{v2.2}$, P , $cTmean$, cET , $cP - ET$.
7. Crear una matriz de datos mensual para cada Libro de Excel (resultados del paso 5). El mes irá en los renglones y las coordenadas en las columnas.	<i>Matriz mensual de:</i> $cAAS_{v2.0}$, $cAAT_{v2.0}$, $cHRS_{v2.0}$, $cAAS_{v2.2}$, $cAAT_{v2.2}$ y $cHRS_{v2.2}$, P , $cTmean$, cET , $cP - ET$.
8. Unir mediante una regla de tres, las matrices mensuales (resultados del paso 7) que pertenezcan a la misma versión de GLDAS_CLSM.	<i>Matrices mensuales unidas = $uAAS$, $uAAT$ y $uHSR$.</i>
9. Calcular la serie estimada de datos mensuales promediando las coordenadas c1-c13 del Anexo 2 en cada matriz mensual generadas hasta el momento (resultados del paso 7 y 8) y encontrar $eP - ET$ restando eP y eET .	<i>Series mensuales estimadas por variable= $eAAS$, $eAAT$, $eHSR$, eP, eET, $eTmean$, $eP - ET$</i>
10. Anualizar series mensuales	<i>Series anuales estimadas por variable= AAS^*, AAT^*, HSR^*, P^*, ET^*, $Tmean^*$, $P - ET^*$</i>

Nota. Las series anuales por variable están disponibles en el Anexo 5. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la cartografía del RAN, esta se complementó con su estadística. Este proceso fue fácil porque la cartografía se encontraba en polígonos.

IV.2.1.3 Del análisis de la oferta de agua (OA)

El *análisis de la Oferta de Agua (OA)* tuvo cuatro objetivos:

1. estimar para los años 2020 y 2030, la oferta de agua anual disponible para producir sin que su extracción induzca escasez hídrica en los años;
2. identificar que variables modifican el AAS,
3. determinar las zonas con mayor AAS en 2020 y
4. conocer las que más han variado tal almacenamiento respecto al Año con Mayor Acumulación (AMA).

La ecuación (18) se utilizó para estimar la oferta de agua anual disponible para producir sin que su extracción induzca escasez hídrica:

$$OAS = AAS^* * Sup_{LS} * 0.25 \quad (18)$$

donde: *OAS* es la oferta de agua anual disponible para producir sin que su extracción induzca escasez hídrica; *AAS** es el almacenamiento de agua subterránea anual estimado para el área de estudio; *Sup_{LS}* la superficie del área de estudio; 0.25 es el factor internacional de estrés hídrico donde empieza la escasez hídrica según las Naciones Unidas (FAO & UN-Water, 2021).

Conocer el *OAS* del 2030 dependió de: encontrar la mejor recta de regresión lineal para *AAS**, proyectar sus valores y sustituir los valores en la ecuación (18). Por otra parte, identificar las variables que más modifican el volumen de *AAS** necesitó de realizar regresiones lineales entre *AAS* y las posibles variables explicativas⁶: *AAT**, *HSR**, *P**, *ET**, *P – ET** y *Tmean**.

Determinar las zonas con mayor Variación de AAS se obtuvo clasificando la diferencia entre los mapas interpolados de *AAS_2020* y *AAS_AMA* en cuatro zonas de *AAS*. Para lograr el cometido se recurrió a la matriz mensual de *AAS* (*uAAS*), la cual se convirtió en matriz anual (*mAAS**) sumando los valores de enero a diciembre de cada año. Después se exportaron a ArcGIS 10.5 los valores del *mAAS** del AMA y del 2020. En ArcGIS, la *mAAS** del AMA y la del 2020 fueron interpoladas con la herramienta de *Interpolación de Spline*. La interpolación permitió reducir el Pixel del GLDAS de ≈26,000 m a 100 m. Posteriormente se restó la imagen interpolada del *AAS_2020* a la imagen interpolada del *AAS_AMA*. La diferencia se clasificó en cuatro zonas de *AAS*, cada una de ellas tiene el mismo rango.

Por otra parte, conocer las zonas con mayor AAS del 2020 dependió de: clasificar el mapa interpolado de *AAS_2020* en cuatro zonas de *AAS* de igual magnitud (rango). Se utilizó ArcGIS para identificar el valor máximo de *AAS* en el mapa interpolado del *AAS_AMA* y para identificar el valor mínimo de *AAS* en el mapa interpolado de *AAS_2020*. Una vez obtenido el rango general de *AAS*, este

⁶ Estas variables se obtienen del paso 10 de la Tabla 20

matemáticamente se dividió en cuatro para obtener porciones (rango) iguales de AAS. Posteriormente, los valores de cada rango fueron introducidos en ArcGIS. La herramienta que ayudó a clasificar el mapa de interpolado de AAS 2020 en cuatro zonas de AAS fue la herramienta “*Reclassify*”.

Cabe destacar que para la interpolación no se utilizó el interpolador e *Kriging* porque el software requería un archivo de más de 60 puntos (o 60 coordenadas), tampoco se utilizó el interpolador *IDW* porque analiza datos climáticos.

IV.2.1.4 Del análisis de idoneidad territorial

El análisis de idoneidad territorial requirió de: promediar 18 variables clasificadas por idoneidad productiva y delimitar su tamaño en kilómetros. Todas ellas con el mismo peso específico. La Tabla 21 muestra las variables utilizadas en el análisis de idoneidad productiva.

Tabla 21. Variables para el análisis de idoneidad

Temáticas	Variable	Descripción	Fuentes
T1. Hidrología Subterránea*	V01. AAS 2020	Ráster que representa la distribución espacial del espesor del almacenamiento de agua subterránea del año 2020 medido en m/año.	(Sección IV.2.1.3)**
	V02. Variación AAS 2020-AMA	Ráster que representa la distribución espacial de la variación existente del almacenamiento de agua subterránea del año 2020 y el AMA medido en m/año.	
T2. Suelos y Topografía*	V03. Edafología	Ráster que muestra la distribución espacial de los tipos de suelo en el territorio nacional.	INEGI (2020b)
	V04. Pendiente del terreno (Grados)	Ráster que muestra la distribución espacial de la inclinación o desnivel del suelo adecuado para que la palma una vez sembrada continúe viva	
	V05. Zona Arenosa	Ráster que muestra la distribución espacial de los tipos de arenas en el área de estudio.	
T4. Zonas Inadecuadas*	V06. Zona de Humedales	Ráster que muestra la distribución espacial de la existencia de zonas de inundación en el área de estudio.	
	V07. Zona de Inundación	Ráster que muestra la distribución espacial de la existencia de zonas de inundación en el área de estudio.	
T3. Vegetación y Uso de Suelo*	V08. Uso de Suelo	Ráster que muestra la distribución espacial de los tipos de uso de suelo (Ecológica, Florística y Fisionómica, Agropecuario, otro) existentes en el área de estudio.	
	V09. Vegetación	Ráster que muestra la distribución espacial de diversas clasificaciones de la vegetación (por: grandes grupos, tipos, y características).	
T5. De los ejidos*	V10. Área Ejidal	Ráster que muestra la distribución espacial de la existencia de Ejidos en el área de estudio.	RAN (2022a, 2022b)
	V11. Tenencia de la tierra	Ráster que muestra la distribución espacial del tipo de régimen legal.	
	V12. Disponibilidad de superficie para Crecer	Ráster que muestra la distribución espacial de las hectáreas con títulos de propiedad en los ejidos dentro del área de estudio. (ha/familias).	

T6. De los beneficiarios	V13. Beneficiarios	Ráster que muestra la distribución espacial del número de familias con título de propiedad en los ejidos dentro del área de estudio. (Familias).	
T7. De los trabajadores	V14. Distancia a los trabajadores	Ráster que muestra distancias euclidianas mínima que el productor tiene que recorrer para hacerse de mano de obra (km). Distancia hacia localidades cercanas.	INEGI (2020b)
T8. Infraestructura Existente*	V16. Distancia a Insumos	Ráster que muestra distancias euclidianas mínima que el productor tiene que recorrer para hacerse de insumos. Distancia con la Colonia Progreso (km).	
	V17. Distancia a Empaque	Ráster que muestra distancias euclidianas de los ejidos en el área de estudio respecto al empaque de la Laguna Salada (km)***	Nemesio Laguna (2017)
	V18. Distancia a Caminos	Ráster que muestra distancias euclidianas de los ejidos en el área de estudio respecto a caminos (km).	INEGI (2020b)
	V19. Distancia a Carreteras	Ráster que muestra distancias euclidianas de los ejidos en el área de estudio respecto a carreteras (km).	

*Se obtiene promediando sus variables. **Li et al., (2018, 2020) es la fuente original. ***Nemesio Laguna (2017) proporciona la ubicación del empaque. Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 22 muestra cómo se obtuvo la calificación de Edafología, la cual fue clasificada de acuerdo con la descripción del mapa edafológico de INEGI (2013) y de Allbed et al., (2017).

Tabla 22. Clasificación del ráster de Edafología

Edafología	Parámetro	Clasificación
Arenosol y Luvisol	7	CALIF. EDAFO = (Parámetro *60%) + (Parámetro *20%) + (Parámetro*20%)
Cambisol yVertisol	5	IDONEIDAD:
Fluvisol, Phaeozem, Regosol Solonetz	3	Alta = 7>CALIF. EDAFO > 5 Medio-Alta =5<CALIF. EDAFO> 3 Media-Baja = 3>CALIF. EDAFO>1
Otros	1	Baja = 1>CALIF. EDAFO>0

Nota. El 60% y 20% tienen que ver con la composición del suelo según INEGI. Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020b), SEFOA (2014), Shabani et al., (2012, 2013, 2014a, 2014b, 2015, 2016), Shabani & Kumar (2012) y SISPRODA (2015).

La clasificación y criterios de clasificación de las variables se muestra queda señalada en la Tabla 23.

Tabla 23. Términos en los que se clasificó cada ráster

Ráster	Criterio	Alta (7)	Media-Alta (5)	Media-Baja (3)	Baja (1)	Nula (0)
V01. AAS 2020 (m/mes)	Los oasis desérticos son los más idóneos para palma datilera debido a la abundancia relativa de agua y factores climáticos (Montazar et al., 2020; Shabani et al., 2015). Debido a ello estas capas se clasifican de acuerdo con su abundancia. Los mapas utilizados son los interpolados y clasificados de la sección IV.2.1.3 Shabani et al., (2016).	Entre 188.3 y 208.9	Entre 168.1y 188.3	Entre 145.8 y 168.1	Entre 127.6 y 145.8	
V02. Variación AAS 2020-AMA (m/mes)		Entre -11.5 y -17.1	Entre -17.1 y -22.4	Entre -22.4 y -28.3	Entre -28.3 y -33.9	
V04. Pendiente del terreno (grados)		Menor a 10			Mayores a 10	
V05. Zona Arenosa	Según discrepancias entre Shabani et al., (2014) y Allbed et al., (2017). Para los primeros son más importantes las texturas de suelo, mientras que los segundos no.	Arena			Dunas	No Aplica
V06. Zona de Humedales	Según Shabani et al., (2014a, 2016) estas son usos de suelo inadecuados para la producción datilera.	No existencia			Existencia	
V07. Zona de Inundación		No existencia			Existencia	
V08. Uso de Suelo	Con base en la descripción de uso de suelo de INEGI (2020b)	Agropecuaria			EFF	
V09.1 Vegetación por grandes grupos.	Según Allbed et al., (2017) esta variable debe clasificarse en función de la escasez. Aunado a ello, se siguió la descripción de la vegetación de INEGI (2020b).	No aplicable	Vegetación inducida	VH y MX	OTV	
V09.2 Tipo de Vegetación		Sin vegetación aparente	(los demás tipos de vegetación)	VG, VHH, PI	OTV	
V09.3 Características de la Vegetación		No aplicable	Secundaria	Primaria	No disponible	
V10. Área Ejidal	Con base en la Ley Agraria Capitulo II define las zonas ejidales y dónde se puede producir.	Existencia			No Existencia	
V11. Tenencia de la tierra (Régimen legal)		Zona parcelada	Tierras de uso común	Asentamiento humano	No Ejidal	
V12. Disp. Superficie a Crecer (ha/Familias)	Con base en las características de los ejidos del RAN (2022a, 2022b) sobre familias y extensión del ejido. Cabe destacar que no existen datos entre rangos, es decir, que no existen valores entre 51.6-119, 899-1288, o menores a 35. De allí su clasificación.	De 1288 a 1979	Entre 119 y 899	Entre 35 y 51.6	Sin disponibilidad	
V13. Beneficiarios	Con base en las características de los ejidos del RAN (2022a, 2022b) sobre familias y extensión del ejido. La concentración (frecuencia) y heterogeneidad de los datos hizo delimitar los mismos.	Entre 40 y 83	Entre 10 y 40	Hasta 10	Sin beneficiarios	No Ejidal
V15. Dist. Trabajador (km)	Shabani et al., (2016) utiliza un indicador de distancia de insumos (fuentes de agua) e infraestructura (caminos) de gran idoneidad cuando las superficies	Menor que 10		Mayor a 20		
V16. Dist. Insumos (km)		Menor a 10		Mayor a 20		
V17. Dist. Empaque (km)		Menor que 10		Mayor a 20		

V18. Dist. Caminos (km)	productivas se encuentran entre 5 y 20 km. Supone que en 20 km se afecta la VAN pero no señala el porqué. En ese sentido, para otorgar mayor rigor al indicador de distancia tomamos la mitad de km de Shabani y compañía como distancia idóneamente apta, la siguiente idoneidad es de 20 y lo demás lo referenciamos como baja idoneidad como lo hace Shabani et al.,	Menor a 5	Entre 5 y 20	Mayor a 20
V19. Dist. Carreteras (km)		Menor a 10	Entre 10 y 20	Mayor a 20

EFF = Ecológica, Florística y Fisionómica, MX = Matorral xerófilo, PI = Pastizal inducido, VG = Vegetación de galería, VH = Vegetación hidrófila, VHH = Vegetación halófila hidrófila, OTV = Otros tipos de vegetación. *Disponibilidad. Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2 Fase II. De la Fragilidad del Territorio

Esta tesis supone que la *fragilidad del territorio* inicia cuando los productores establecen o quieren establecer una superficie productiva (*SSens*) que es más grande que la sustentable. Dados los objetivos del desarrollo sustentable, la *Superficie Sustentable (SSust)* es: el número de hectáreas que el productor ostenta (o puede ostentar) y que producen (o generarán) el menor impacto al ecosistema, los mayores beneficios sociales y la mayor rentabilidad posible. Por tanto, conocer *SSust* dependió de encontrar los diferentes *Umbrales Superficiales (USup)* de la sustentabilidad. La evaluación de la factibilidad de la inversión adaptada fue desarrollada para tal cometido.

Por otra parte, conocer *en qué medida matemática se fragiliza el territorio* cuando los productores establecen una superficie errónea dependió de encontrar la diferencia entre diferentes *SSens* y la *SSust*. Según teóricos de la vulnerabilidad (Brugère & De Young, 2015; Luers et al., 2003), los productores pueden verse afectados de diversas formas, por lo que es importante conocer: quién puede verse afectado o no, qué variable lo induce a ello, y cuánto daño puede causar. Debido a ello fue necesario analizar primeramente la situación productiva-financiera de los productores e identificar qué factor explica más las variaciones del *Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)*. Por todo lo anterior, conocer la ***Fragilidad del Territorio*** tuvo cuatro objetivos:

1. describir la situación productiva-financiera actual del territorio de la Laguna Salada (análisis *SSens*),
2. estimar *SSust* con base en sus *USup*,
3. medir el *GVT* inducido por los productores al establecer una superficie distinta a la sustentable,
4. identificar las variables que más influyen en el *GVT*.

Como la literatura actual sobre palma datilera señala que el cultivo datilero promueve la sustentabilidad del agroecosistema por beneficios producidos en países datileros (ver sección III.2.3), el análisis de *SSens* debía incluir los beneficios e impactos que produce la superficie de palma datilera en el territorio, estos últimos debían ser comparados con el cultivo del aguacate pues es este el que se ha señalado como el cultivo cuya expansión causa daños al medio ambiente que hacen insostenible su producción (Ochoa Ayala, 2020; Segundo Vivanco, 2018). En este sentido, las variables de análisis e información necesaria para esta fase se encuentran descrita en la Tabla 24.

Tabla 24. Resumen de las variables e información necesaria para efectuar la Fase II.

Objetivos	Variables	Subvariable principal	Fuente
análisis <i>SSens</i>	De la demanda de agua	Lámina de agua (L), Número de productores (I), Factor de descuento (Fd), Tasa de Rendimiento mínima Aceptable por el productor para poder invertir ($TREMA$), Número de periodos anuales de evaluación (t). Superficie productiva del productor datilero ($SSens$). Valor del Agua que se ha de usar ($VAgua_{VP}$), Cuota total de agua a pagar ($Cuota_{VP}$), Costo total que se tendría que pagar por regar ($CRiego_{VP}$), Costo total a pagar por jornales hídricos (JR_{VP}), Costo total a pagar por mantenimiento del sistema hídrico (MR_{da}), Costo total a pagar por bombeo de agua (BR_{da}), Consumo total de agua a generar por el productor ($Cagua$), Consumo de Agua Total de todos los productores ($Cagua_{Acum} * I$), Empleo Máximo a generar o generado ($Empleo_{max}$), días laborales ($dL=323$), Jornales Máximos ($Jornal_{max}$). Deuda del productor por invertir (D), VAN, TIR, PRI y B/C.	FAO (2008), Martínez Vieyra (2012), Sánchez Ortega (2021)
	Empleos		
	Crédito total (DT_{VP})		
	Indicador Financiero		
	Otros aspectos productivos	Beneficiarios [Beneficiarios*, Superficie de los ejidos que producen dátil en el área de estudio, I , Género del I , Seguridad Social]. Superficie productiva [Sup. agraria de la Laguna Salada en hectáreas, Superficie datilera total ($S_{total} = 93.86$ ha), Número de predios datileros, I , Superficie datilera por predio en hectáreas ($SPredio$), Superficie datilera actual de I (S_{Agri}), Superficie mínima a sembrar para que el proyecto de expansión sea factible expresada en hectáreas ($SSens_{min}$)]. Estructura de costos.	CONAGUA (2020a), FAO (2008), INEGI (2020a), Martínez Vieyra (2012), Nemesio Laguna (2017), OEIDRUS-BC (2009, 2013), ONU (2015a), RAN (2022b), SADER (2018, 2019a, 2019b), Sánchez Ortega (2021); SEDAGRO (2018a, 2018c), SEGOB (2020c), SE (2019), SISPRODA (2015).
	Beneficios e impactos	Aspectos macroeconómicos [Tipo de cambio, Tasa de crecimiento de la inflación, Precio del petróleo, Impacto positivo** (ser cultivo endémico, derrama económica, proporción de la producción exportada, ingreso generado (por superficie y por kilogramos exportado), consumo per cápita, L_{max} , ciclo de vida de la producción)].	Al-Khayri et al., (2015a), GobBC (2020), Krueger (2015), INEGI (2020a), Nemesio Laguna (2017), Ortiz-Uribe et al., (2019), SADER (2018, 2019a), SE (2019), y SIAP-SADER (2019)
Estimar <i>SSust</i>	Umbral Superficial ($USup$)	$USup$ de $VAgua_{VP}$, $USup$ de $CRiego_{VP}$, $USup$ de $Empleo_{max}$, $USup$ de TIR y $USup$ del PRI, Superficie datilera promedio por productor ($SSens_{media}$), DT_{VP}	Análisis de <i>SSens</i> .
Estimar GVT		<i>SSens</i> , Superficie sustentable (<i>SSust</i>), I , Superficie datilera que puede o debe crecer ($SCrecer$), Superficie datilera que debe ser adaptada ($SAdapt$), Grado de Vulnerabilidad Territorial por predio (GVT_{predio}), Grado de Vulnerabilidad Territorial por I (GVT_{Agri}), $SPredio$, S_{Agri}	Análisis de <i>SSens</i> , Estimación de <i>SSust</i> , y Martínez Vieyra (2012).
Evaluar GVT		$\Delta Empleo_{max}$, ΔDT_{VP} , ΔTIR , $\Delta VAgua_{VP}$, $\Delta CRiego_{VP}$, $\Delta B/C$, ΔPRI y $\Delta Cagua_{Acum} \Delta GVT$	

Nota. Dada la escasez de datos, *SSens* contiene a *SAgri*. *SSens* se utiliza para simular escenarios. *SSens* también se puede definir como número de hectáreas que posee o poseerá el productor. *Familias ligadas legalmente a la zona de estudio disponibles en RAN (2022b). **Comparado con aguacate

IV.2.2.1 El análisis de la superficie productiva (SSens)

El **análisis de la superficie productiva (análisis SSens)** describe la situación productiva-financiera actual de la expansión datilera. Incluye información sobre productores, superficies, beneficios sociales generados por el cultivo en las zonas datileras y los peligros más importantes, así como datos prospectivos sobre: demanda de agua, empleo, crédito e indicadores financieros (ver Tabla 24). Debido a ello, implementa una evaluación de la factibilidad de la inversión.

IV.2.2.1.1 Pasos metodológicos

La evaluación necesitó de llevar a cabo cinco pasos:

1. actualización de los valores monetarios (precios, costos) de la Memoria de Cálculo Datilera (MCD) de Martínez Vieyra (2012) con el *Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)*, en otras palabras, inflató los valores monetarios cuyo año base fue julio 2019.
2. adecuación de los rendimientos agrícolas según media ajustada de los obtenidos por la superficie datilera más longeva de la Laguna Salada (Rancho Vieyra), los reportados por el portal de agrocostos de FIRA, la proyección de los nuevos rendimientos según los nuevos predios productores de la Laguna Salada, la cédula de cultivo de Mexicali, y las de los países productores (ver Anexo 4).
3. cálculo de la demanda de agua, Empleos Máximos ($Empleo_{max}$), Crédito total (DT_{VP}), Indicador Financiero (VAN, TIR, PRI, B/C) para diferentes SSens.
4. estimar los peligros de expandir la SSens y el impacto de la producción en comparación con el aguacate.
5. estimar los beneficios sociales a producir según existencia y capacidad de generación.

IV.2.2.1.2 Cálculos necesarios

Una vez actualizada la MCD, calcular los indicadores financieros dependió de aplicar las ecuaciones descritas en la sección II.5.3.2.1. El cálculo de demanda de agua se obtiene a través de las ecuaciones (19), (20) y (21), mientras que para el cálculo del empleo máximo se utiliza la ecuación (22), y para el cálculo del crédito se utiliza la ecuación (23):

$$CAgua_{Acum} = L * SSens * 11 \quad (19)$$

$$CRiego_{VP} = \frac{Cuota_{VP} + JR_{VP} + MR_{VP} + BR_{VP}}{CAgua_{Acum}} \quad (20)$$

$$V_{Agua} = \frac{Cuota_{VP}}{C_{Agua}} \quad (21)$$

$$Empleo_{max} = \frac{Jornal_{max}}{dL} \quad (22)$$

$$DT_{VP} = \sum_{t=0}^{10} (D_t * Fd_t) \quad (23)$$

donde: *Cuota* es la cuota total de agua a pagar. *CRiego* es el costo total que se tendría que pagar por regar. *JR* es el costo total por pagar por jornales hídricos. *MR* es el costo total por pagar por mantenimiento del sistema hídrico. *BR* es el costo total por pagar por bombeo de agua. *VAgua* es el valor del Agua que se ha de usar. *SSens* es el número de hectáreas a establecer por productor. *I* es el número de productores. *L* es la lámina de agua. *CAGua_{Acum}* es el consumo de Agua Acumulada que el productor haría dentro del periodo t=0 a t=10. *Empleo_{max}* es el número de empleos máximos a generar. *Jornal_{max}* son los jornales máximos generados. *dL* son los días laborales (=323). *DT* es el crédito total solicitado por el productor a valor presente. *D* es crédito solicitado por el productor a valor corriente. *t* es el número de periodo, en este caso anual. El subfijo *VP* significa suma de valores ajustados descontados⁷ desde el año 0 al año 10.

En cuanto a impactos a generar se definió como impacto negativo si el cultivo no era endémico, si producía poca derrama económica, si la proporción de la producción exportada era mayor, si el ingreso generado (por superficie y por kilogramos exportado) era menor, si el consumo per cápita pequeño, si lámina máxima de agua era mayor, y si el ciclo de vida de la producción era grande. El cultivo que más impactos negativos genere ese tenderá a vulnerar más el territorio.

En lo que respecta a beneficios sociales a generar por la expansión datilera, estos se clasificaron según la existencia actual y futura y en cuanto a la capacidad de producirlos. La existencia es una proporción de la cantidad existente / la cantidad total de beneficios hasta ahora conocidos en las zonas de producción del mundo (=13). En cambio, conocer la capacidad que tiene el territorio de producirlos dependió de asignar 1= a los beneficios “no” existentes y un 7= a los beneficios que existe, cualquier

⁷ Los valores ajustados descontados hacen referencia al precio del dinero en el tiempo y a una metodología financiera que utiliza la TREMA para descontar los Flujos de Netos de Efectivo. Se obtienen de descontar, para cada año, la variable monetaria con el factor de descuento y después sumar todos los valores.

otro tipo de respuesta obtuvo 4.5 de calificación. Se eligió esta escala haciendo un símil de la escala utilizada en el análisis de idoneidad. Posteriormente se promediaron las calificaciones.

Si la capacidad de producción ≤ 1 la capacidad de producirlos era baja. Si se encontraba entre 1 y 3, la capacidad era considerada como Media-Baja. Si se encontraba entre 3 <Calif> 5, la capacidad era Media-Alta. Si era > 5 , la capacidad de producción era alta.

IV.2.2.1.3 De los supuestos

Por otra parte, los supuestos bajo los cuales se trabajó son:

1. el empaque de la Laguna Salada puede recabar toda la producción de su territorio.
2. no hay apoyo gubernamental y la aportación social es el 15% de la inversión.
3. el valor del D dependerá de mantener como flujo de efectivo mil pesos anuales, el cual se terminan de pagar hasta el año 10.
4. la unidad de transporte: tiene un rendimiento de combustible de 14 km/L, y puede soportar una carga de cinco toneladas.
5. la $TREMA$ será del 13%.
6. el periodo de evaluación es de 10 años y uno de inversión dado que es el periodo de evaluación establecido por la institución agraria gubernamental de Baja California para todos los proyectos productivos datileros. Los años son años calendario.
7. $SSens_{min}$ es la superficie mínima que el productor debe ostentar para ser socioeconómicamente factible. Se encuentra cuando la $TIR = TREMA$.

Es importante recordar que toda evaluación de la factibilidad de la inversión datilera supone que todos los flujos son reinvertidos y que los precios se mantienen constantes durante diez años. Si se desea conocer el efecto se usa un análisis de sensibilidad de la inversión.

IV.2.2.1.4 Notas importantes

Las variables $SSens$ y $SAgri$ valoran el mismo concepto (superficie productiva por productor), sin embargo, ostentan nombres diferentes ($SSens \neq SAgri$) porque existen **pocos datos** de $SAgri$. En este caso, se debe considerar que **$SSens$ contiene a $SAgri$** y que **$SSens$ se utiliza para simular escenarios**, mientras que **$SAgri$** son las hectáreas registradas ante la SADER. Los datos de $SAgri$ se encuentran en el Anexo 3.

IV.2.2.2 La estimación de la Superficie Sustentable (SSust)

La **estimación de SSust** dependió de:

1. identificar el *Umbral Superficial (USup)* de: V_{Aguap} , C_{Riegot} , $E_{empleo_{max}}$, PRI y TIR; en otras palabras, del número de hectáreas más importantes para dichas variables.
2. realizar un análisis comparativo entre los $USup$; y
3. seleccionar el $USup$ mas pequeño para ser $SSust$.

Identificar el $USup$ requirió de analizar los cambios que experimenta V_{Aguap} , C_{Riegot} , $E_{empleo_{max}}$, PRI y TIR cuando aumenta una unidad $SSens_{media}$. El $USup$ mas pequeño será $SSust$. Cabe destacar que un $USup$ nunca debe ser menor a $SSens_{min}$ ya que: $SSens_{min}$ es la superficie socioeconómicamente factible para establecer, y $SSust$ es el número de hectáreas que el productor ostenta (o puede ostentar) y que producen (o generarán) el menor impacto al ecosistema, los mayores beneficios sociales y la mayor rentabilidad posible.

La información necesaria para estimar $SSust$ resultan del análisis de $SSens$.

IV.2.2.3 El Grado de Vulneración Territorial (GVT)

Estimar el **Grado de Vulneración Territorial (GVT)** que surge de la expansión de la superficie datilera y así poder visualizar los efectos de dicha decisión, dependió de estimar para distintas superficies productivas las ecuaciones (24) y (25):

$$GVT = \left(\frac{S_{total}}{SSust * I} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{SSens_{media} * I}{SSust * I} - 1 \right) * 100 \quad (24)$$

$$SCreecer = (SSust * I) - S_{total} \quad (25)$$

donde: GVT es el grado de vulnerabilidad territorial general que se obtiene de expandir la superficie sembrada de palma datilera en el área de estudio. S_{total} es la superficie de palmas datileras en el área de estudio. $SSens_{media}$ es la superficie datilera promedio en el área de estudio; I es el número de productores datileros en el área de estudio. $SSust$ es la superficie que el productor debe ostentar para producir el menor impacto al ecosistema, los mayores beneficios sociales y la mayor rentabilidad posible. $SCreecer$ es la superficie productiva que necesita crecer. Las ecuaciones (26) y (27) se utilizan para particularizar el GVT:

$$GVT_{Agri} = \left(\frac{SAgri}{SSust} - 1 \right) * 100 \quad (26)$$

$$GVT_{predio} = \left(\frac{SPredio}{SSust} - 1 \right) * 100 \quad (27)$$

donde: GVT_{Agri} es el grado de vulneración territorial por el número de hectáreas sembradas que posee I. $SAgri$ es la superficie de palma datilera sembrada que posee el productor (de acuerdo con las estadísticas de la SADER). GVT_{predio} es el grado de vulneración territorial por tamaño de predio. $SPredio$ es la superficie sembrada total en un predio. Para esta tesis **un predio** hace referencia al registro de las superficies sembradas en la *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]*. Un registro = un predio. Un agricultor puede estar registrado más de una vez si ha incrementado el número de hectáreas en tiempos diferentes.

Cabe destacar que cuando el resultado de GVT , GVT_{Agri} o GVT_{predio} es negativo, entonces la superficie establecida con palma datilera (ya sea $SSens$, $SAgri$ o $SPredio$) no vulnera el territorio, conduce al desarrollo sustentable. Cuando GVT , GVT_{Agri} o GVT_{predio} es positivo, entonces la superficie establecida con palma datilera (ya sea $SSens$, $SAgri$ o $SPredio$) contribuía a promover la vulnerabilidad territorial. Por otra parte, si $SCrecer$ es negativo, el valor obtenido representa la superficie a adaptar.

Conocer la variable podría inducir el estrés territorial a causa de la expansión de la producción dependió de realizar un análisis de regresión simple entre GVT y: DT_{VP} , TIR, $VAgua_{ad}$, $CRiego_{ad}$, B/C, PRI y $CAgua_{Acum}$.

La información necesaria para estimar y evaluar GVT resultó del análisis de $SSens$, la estimación de $SSust$ y el Anexo 3.

IV.2.3 Fase III: De la Capacidad de Adaptación Territorial

La **Capacidad de Adaptación del Territorio** requirió de llevar a cabo dos análisis, el de *sensibilidad de la inversión* y el de *la capacidad de gestión*.

IV.2.3.1 Análisis de sensibilidad de la inversión

El **análisis de sensibilidad de la inversión** tiene por objetivo conocer qué elementos puede modificar el productor antes de necesitar expandir la superficie sembrada de palma datilera, y qué elementos debe procurar para evitar un desastre productivo. Para ello fue necesario medir la variación de DT_{VP} , VAN,

TIR y PRI ante un cambio de 1% en los parámetros base. Los parámetros base son los incluidos en la MCD actualizada de Martínez Vieyra (2012), misma que se encuentra descrita en la Tabla 18.

IV.2.3.2 *Análisis de la capacidad de gestión*

El ***análisis de la capacidad de gestión*** tiene por objeto responder a qué capacidad tiene el territorio para revertir una decisión, en dado caso de que se necesite. La estructura del análisis de gestión es una versión adaptada del análisis de capacidad de adaptación que hizo Vera Rodríguez & Albarracín Calderón (2017) para una cuenca hidrológica en España. En este caso las variables para analizar son las deficiencias:

- del marco jurídico aplicable a la zona de estudio (el marco legal es deficiente, no se hayan delimitado las áreas protegidas en el área de estudio),
- de la estadística e información hidro-productiva disponible (son divergentes y están desactualizadas, presenta deficiencias como ser inexistente o escasa, con cambios de metodología y con errores de cálculo),
- organizacionales (no hay planes de contingencia productiva ante el fracaso, no hay un manual de prácticas regionalizado en el área de estudio, no hay un comité ejidal, no hay un comité hidrológico), y
- de financiamiento (el financiamiento sea inexistente, limitado y escaso).

En sí, realiza una matriz para cada variable (marco jurídico, estadística, organización y financiamiento⁸) en donde se evalúan sus características y se determina qué tan de acuerdo se está. Estar 100% de acuerdo con cada premisa recibió la calificación de 1, mientras que si se estaba en desacuerdo (0% de acuerdo) recibió la calificación de 7. Al final, la capacidad de gestión se obtuvo promediando las calificaciones de cada premisa.

Las fuentes de información que permitieron analizar la capacidad de gestión fueron: *Comisión Estatal del Agua de Baja California [CEABC]* (2018), *CONAGUA* (2015a, 2018, 2020a, 2020b), *Gobierno de Baja California [GobBC]* (2014, 2020), *INEGI* (2020b), *Nemesio Laguna* (2017), *Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural. Sustentable [OEIDRUS-BC]* (2009, 2010, 2013), *Periódico Oficial del Estado de Baja California [POEBC]* (2000, 2014a, 2014b, 2020), *Registro Nacional Agrario [RAN]* (2022a, 2022b), *SADER* (2018, 2019a), *Secretaría de Economía [SE]* (2019), *Secretaría de Desarrollo Agropecuario [SEDAGRO]* (2018b, 2018c), *Secretaría de Gobernación [SEGOB]* (2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b), *Servicio de Información Agroalimentaria*

⁸ Las matrices de organización y financiamiento se unen dado el tipo de información que tratan.

y *Pesquera de la SADER [SIAP-SADER] (2019)* y *Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California [SPABC] (2011)*.

A continuación, se describe como se valoró el marco legal y las estadísticas.

IV.2.3.3 Valoración del marco jurídico

El marco legal se valoró conforme a la ecuación (28) y (29):

$$Effect_M = \left(\frac{Abor_M + favor_M + Actual_M + Clari_M}{4} \right) * 100 \quad (28)$$

$$Effect_{Total} = \left(\frac{\sum Effect_M}{15} \right) * 100 \quad (29)$$

donde: $Effect_M$ es el porcentaje de capacidad que tiene la ley M para solucionar cualquier problema relacionado con la producción agrícola. $Abord_M$ es calificación que obtiene la ley M por presentar algún comentario sobre expansión datilera sustentable. $favor_M$ es calificación que obtiene la ley M por estar a favor de la expansión. $Actual_M$ es calificación que obtiene la ley M por ser actualizada con regularidad. $Clari_M$ es calificación que obtiene la ley M por poseer claridad en los conceptos de sustentabilidad, capacidad productiva. $Effect_{Total}$ es el porcentaje de capacidad que tiene todo el marco legal para solucionar cualquier problema relacionado con la producción agrícola.

Si la ley M contaba con la característica fue calificado como 1, si no la presentaba fue calificado como 0; para cualquier otra opción, la calificación será de 0.50.

Por otra parte, se decidió que cuando el porcentaje de capacidad ($Effect_M$, $Effect_{Total}$) oscilaba entre 0% y 25%, la capacidad de la ley o marco legal para solucionar problemas se debía considerar como baja. Si oscilaba entre 25% y 50%, la capacidad de la ley o marco legal es media-baja. Entre 50% y 75%, la capacidad de la ley o marco legal se debía considerar como media-alta. Entre 75%-100%, la capacidad de la ley o marco legal se debía considerar como alta.

En términos de incapacidad o ineffectividad de la ley o marco legal, cuando $Effect_M$ o $Effect_{Total}$ eran considerado altamente capaces se asignó un valor de deficiencia o incapacidad de 1. Si $Effect_M$ o $Effect_{Total}$ poseían una capacidad media-alta, el valor de incapacidad o ineffectividad fue de 3. Si $Effect_M$ o $Effect_{Total}$ poseían una capacidad media-baja, la incapacidad o ineffectividad fue valorada como 5. En el caso de que $Effect_M$ o $Effect_{Total}$ poseían una capacidad baja, la incapacidad o ineffectividad fue valorada como 7.

Cabe destacar que conocer el valor de capacidad que tienen las leyes federales, estatales, regionales y municipales dependió de obtener el promedio del tipo de ley que se trate y de multiplicarlo por 100; en cambio, conocer la característica con mayor predominancia del marco legal dependió de realizar el promedio de cada característica y multiplicarla por 100. Por otra parte, conocer el grado de deficiencia del marco jurídico dependía de la diferencia entre 100 y $Efect_{Total}$.

IV.2.3.4 Valoración de las estadísticas e información hidro-productiva

El proceso que se siguió para valorar las estadísticas fue similar al del marco legal solo que las características a valorar eran estuvieron descritas en términos negativos: inexistencia, escasez, divergentes, agregadas, presentaban un cambio de metodología, presentaban errores de cálculo o si no se actualizaban con regularidad. En este caso, si la estadística contaba con la característica fue calificado como 1, si no la presentaba fue calificado como 0; para cualquier otra opción, la calificación será de 0.50.

Las estadísticas que se calificaron fueron las que trataban temas hídricos, del suelo, comerciales, financieras, productivas y ejidales. Todas ellas se calificaron en cuanto a las características antes mencionadas. Una vez calificadas, se procedió a obtener un **porcentaje de deficiencias** por cada tipo de estadística (hídrica, suelo, productiva, comercial, financiera, ejidal), dicho porcentaje se obtuvo sumando las calificaciones, dividiéndolas entre 7 y multiplicándolas por 100.

Por otra parte, se decidió que cuando el porcentaje de deficiencias oscilara entre 0% y 25%, la estadística era altamente incapaz de ayudar a promover el desarrollo sustentable (=7). Si oscilaba entre 25% y 50%, la estadística ostentaba una capacidad media-alta de ayudar a promover el desarrollo sustentable (=5). Entre 50% y 75%, la estadística ostentaba una capacidad media-baja de ayudar a promover el desarrollo sustentable (=3). Entre 75%-100%, la estadística ostentaba una capacidad baja de ayudar a promover el desarrollo (=1).

Conocer la característica con mayor predominancia del marco legal dependió de realizar el promedio de cada característica y multiplicarla por 100.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

En esta capitulado se presentan los resultados siguiendo el orden de las fases metodológicas desarrolladas en la sección de marco metodológico.

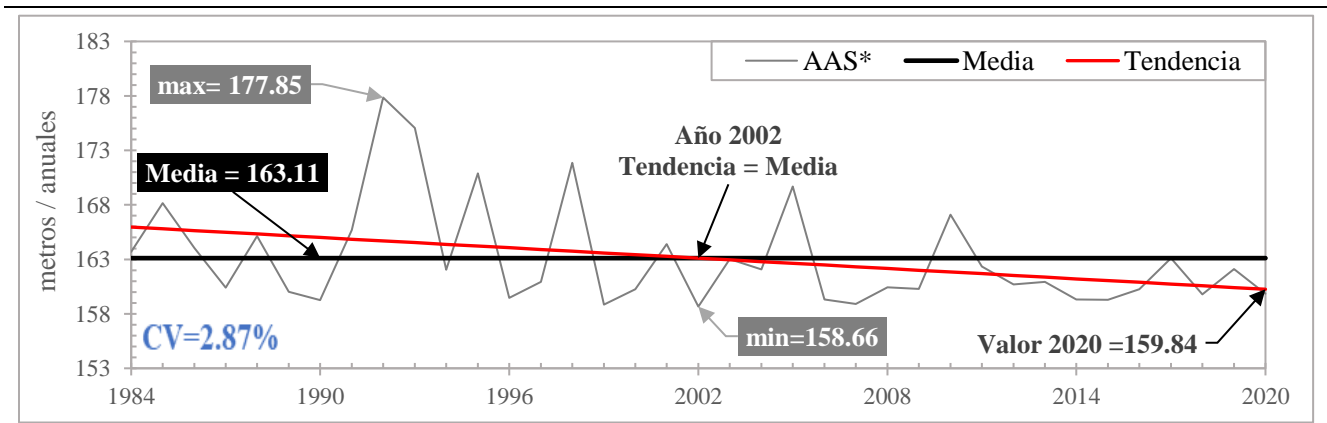
V.1.- Fase I. La Exposición del Territorio

En esta sección se presentan los resultados del *Análisis de la Oferta de Agua y Análisis de la Idoneidad territorial*, los cuales fueron realizados para llegar a determinar espacialmente la superficie idónea para producir palma datilera; por ende, la superficie más vulnerable.

V.1.1 Análisis de oferta de agua (OAS)

Según la Figura 8, el área de estudio mantuvo un espesor de AAS* de 159.84 m en 2020. Aplicando la ecuación (18), la OAS fue de 134.67 km³/año. Esto equivale a -2.75 km³/año que la media anual (163.11 m). Aunado a ello, expone que el año de mayor acumulación de AAS fue 1992 (con 177.85 m/año de espesor).

Figura 8. Evolución anual de AAS en el área de estudio (1984-2020)



AAS* = Serie estimada anualizada de AAS. Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020) y ecuación (18).

De tal figura también se destaca la tendencia negativa que posee la línea de tendencia del AAS*, la cual cruza la media en 2002. Como el coeficiente de espesor es de 2.87%, todos los espesores giran en torno a la media, por lo que la Laguna Salada ha mantenido el espesor de agua subterránea durante 1984-2020. Al proyectar el espesor de AAS* con la mejor recta de regresión (AAS* versus tiempo), se encontró que, para 2030, el área de estudio poseerá 133.50 km³ de agua. Según la Tabla 25, esto significa que cada año el territorio reducirá su capacidad hídrica para producir en un 7.34%.

Tabla 25. Proyecciones de la oferta anual de agua subterránea en el área de estudio

Año	AAS* proyectado (m/año)	Factor Estrés Hídrico	Sup _{LS} (km ²)	OAS proyectado (km ³ /año)
2020	159.84	0.25	3,370.00	134.67
2021	160.10	0.25	3,370.00	134.88
2022	159.94	0.25	3,370.00	134.75
2023	159.78	0.25	3,370.00	134.62
2024	159.62	0.25	3,370.00	134.48
2025	159.46	0.25	3,370.00	134.35
2026	159.31	0.25	3,370.00	134.22
2027	159.15	0.25	3,370.00	134.08
2028	158.99	0.25	3,370.00	133.95
2029	158.83	0.25	3,370.00	133.82
2030	158.67	0.25	3,370.00	133.68
TCMA	-7.34%			-7.34%

Nota. Año base 2020. TCMA= Tasa de Crecimiento Medio Anual. Fuente: Elaboración propia con base en la ecuación (18).

Con base en los coeficientes de determinación de la Tabla 26, la diferencia en el AAS* se explica significativamente por las variaciones: en el total de agua terrestre en la zona de estudio (AAT* = 99.94%), la humedad de suelo de la zona raíz (HSR* = 98.97%), y la relación entre precipitación y evapotranspiración ($P - ET^*$ = 60.20%).

Tabla 26. Relación entre diferentes variables hídricas y GWS. Periodo 1984-2018.

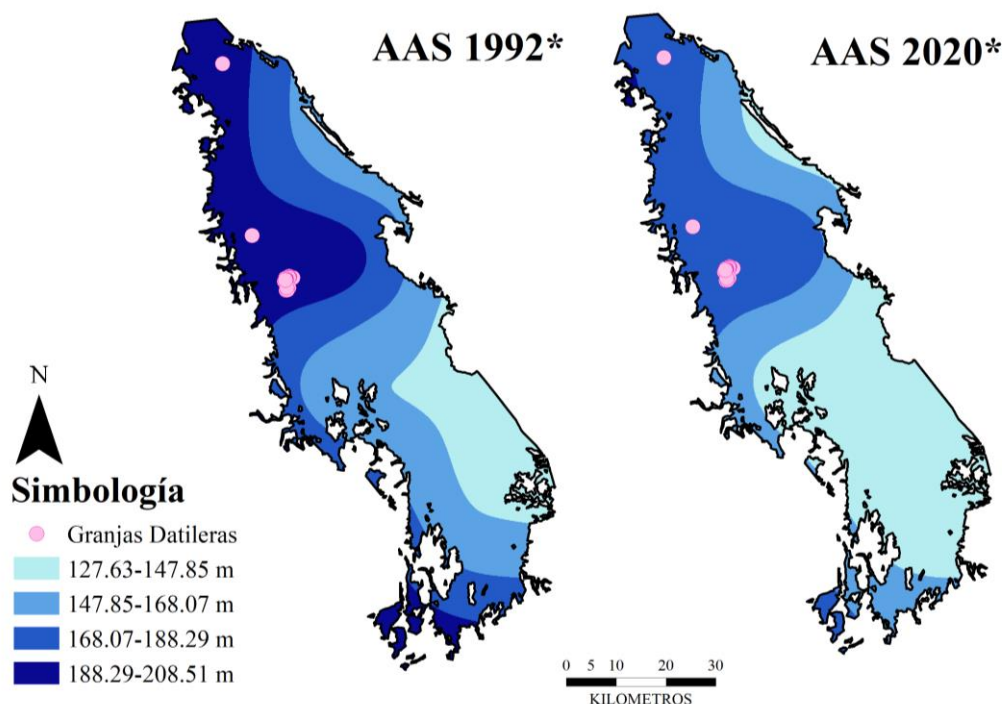
Variables	R	R ²
Almacenamiento de Agua Terrestre (AAT*)	99.97	99.94
Humedad de Suelo en la zona raíz (HSR*)	99.48	98.97
Precipitación menos Evapotranspiración ($P - ET^*$)	77.59	60.20
Precipitación (P^*)	75.77	57.42
Evapotranspiración potencial (ET)	-25.26	6.38
Temperatura media (T_{mean}^*)	- 23.78	5.65

Nota. No se contemplaron los años 2019 y 2020 dado que no se disponía de información cartográfica sobre tales años y por el cambio climático las proyecciones de dichas variables poseen un margen de error amplio. Las variables se pueden consultar en el Anexo 5. *Serie estimada anual. (R)=Signo del coeficiente de determinación. R² coeficiente de determinación expresado en porcentajes. Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020).

Tomando en cuenta todas las variables explicativas, el coeficiente de determinación (R^2), la mejor recta de regresión que explica el 99.9% de las variaciones de AAS* dentro del periodo 1998-2020 fue: $AAS^* = 1.00035AAT^* - 1.00423HSR^* - 0.00102684(P - ET^*)$.

Al interpolar las imágenes satelitales de GLDAS_CLSM y clasificar el AAS de acuerdo con el mapa interpolado AMA (=1992) y el del 2020, se encontró que dentro del periodo 1992-2020, el AAS se mantuvo en un rango de 127.63 m y 208.51 m. La Región 1, al sureste del área de estudio, es la superficie con el almacenamiento de agua más bajo (AAS = 127.63 a 147.85 m). En 1992 ocupaba una extensión territorial de 533.76 km² y en 2020 había aumentado 1,393.78 km²; es decir, aumentó a una tasa promedio anual de 2.70% con respecto a 1992. En contraparte, la Región 4 es el área que más agua acumula (AAS = 188.29 a 208.51 m) se encuentra al noroeste del área de estudio. En 1992 ocupaba una extensión territorial de 938.99 km², pero en 2020 pasó a medir 13.23 km², es decir se redujo un 11.17% con respecto a 1992 (ver Figura 9).

Figura 9. Oferta de Agua por regiones para 1992 y 2020

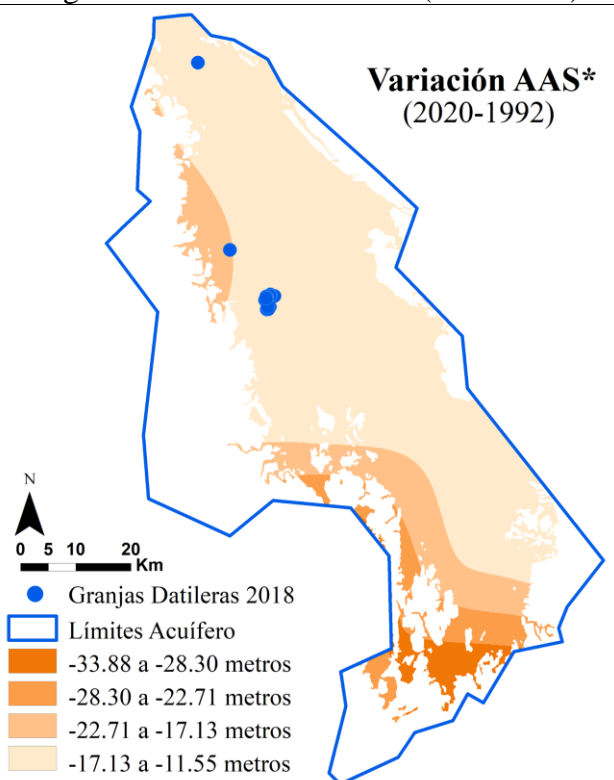


Región	Rango AAS (m)		Superficie (Km ²)		OA Mínimo (Km ³)		OA Máximo (Km ³)		TCMA (%)
	Min	Max	1992	2020	1992	2020	1992	2020	
R1	127.63 a	147.85	533.76	1,393.83	17.03	44.47	19.73	51.52	3.49
R2	147.85 a	168.07	1,021.68	863.06	37.76	31.90	42.93	36.26	-0.60
R3	168.07 a	188.29	875.57	1,099.97	36.79	46.22	41.22	51.78	0.82
R4	188.29 a	208.51	938.99	13.143	44.2	0.62	48.95	0.69	-14.14

*TCMA = Tasa de Crecimiento Media Anual. Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020).

En la Figura 9, también se destaca la ubicación del área sembrada con palma datilera ya que, si bien los volúmenes de AAS no se recuperan desde 1992, las granjas de palmeras datileras se encuentran dentro de la segunda zona de almacenamiento de agua subterránea de 2020. El espesor de AAS 2020 en tal zona varía entre 147.85 y 168.07 m. En cuanto a la zona que ostenta la mayor variación de agua subterránea, esta se encontró al suroeste del acuífero, en colindancia con la Sierra Juárez (ver *Figura 10*). Las granjas datileras actuales están fuera de la tal zona, de hecho, se concentran en la zona de menor variación.

Figura 10. Variación de AAS (2020-1992)

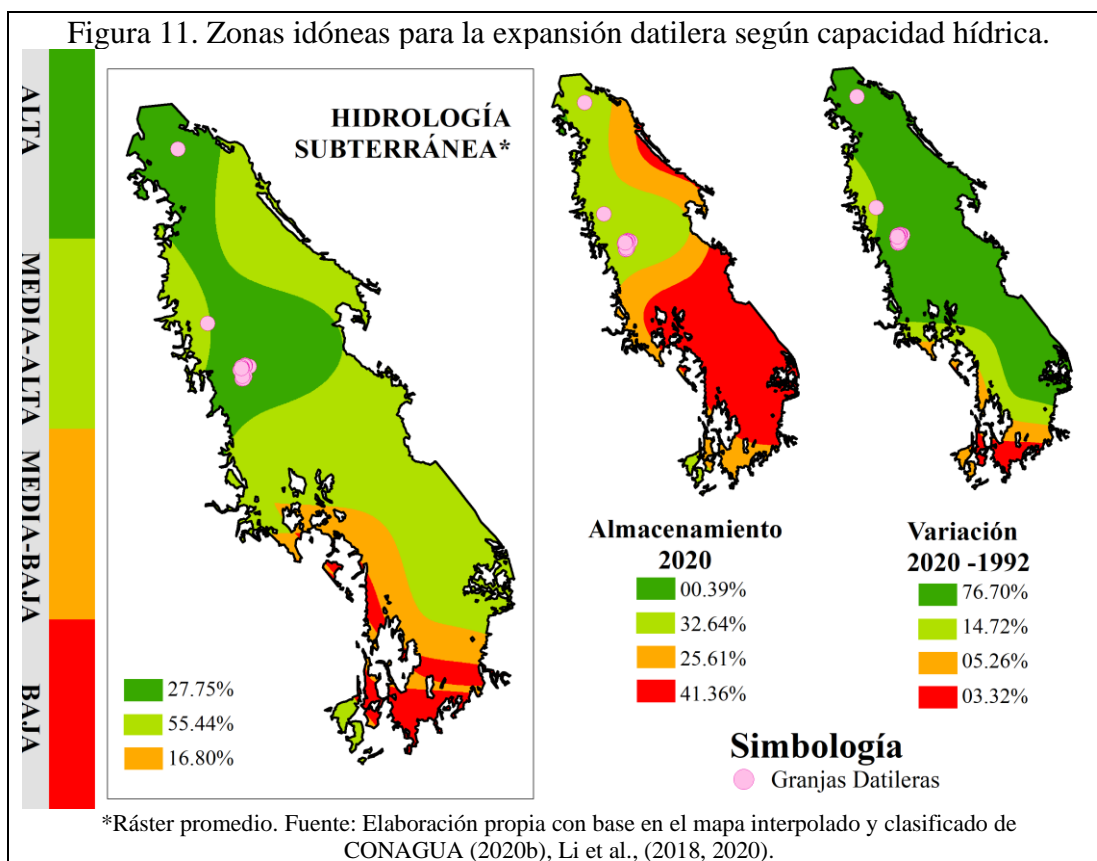


Fuente: Elaboración propia con base en Li (2018, 2020).

V.1.2 Análisis de idoneidad

V.1.2.1 Hidrología Subterránea

Por espesor de agua subterránea, la zona sureste es la que menor capacidad hídrica ostenta para soportar una expansión de la superficie datilera pues posee menor AAS (127.63 a 147.85 m de espesor), mientras que el área más adecuada para la expansión es la zona noroeste (ver *Figura 9* y ver *Figura 11*). La distribución de agua concuerda con lo que CONAGUA (2020a) describe como zonas de mayor concentración de conductividad eléctrica.

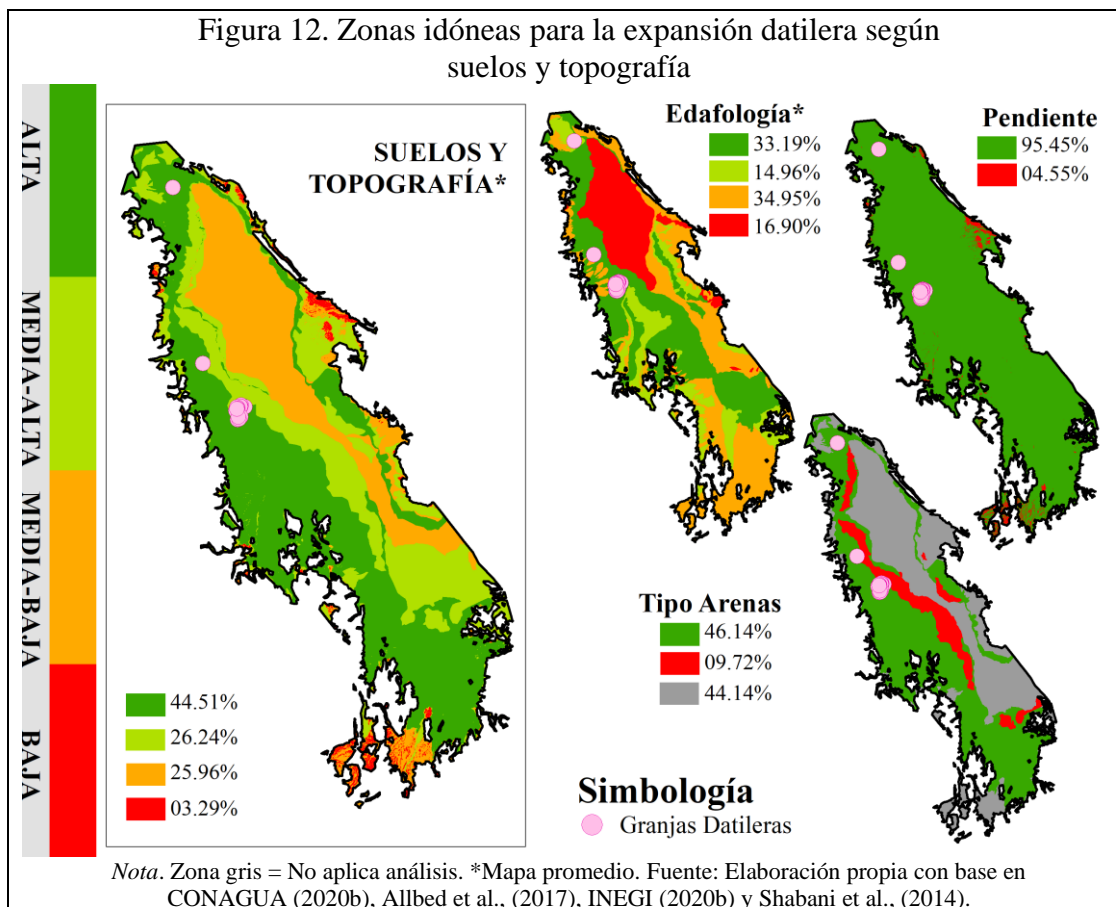


En cuanto al mapa regionalizado de las variaciones entre volúmenes de agua de 1992 y 2020 se encontró que la zona con mayor variación de agua subterránea es el área contigua a la Sierra Juárez, como las granjas actuales no se encuentran en esa área de mayor variación, la expansión datilera que se inició en el año 2000 no es la que ha provocado la disminución de los volúmenes de agua sino un proceso natural de la Sierra Juárez, el cual puede estar asociado con el cambio climático. En general, la combinación de estos mapas (almacenamiento y variación hídrica) indica que solo el 29.25% de la superficie del área de estudio cuenta con una alta idoneidad hídrica para expandir la producción. La mayoría de las granjas datileras actuales se encuentran en tal zona.

V.1.2.2 Suelos y topografía

En cuanto a las características de suelo y topografía se encontró que cerca de la mitad de la superficie de estudio (44.51%) es idóneamente apta para expandir el área productiva (ver Figura 12). Los factores que intervinieron en dicha aptitud fueron: poseer *pendientes* menores a 10° en el 95.45% de su superficie, ostentar dunas de *arena* y al menos siete tipos suelos (Arenosol, Luvisol, Cambisol y Vertisol, Fluvisol, Phaeozem, Regosol Solonetz) que hacen que el 33.19% de la superficie estudiada sea una superficie idónea para la expansión datilera en términos de edafológicos y topográficos (ver Figura 12). En cuanto

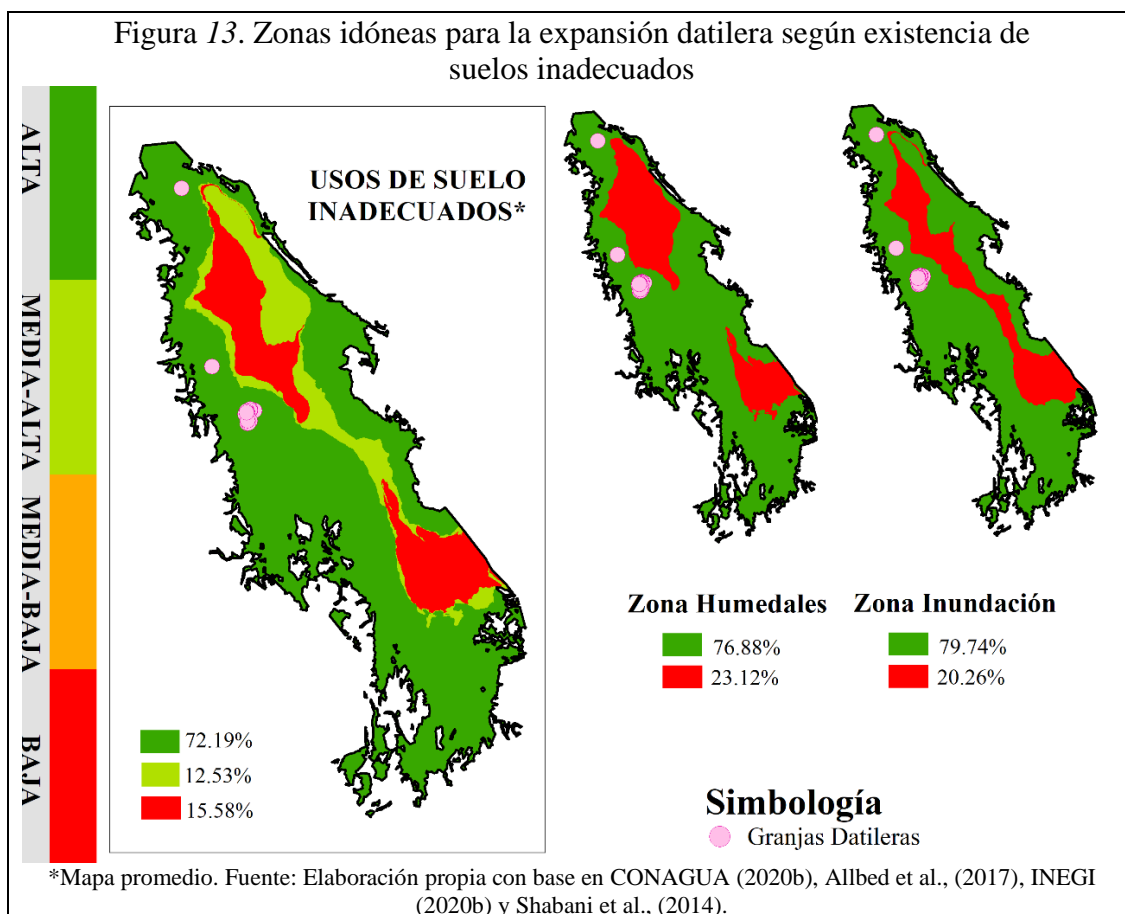
a la zona menos apta, esta abarca el 3.29% del área de estudio y se ubica a las faldas de una Sierra, ya sea la Juárez o la Cucapá. A pesar de todo ello, las granjas datileras actuales se encuentran en la zona con mayor idoneidad.



V.1.2.3 Usos de suelos inadecuados

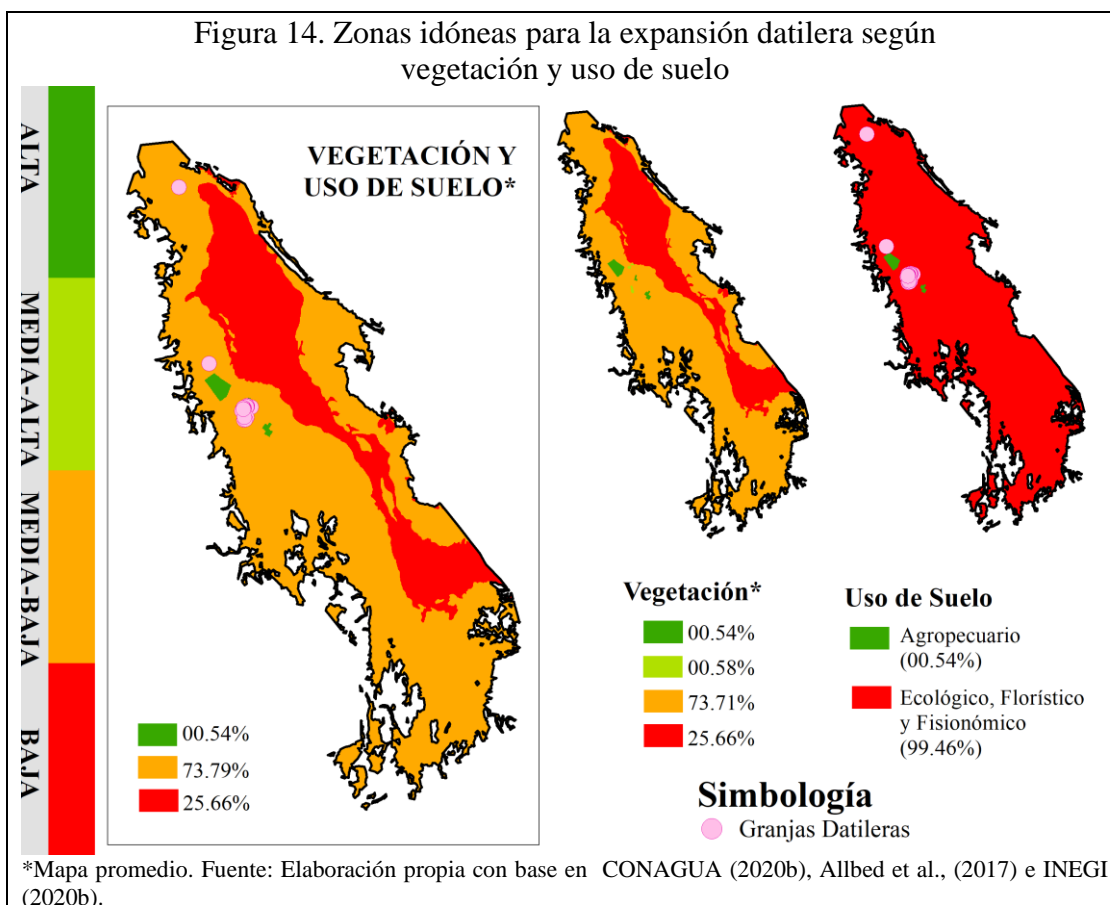
De acuerdo con Shabani et al., (2016) los **usos de suelo inadecuado** para sembrar palma datilera son: la Zona de Humedales y la Zona que tiende a Inundarse. En el área de estudio, esta superficie se concentra en la zona central (ver Figura 13). La zona con humedales representa el 23.12%, mientras que la zona que tiende a inundarse representa el 20.26% (ver Figura 13). No obstante, solo el 15.58% del área de estudio posee una idoneidad baja pues, es la superficie donde convergen los valores más bajos de las dos capas y porque un 12.53% posee una idoneidad media porque no geográficamente no coinciden al 100%.

Cabe destacar que el 72.19% del área de acuífero posee una idoneidad alta para la producción datilera pues se encuentra sobre el área sin humedales y zonas de inundación. Aunado a ello, la actual superficie datilera se encuentra en la zona más idónea.



V.1.2.4 Vegetación y uso de suelo

En cuanto al ráster de *uso de suelo*, este señala que solo el 0.54% de la superficie es apta para llevar a cabo una actividad económica, las demás superficies ostentan un uso de suelo Ecológico, Florístico y Fisonómico (ver Figura 14). De los predios de palma datilera que actualmente se encuentran establecidos, solo dos de ellos se localizan dentro de la zona más idónea para producir: la “agropecuaria”. Por otra parte, el ráster de *vegetación* señala que, dadas las características de esta, el 73.71% de la superficie poseerá una idoneidad media-baja para la expansión de la superficie datilera. La principal que pudiera verse afectada por la expansión es el matorral xerófilo.

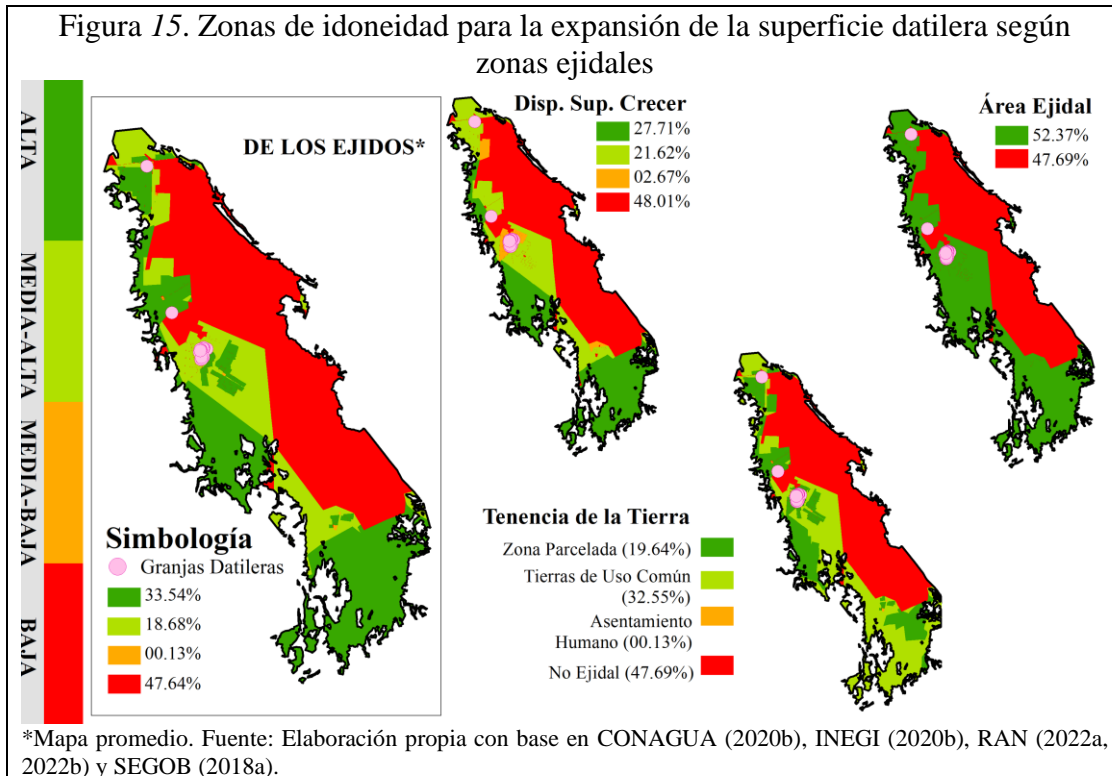


V.1.2.5 De los ejidos

Contrastante con el ráster de vegetación y uso de suelo se encuentra el que delimita el área ejidal (ver Figura 15). Este último señala que el área apta para albergar una población rural y realizar actividades relacionadas con el sector primario (la ejidal) representa el 52.37% de la zona de estudio. Aunado a ello, según **tenencia de la tierra**, la zona de mayor idoneidad para expandir la superficie datilera representa el 19.64% del área de estudio (zona parcelada), la zona de idoneidad media-alta representa el 32.55% (tierras de uso común), la zona con idoneidad media-baja que representa el área con asentamientos humanos y abarca un 0.13%, en tanto que la zona de idoneidad baja es un área no ejidal que representa el 47.69%.

En este sentido, el área de estudio presenta un conflicto por uso de suelo. Dicho conflicto se pudiera agudizar en la zona suroeste del área de estudio ya que es allí donde el ráster denominado “disponibilidad de superficie para crecer” señala que es la zona donde hay más hectáreas libres para la expansión.

Teniendo en cuenta solo los ráster presentados en la Figura 15, la idoneidad más alta para la expansión de la superficie datilera representa el 33.54% de las hectáreas totales del área de estudio; aunado a ello, los predios con palma datilera actuales se encuentran dentro de dicha zona.

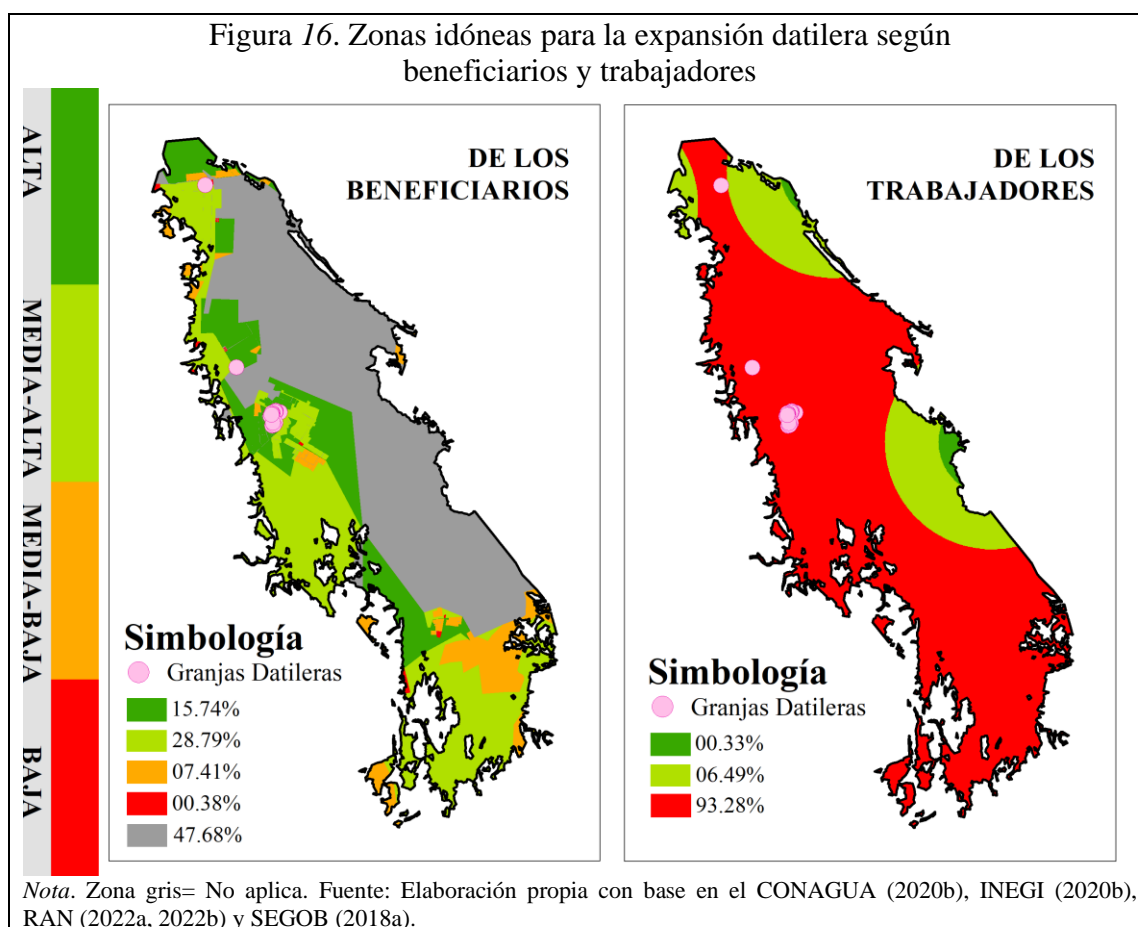


V.1.2.6 De los beneficiarios y los trabajadores

Tomando en cuenta que un **beneficiario** es una familia que está asociada legalmente a un ejido, la concentración de estos indica las áreas donde es necesaria la expansión de la superficie productiva. En este sentido, la Figura 16 destaca que el área más adecuada para expandir la superficie datilera es la zona norte y en la zona central del área de estudio. Esta superficie abarca aproximadamente 530.438 km² (=15.74% del área estudiada).

En cuanto a la temática **de los trabajadores**, en la Figura 15 se observa que el 82.62% de los ejidos tiene dificultades para hacerse de mano de obra pues posee una idoneidad media-baja a baja. De hecho, los ejidos en los que se está cultivando palma datilera se encuentran en las zonas de idoneidad media-baja; en términos de distancia esto significa que +20 Km.

Figura 16. Zonas idóneas para la expansión datilera según beneficiarios y trabajadores



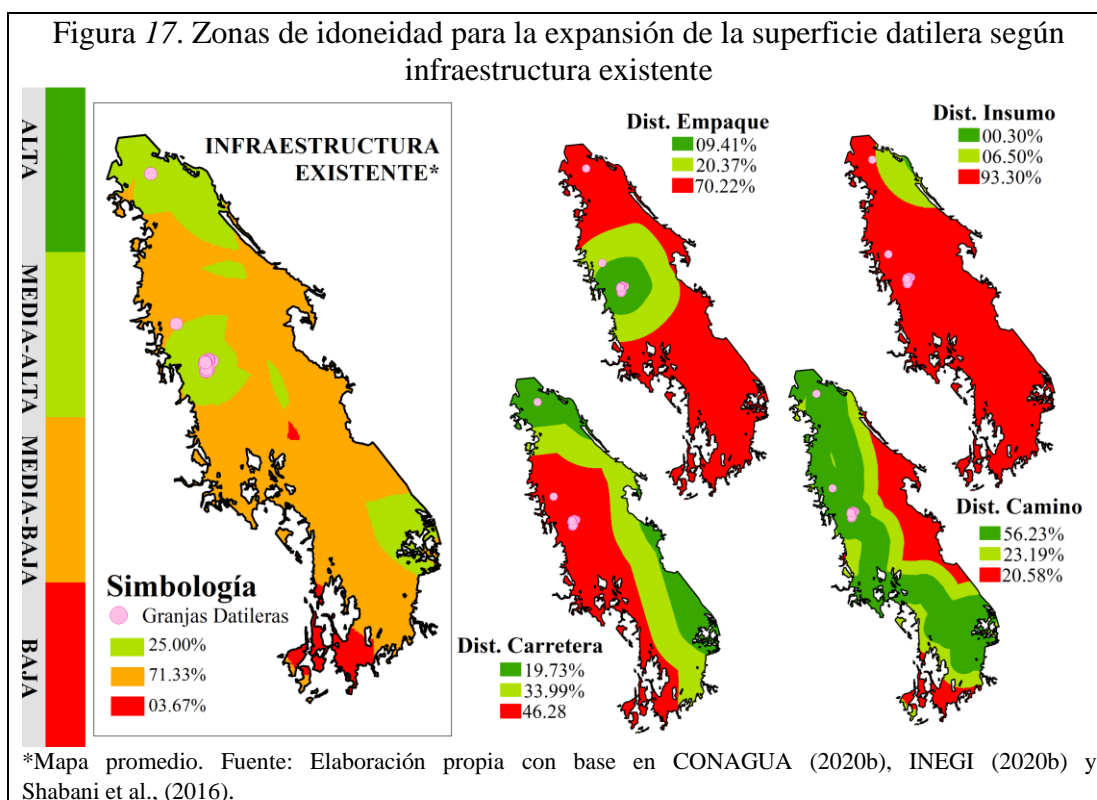
V.1.2.7 Infraestructura existente

En lo que respecta a la **distancia hacia los insumos**, la Figura 17 muestra que ninguna granja actual se encuentra en el área de influencia, todas ellas se encuentran en la zona de idoneidad baja (96.30%). En términos de superficie, esto quiere decir que un productor recorre más de 20 km de ida y vuelta para hacerse de los insumos básicos (ej.: gasolina). Por otra parte, se encontró que la mayoría de las granjas se encuentran cerca de las instalaciones del empaque, en la zona de mayor idoneidad (ver Figura 17).

En cuanto a infraestructura vial se refiere, el 56.23% del territorio de la Laguna Salada se encuentra cerca de un camino y solo el 20.58% del territorio se encuentra en una zona sin estos (ver Figura 17). Todas las granjas datileras actuales se encuentran en la zona de mayor idoneidad en cuanto a caminos se refiere. Si se hace referencia a la distancia con carreteras los porcentajes tienden a invertirse pues: 1) solo el 19.43% del territorio de la Laguna Salada está a 10 km de distancia de una carretera (zona de mayor idoneidad), el 46.28% se encuentra a más de 20 km de distancia (zona de baja idoneidad) y solo una granja datilera está cerca de la carretera.

En promedio, las granjas de la Laguna Salada tendrán dificultades para transportar su producto y comprar insumos si no se encuentran en la parte norte, centro-este y sureste del área de estudio dado que

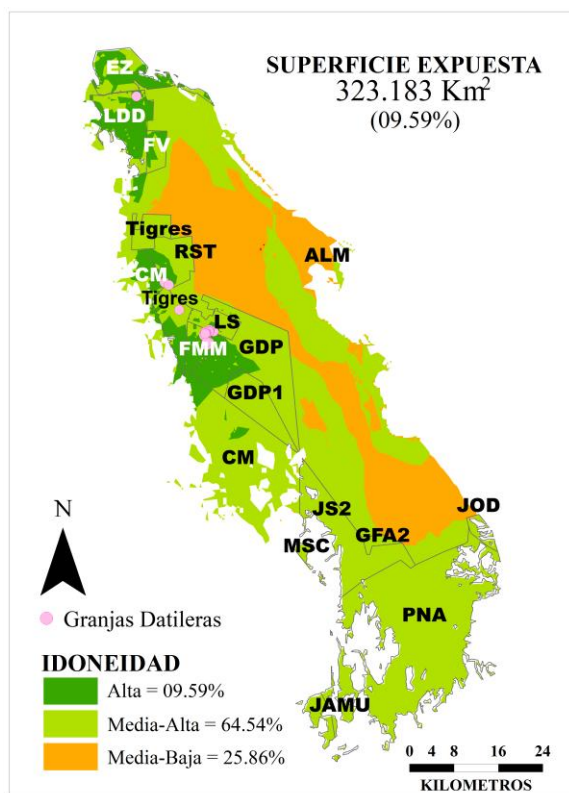
la mayor parte está cerca de caminos sinuosos, alejada de los principales centros poblacionales y pocas áreas tienen un acceso a carreteras. parte dispondrán de una carretera (ver Figura 17).



Según la Figura 18, la Laguna Salada posee una idoneidad media-alta para la expansión de la palma datilera dado que el 64.54% de su superficie se cataloga de esta manera. La superficie más idónea para la expansión (y, por lo tanto, la que más expuesta está a vulnerarse (*SExp*)) representa solo el 9.59% del área, es decir, 323.183 km². Esta superficie se localiza al noroeste y centro-noroeste de la Laguna Salada, en los ejidos denominados: Cordillera Molina, Dr. Federico Martínez Manatou, Emiliano Zapata, Guardianas de la Patria, Guardianes de la Patria I, Laguna Salada, Luchadores del desierto, Tigres del desierto (la porción que está junto al ejido Dr. Federico Martínez Manatou) y el Gral. Rodolfo Sánchez Taboada. De entre estos, el ejido Dr. Federico Martínez Manatou es el único que posee idoneidad alta en el 100% de sus hectáreas.

Por otra parte, la Figura 18 también muestra que las variables que influyen positivamente en el porcentaje de idoneidad son siete: la Variación de AAS, la zona arenosa, la pendiente del terreno, la zona de humedales e inundación, el área ejidal y la distancia a caminos. Caso contrario sucede con: el AAS, uso de suelo, la tenencia de la tierra, la disponibilidad de superficie para crecer y las distancias con los trabajadores, insumos empaque y carretera.

Figura 18. Análisis de idoneidad para la expansión de la superficie datilera en la Laguna Salada



Resumen de idoneidad según variables

Variable Analizada	Idoneidad (% Superficie)				Nula
	Alta	Media-Alta	Media-Baja	Baja	
V01. AAS 2020	0.39	32.64	25.61	41.36	
V02. Var. AAS	76.70	14.72	5.26	3.32	
V03. Edafología	33.19	14.96	34.95	16.90	
V04. Arenas	46.14			9.72	44.14
V05. Pendiente	95.45			4.55	
V06. Humedales	76.88			23.12	
V07. Inundación	79.74			20.26	
V08. Uso de Suelo	0.54			99.46	
V09. Vegetación	0.54	0.08	73.71	25.66	
V10. Área Ejidal	52.31			47.69	
V11. T. Tierra	19.64	32.55	0.13	47.69	
V12. Disp. Sup. Crecer.	27.71	21.62	2.67	48.01	
V13. Beneficiarios	15.74	28.79	7.41	0.38	47.69
V14. Trabajadores	0.33	6.49		93.28	
V15. Dist. Insumos	0.30	6.50		93.30	
V16. Dist. Empaque	9.41	20.37		70.22	
V17. Dist. Camino	56.23	23.19		20.58	
V18. Dist. Carretera	19.73	33.99		46.28	
Promedio*	9.59	64.54	25.86	0.01	

Nota. Las variables de la tabla están abreviadas al igual que el nombre de los ejidos en el mapa. *Resultado de la sobreposición de los 18 ráster mediante promedio. Sombreado gris = el mayor porcentaje obtenido por variable y sin contar la idoneidad nula. En el mapa las abreviaciones corresponden a ejidos: ALM= Adolfo López Mateos, CM=Cordillera Molina, EZ = Emiliano Zapata, FMM= Dr. Federico Martínez Manatou, FV= Francisco Villa, GDP = Guardianes de la Patria, GFA2= Gral. Felipe Ángeles 2, JOD = Ejido Industrial Josefa Ortiz de Domínguez, JS2= José Saldaña II, LS= Laguna Salada, LDD = Luchadores del Desierto, MSC= Misión Santa Catarina, PNA = Plan Nacional Agrario, RST = Rodolfo Sánchez Taboada y Tigres= Tigres del desierto. Fuente: Elaboración propia con base en Allbed et al., (2017), INEGI (2020b), Li et al., (2018, 2020), RAN (2022a, 2022b), Shabani et al., (2014a, 2016) y SEGOB (2018a).

V.2.- Fase II. La Fragilidad del Territorio

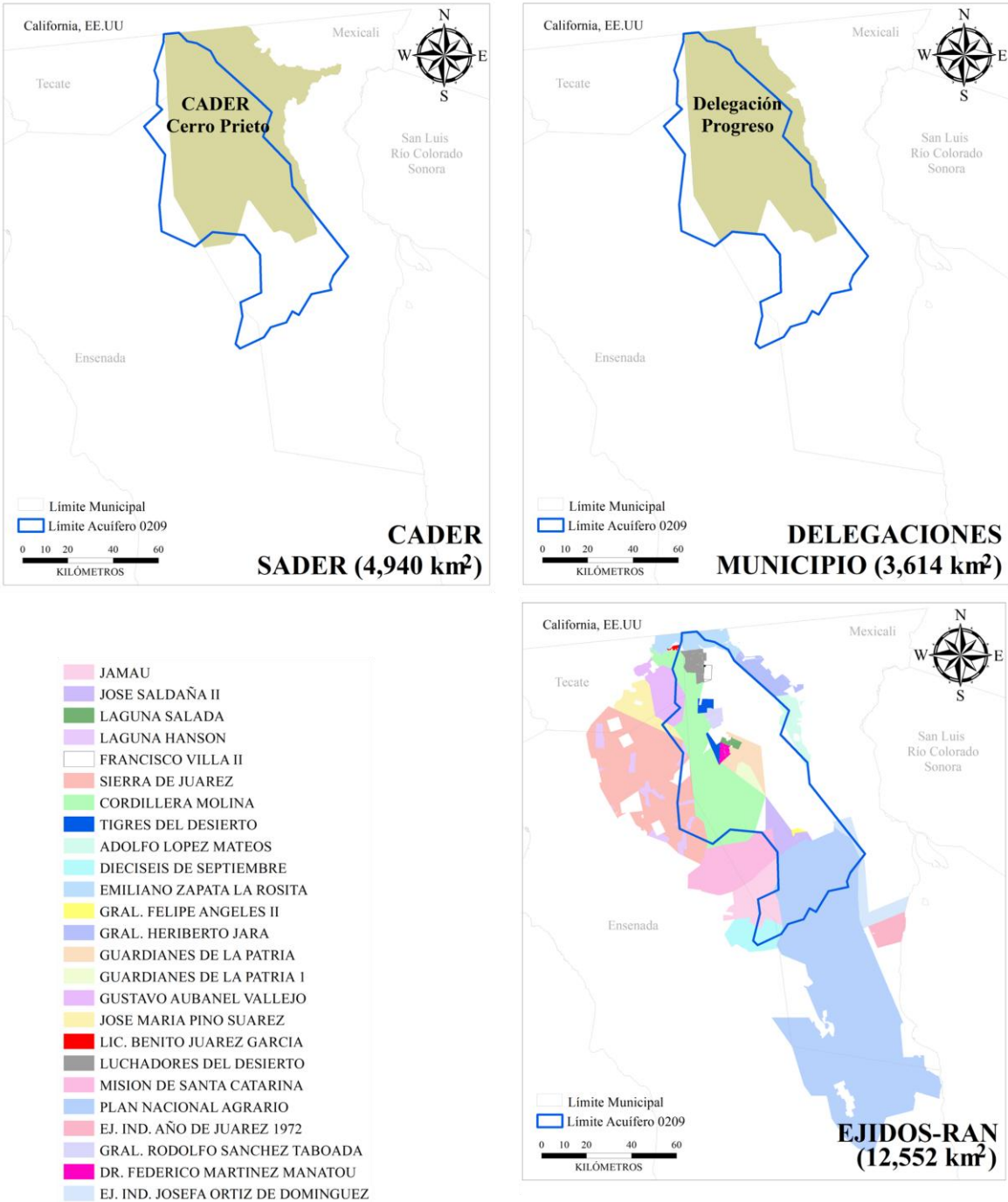
Esta fase integró análisis de la *Superficie Sensible (SSens)*, la determinación de la *Superficie Sustentable (SSust)* y el cálculo y evaluación del *Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)* para diferentes escalas productivas, a continuación, se presentan sus resultados.

V.2.1 El análisis de la superficie productiva (SSens)

El territorio de la Laguna Salada no posee una delimitación propia, su extensión varía de acuerdo con las dependencias de gobierno que lo administran (ver Figura 19). Según CONAGUA (2020a), la extensión territorial del acuífero 0209 Laguna Salada es de 5,689 km². El *Registro Agrario Nacional [RAN]* (2022b) indica que, la zona ejidal relacionada con este acuífero abarca 24 ejidos cuya extensión total es de 12,552 km². Por otra parte, la producción de los ejidos de la Laguna Salada, la SADER la

contempla dentro de la producción del Centro de Apoyo al Desarrollo Rural (CADER) Cerro Prieto. El CADER Cerro Prieto posee una extensión de 4,939.65 km². En cuanto al Ayuntamiento de Mexicali, este considera a la Laguna Salda dentro de las tareas administrativas de la Delegación Progreso.

Figura 19. Delimitación territorial de la Laguna Salda



Nota. CADER = Centros de Atención para el Desarrollo Rural. Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2020a), RAN (2022b) y SADER (2019b).

Con base en los títulos de propiedad del RAN (2022b) se estima que en el Valle de Laguna Salada existe 726.21 familias ligadas legalmente a este, de las cuales el 38.86% se asocia a ejidos datileros (ver Tabla 27). Teniendo en cuenta el número de miembros que conforman un hogar en el municipio de Mexicali (INEGI, 2020a) y los beneficiarios existentes en el área de estudio, al menos 453.4 personas podrían depender de los beneficios que la producción datilera.

Tabla 27. Beneficiarios en los ejidos de la Laguna Salada 2022

Ejidos	Dentro acuífero Laguna Salada		Dentro área de estudio		
	Hectáreas por beneficiario	% Hectáreas con beneficiarios	% Área ejidal	Hectáreas con beneficiario	Beneficiarios
Adolfo López Mateos	450.19	99.63	17.07	3,380.71	7.51
Cordillera Molina	1,633.77	87.45	88.94	108,982.60	66.71
Dr. Federico Martínez Manatou*	34.51	85.67	100.00	2,622.82	76.00
Ej. Industrial Josefa Ortiz de Domínguez	892.75	99.93	13.41	3,949.66	4.42
Emiliano Zapata La Rosita	178.08	91.58	35.38	8,632.13	48.47
Francisco Villa II	51.41	98.00	100.00	2,416.27	47.00
Gral. Felipe Ángeles II	51.99	100.00	80.38	1,086.57	20.90
Gral. Rodolfo Sánchez Taboada*	119.16	98.95	100.00	5,600.67	47.00
Guardianes de La Patria*	185.45	73.56	74.27	14,875.55	80.21
Guardianes de La Patria I	223.57	100.00	100.00	6,994.06	31.28
Jamaú	1,288.95	99.98	26.55	11,294.23	8.76
José Saldaña II	301.32	97.94	100.00	19,069.32	63.29
Laguna Salada*	35.01	100.00	100.00	2,765.52	79.00
Lic. Benito Juárez García	29.11	100.00	0.01	0.03	0.00
Luchadores del Desierto	125.50	45.67	100.00	4,975.11	39.64
Misión de Santa Catarina	817.17	99.69	3.51	2,383.57	2.92
Plan Nacional Agrario	1,822.46	90.97	18.74	89,481.78	49.10
Tigres del Desierto	121.26	74.43	100.00	6,548.03	54.00
			TOTAL	295,058.73	726.21

*Ejidos datileros Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2020a), INEGI (INEGI, 2020a) y RAN (2022b).

V.2.1.1 Evolución productiva de la Laguna Salada

Recopilando información estadística se encontró que, entre los años 2000 y 2018, la población del territorio de la Laguna Salada había establecido un hectareaje de olivos y dátil. Las producciones de dátil iniciaron en 2005. Dentro del periodo 2005-2018 los ejidatarios han abandonado las hectáreas de olivo. En este sentido la Tabla 28 expone lo que ha pasado en desde 2010.

Tabla 28. La superficie productiva de la Laguna Salada. Resumen 2010-2018.

Tipo Superficie	Cultivo	2010	2012	2013	2018	TCMA (10-18)
Sembrada	Dátil	9.00	21.00	50.00	93.86	34.05
	Olivo	1,271.26	1,271.26	1,271.26	-	-
	Total	1,275.26	1,292.26	1,321.26	93.86	-27.83
En Desarrollo	Dátil	5.00	12.00	41.00	82.87	42.05
	Olivo	-	-	-	-	-
	Total	5.00	12.00	41.00	82.87	42.05
Cosechada	Dátil	4.00	9.00	9.00	10.99	13.07
	Olivo	1,271.26	1,271.26	1,271.26	-	-
	Total	1,275.26	1,280.26	1,280.26	10.99	-44.80

Nota. No se encontró información en los años que no se exponen en esta tabla. Fuente: Elaboración propia con base en Nemesio Laguna (2017), OEIDRUS-BC (2013), SADER (2018) y SEDAGRO (2018a)

V.2.1.2 Características de la producción datilera

Según la Tabla 29, la superficie datilera total de la Laguna Salada ($S=93.86$ hectáreas) se divide en predios de 0.1 a 30.3 hectáreas ($SPredio$). La característica más predominante es la producción familiar. Los Vieyra, Nelson y Báez destaca por su tamaño de su superficie sembrada o el número de hectáreas por productor. Estas familias se asientan en los ejidos: General Rodolfo Sánchez Taboada y Dr. Federico Martínez Manatou.

Tabla 29. Producción de dátil en la Laguna Salada por familia 2018.

Ejido	Familias	Productores	Predios		Superficie (Hectáreas)				
			Totales	Cosecha	Sembrada	Desarrollo	Cosechado	Por predio	Por Product
RST	n.d.	1	1		30.31	30.31		30.31	30.31
FMM	Vieyra	8	9	2	41.07	31.10	10.27	4.56	5.13
FMM	Nelson	1	3		4.36	4.36		1.45	4.36
Otros	Varios	3	3		7.30	7.30		2.43	2.43
FMM	Baez	2	3		3.86	3.86		1.29	1.93
FMM	Orozco	3	3		2.88	2.88		0.96	0.96
LS	Peña	1	1		0.96	0.96		0.96	0.96
FMM	Sánchez	1	1	1	0.72		0.72	0.72	0.72
FMM	Mosqueda	1	1		0.44	0.44		0.44	0.44
FMM	Godínez	1	1		0.42	0.42		0.42	0.42
FMM	Silva	4	4		1.24	1.24		0.31	0.31
FMM	Ruiz	1	1		0.20	0.20		0.20	0.20
LS	Colado	1	1		0.10	0.10		0.10	0.10
TOTAL		28	32		93.86	83.17	10.99	44.16	

Nota. "Otros" incluyen una combinación entre ejidos. Esta tabla se apoya en el Anexo 3. "n.d" = no disponible. Fuente: Elaboración propia con base en SADER (2018) y SEDAGRO (2018c).

En total son 28 productores (ver Tabla 29). El 17.85% de ellos son asociaciones (empresas), mientras que el 3.57% es liderado por una mujer (ver Anexo 3). Las mujeres pueden tener mayor participación porque la información oficial no desagrega los integrantes que conforman las empresas

productoras y algunos de los registros se abrevia el nombre del productor. Este hecho es importante dado que el sector agrario nacional es dominado por varones y la inclusión del género femenino es un indicador de sustentabilidad.

Actualmente, el 82.14% de los productores ostenta una superficie productiva menor a la superficie productiva promedio ($SSens_{media}$): 3.35 hectáreas (ver Tabla 29 y Anexo 3). El 11.71% de las hectáreas han sido cosechadas y que solo tres predios pertenecientes a dos familias (Vieyra y Sánchez) reciben ingresos (ver Tabla 29). Los ingresos recibidos son en dólares estadounidenses porque el destino de la producción es el mercado internacional, mientras que por lo regular los costos son en pesos; lo cual sugiere un buen rendimiento económico por la diferencia del tipo de cambio.

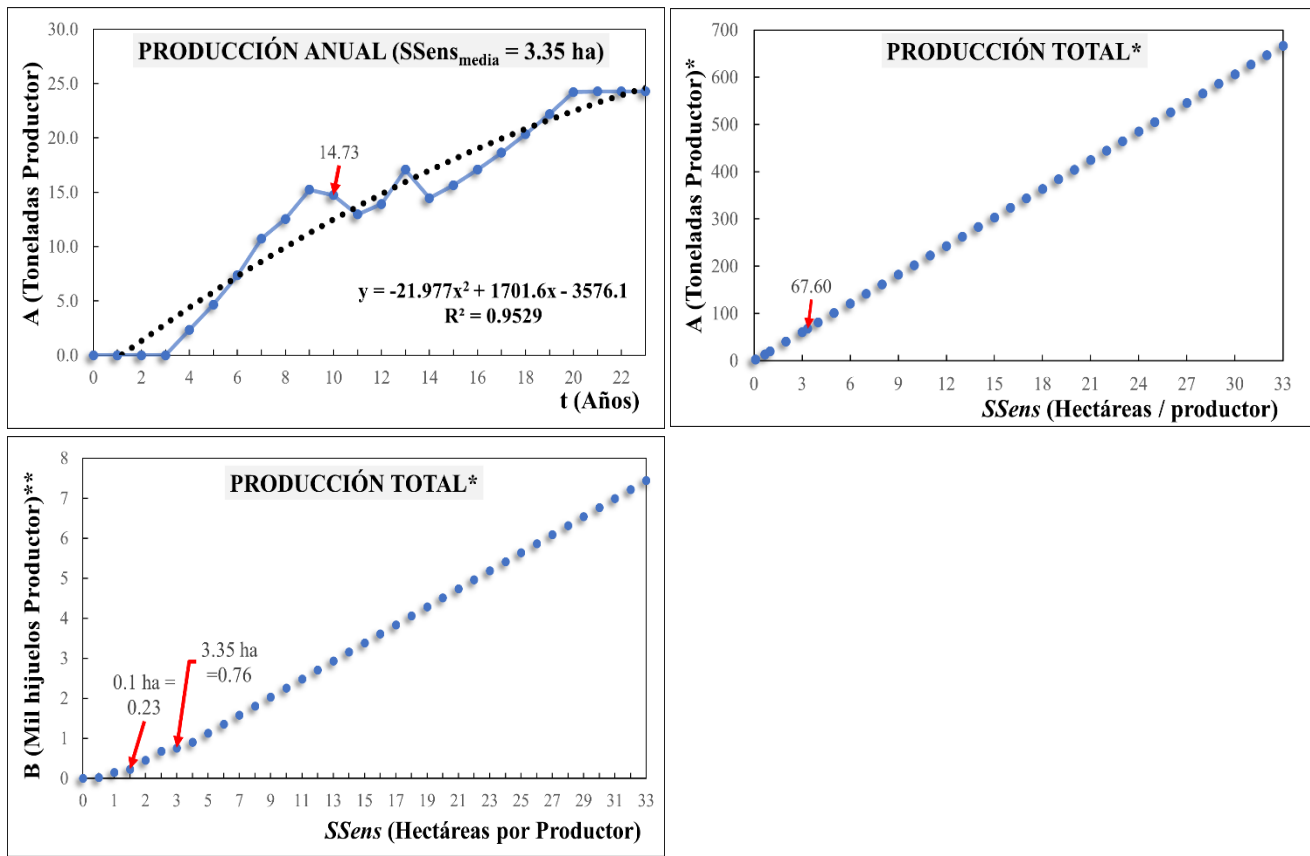
Con base en la media ajustada de los rendimientos agrícolas datileros que se utilizó para programar la MCD actualizada (ver Anexo 4) se encontró que, en el año 10, los productores que establecen una $SSens_{media}$ en la Laguna Salada generan 14.73 toneladas aproximadamente (ver Figura 20). Esto significa que obtienen un rendimiento cerca de la mitad del renacimiento agrícola datilero promedio del municipio de Mexicali: 9.0 (SADER, 2019a). Según literatura datilera, este porcentaje de rendimiento puede estar asociado con la edad de la palma y con el no uso de fertilizantes (Kotagama et al., 2013; Nemesio Laguna, 2017).

Según las proyecciones de producción datilera que muestra la gráfica de la derecha (ver Figura 20), cada productor que haya establecido $SSens_{media}$, al final del $t=10$ habrá producido 67.60 toneladas de dátil. Como son 28 productores, en la Laguna Salada se habrán producido 1,892.8 toneladas.

Por otra parte, dada la función cuadrática de la producción anual de la *Figura 20*, el problema de la expansión de la superficie datilera es que llegará el momento en que un incremento en el número de hectáreas no produzca el rendimiento esperado y los productores solo incrementen la degradación de la capacidad productiva del suelo.

Otro problema se refiere a la producción total de hijuelos, de acuerdo con la misma figura, establecer la $SSens_{media}$ generará cerca de 760 hijuelos/año por productor a partir del año 4; si bien estos se pueden vender a 65 USD cada uno, cada año se necesitaría expandir la $SSens$ 7.6 hectáreas (la densidad de siembra es de 100 hijuelos/ha). Dada la cantidad de productores, anualmente se requerirían expandir 212.8 nuevas hectáreas de dátil; de no hacerlo implicaría un costo económico para el productor, mismo que no se ha medido.

Figura 20. La producción estimada de dátil e hijuelos por productor

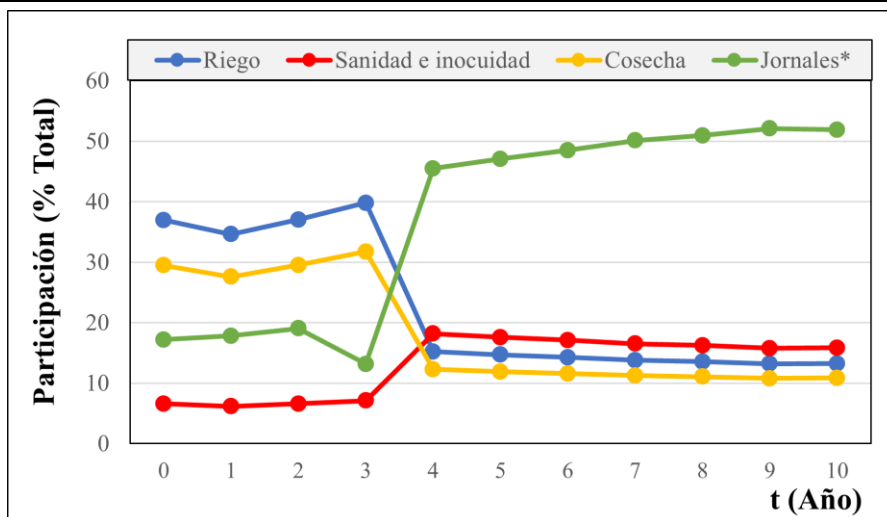


A = Producción de dátil. B = Producción de Hijuelos. *Total (de t=0 a t=10). **El periodo de producción de hijuelos va de t=4 a t=13. Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada de Martínez Vieyra (2012).

Hasta ahora no se cuenta con estadísticas que determinen cuánto es lo que se invierte hijuelo sembrado con precisión, principalmente porque existe escasez de datos sobre los insumos (entre ellos los hídricos) y rendimientos agrícolas y lo tradicional que llega a ser el sector agrario; sin embargo, utilizando las láminas de agua del cultivo datilero para el Valle de Mexicali y Estados Unidos, el consumo de las 7.6 nuevas hectáreas requerirán entre 101.37 y 243.20 mil m³/años adicionales. En términos monetarios, el productor no ve reflejado el incremento del volumen de agua en su estructura de costos (ver Figura 21).

Más allá de que en el año 4 el costo asociado con número de trabajadores tiende a aumentar considerablemente (ver Figura 21), tres factores podrían ser los que están interviniendo: 1) los productores pagan una cuota fija de agua independientemente de los m³ bombeados, 2) el costo por bombeo hace referencia al costo de consumo de combustible por bombear y 3) no se ha regionalizado el manual de prácticas por lo que los productores instalan el sistema de riego eficiente por obligación pero desconocen cuánta, cómo y cuándo aplicar el agua (Nemesio Laguna, 2017).

Figura 21. Estructura anual de costos de los productores de la Laguna Salada. Principales costos.

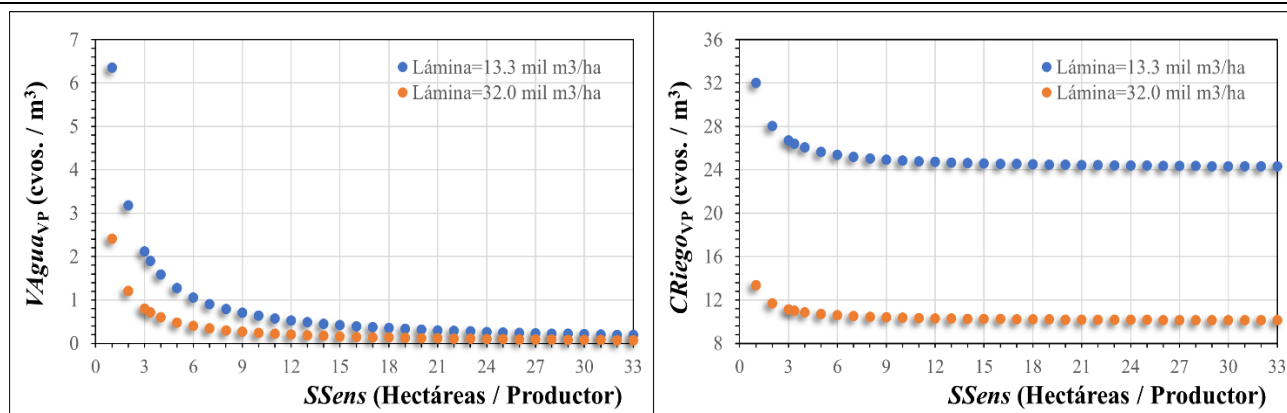


*No incluye los jornales por regar. Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la MCD actualizada de Martínez Vieyra (2012).

V.2.1.3 La demanda de agua de SSens

Con base en las láminas de riego aquí tomadas en cuenta (Mexicali y Estados Unidos), actualmente el consumo de agua anual por las 93.86 hectáreas establecidas (*S*) se estima entre: 1.2 a 3.0 hm³/año. También se encontró que el valor del agua (*V_{Aguá}_{VP}*) aumenta si se siembran menor cantidad de hectáreas y si se riega con una lámina menor (ver Figura 22). A partir de una superficie de riego de 13 ha, los valores de *V_{Aguá}_{VP}* serán menores a 0.01 pesos/m³ y la lámina de riego de 32 mil m³/ha habrá producido un *V_{Aguá}_{VP}* casi similar al producido por la lámina de riego de 13 mil m³/ha (imagen izquierda de la Figura 22 y Anexo 6).

Figura 22. El valor del agua (*V_{Aguá}_{VP}*) y el costo de regar (*C_{Riego}_{VP}*) según superficie productiva datilera (*SSens*) y lámina de agua aplicada (*L*)



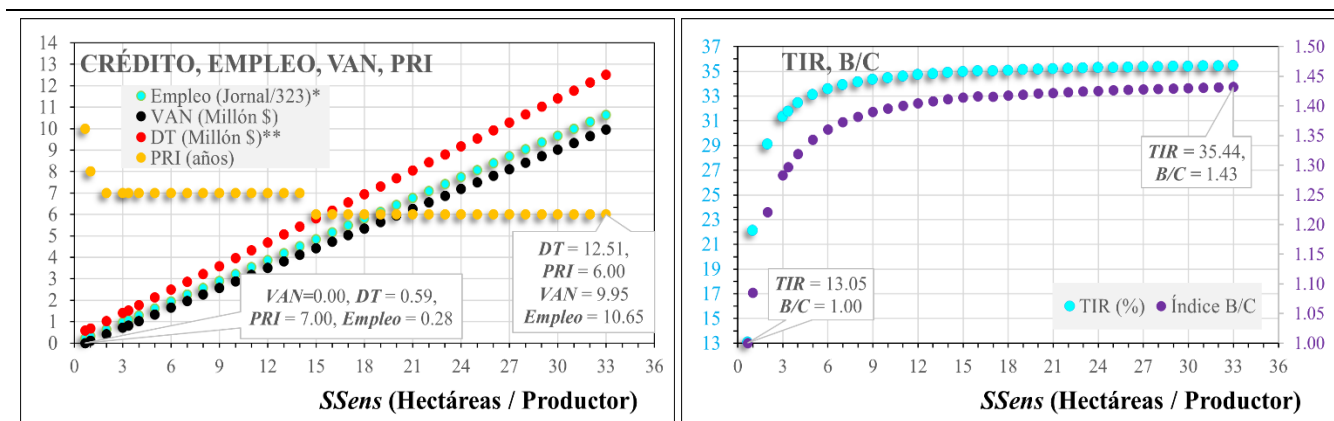
cvos. =centavos (en moneda nacional). ha=hectárea. Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada y adaptada de Martínez Vieyra (2012).

En cuanto al costo de regar ($CRiego_{VP}$), efectivamente se encontró que una lámina de agua menor siempre será mayormente costosa (imagen derecha de la Figura 22), esto se debe a que, para una misma $SSens$, el costo de regar ($CRiego_{VP}$) es el mismo, solo cambia la magnitud del consumo de agua (L). Cabe destacar que, si la $SSens$ incrementa más allá de 8 hectáreas, $CRiego_{VP}$ de la $L = 32$ mil m^3/ha será menor a 0.10 centavos m^3 (Figura 22 y Anexo 6).

V.2.1.4 La factibilidad económica de la expansión

Según los resultados de la MCD actualizada, todas las inversiones arriba de 0.6547 hectáreas ($SSens_{min}$) son factibles porque generan: un $B/C > 1$, una $TIR > TREMA$ y una $VAN \geq 0$. Esta situación es expresada en la Figura 23 en donde la $SSens$ de 0.6547 hectáreas genera una $VAN = 0$, una TIR de ≈ 13.00 y un B/C de 1; además el PRI se obtiene dentro del periodo y requiere de 0.28 empleados máximos y una línea de crédito de 0.59 millones de pesos. Cerca de la tercera parte de los productores se encuentra produciendo por debajo de la $SSens_{min}$ (ver Anexo 3), lo cual quiere decir que no poseerán rentabilidad alguna sino incrementan sus hectáreas.

Figura 23. La factibilidad de la expansión datilera por indicador clave



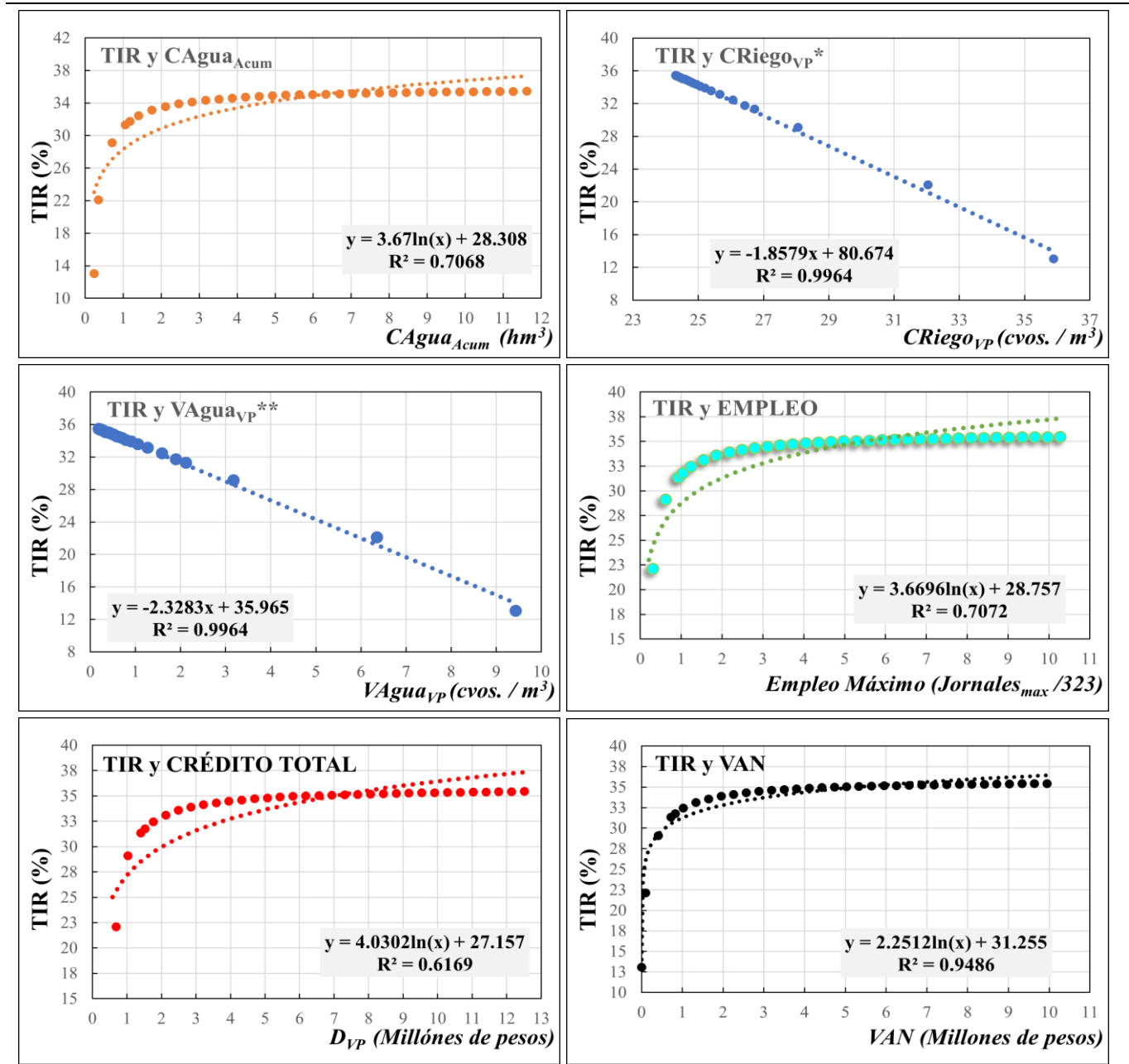
Nota. Se recomienda ver el Anexo 6. *Empleo = Empleo Máximo, **DT= DT_{vp} . Fuente: Elaboración propia con base en la MCD actualizada y adaptada de Martínez Vieyra (2012).

Por otra parte, la Figura 23 también señala que para asegurar como mínimo un empleo se debe establecer 3.35 hectáreas como mínimo. Obtener una mejor TIR , VAN , y B/C requerirá de establecer el mayor número de hectáreas posibles. En este caso se simularon 33 hectáreas por productor; sin embargo, pueden ser mayores. En 33 hectáreas la $TIR=35.44\%$ (+22.44 puntos porcentuales que $TREMA$), $VAN = 9.95$ millones de pesos, y $B/C = 1.43$. Si el productor tiene una línea pequeña o no quiere depender del crédito, requerirá de establecer la $SSens_{min}$ (0.6547 hectáreas); en tanto que si quiere recuperar su

inversión en el menor tiempo este deberá de sembrar 15 hectáreas o más. Cabe destacar que por cada aumento de una hectárea el crédito incrementará ≈ 369.6 mil pesos.

Por otra parte, la relación entre TIR, la $V_{Agua_{VP}}$, $CRiego_{VP}$, $Empleo_{max}$, $CAgua_{Acum}$, DT_{VP} y VAN (graficada en Figura 24) nos presenta como es que una decisión basada en la TIR impacta el territorio.

Figura 24. La relación de la TIR con los indicadores claves



Nota. El $CAgua_{Acum}$ acumulado es la suma del consumo de agua desde el año de inversión ($t=0$) hasta el año 10 ($t=10$), en otras palabras: 11 años. *Con base en la lámina máxima de agua. **Con base en la lámina mínima de agua. Fuente: Elaboración propia con base en la MCD actualizada y adaptada de Martínez Vieyra (2012).

Destaca la pendiente, significancia y relación inversa entre $V\text{Agu}\alpha_{VP}$ y $C\text{Riego}_{VP}$. Las variaciones de estas variables llegan a explicar entre el 99.64% de las variaciones en la TIR. En este sentido, por cada incremento en una unidad de dichas variables, la TIR disminuirá 2.32 y 1.8 veces, respectivamente. La pendiente negativa tiene que ver con la lámina de riego utilizada y la superficie establecida.

Por otra parte, la VAN es la segunda variable de mayor importancia dado que tiene una relación menos significativa con la TIR ($R^2 = 94.86\%$). Su pendiente es decreciente en comparación con la $V\text{Agu}\alpha_{VP}$ y el $C\text{Riego}_{VP}$; se cree que puede ser porque a medida que un proyecto genera mayores flujos de efectivo, mayor será la rentabilidad de este.

Al igual que la VAN, la relación de la TIR con el Empleo_{max} y el $C\text{Agu}\alpha_{Acum}$ es positiva, aunque con una capacidad menor de ajuste explicativo (R^2 menor). Tanto el Empleo y el $C\text{Agu}\alpha_{Acum}$ guardan un coeficiente de determinación (R^2) y una magnitud de su pendiente similar. R^2 se encuentra entre 70.6% y 70.7%, lo cual aún se considera una relación significativa. La pendiente es positiva y se encuentra entre 3.6696 (Empleo_{max}) y 3.671 ($C\text{Agu}\alpha_{Acum}$) de su logaritmo natural.

La línea de Crédito es la variable con menor capacidad de explicación de la TIR, solo explica el 61.69% de sus variaciones; no por eso no es una variable relevante. La cantidad de observaciones (32 datos) podría estar influyendo. Tomando en cuenta su pendiente (+4.0302 logaritmo natural), una variación en una unidad adicional implicará un mayor impacto positivo en TIR.

V.2.1.5 Peligros e impactos de expandir la superficie datilera bajo condiciones actuales

Mas allá de la falta de delimitación jurídica, entre los peligros de incrementar la superficie datilera en la Laguna Salada se encuentran:

- la diferencia entre la superficie expuesta ($S\text{Exp} = 323.183 \text{ km}^2$) y las hectáreas establecidas totales (93.86 hectáreas),
- la tasa de interés e inflación se encuentran incrementado desde marzo del 2021. La tasa de inflación en estos dos últimos años se ha superado el 5% similar al de la crisis de 2008; mientras que la tasa de interés ha aumentado 25.79%, de estar a casi 4% ahora se encuentra por encima del 6% (SEGOB, 2020c),
- la paridad peso-dólar ha caído desde noviembre de 2021 de 21.81 Pesos/USD hasta llegar a los 19.84 Pesos/USD (SEGOB, 2020c),
- el precio medio anual del petróleo crudo fijado por la *Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP)* ha incrementado desde 2020,

- la derrama económica municipal es mínima (SISPRODA, 2015) y existen otros cultivos que se producen en el municipio y en México y generan mayor derrama con menor impacto al ecosistema, por ejemplo, el aguacate (ver Tabla 30).

Tabla 30. Comparativo entre el dátil y el aguacate 2019

Características		Aguacate	Dátil	Mayor impacto negativo*
Tipo cultivo		Endémico	Introducido	Dátil
Entidades	Productoras	28	4	Dátil
	Principales (2)	Michoacán y Jalisco	Sonora y Baja California	Dátil
	(% Part. Principales)	81.7	86.9	Dátil
Superficie Sembrada (% Superficie Sembrada Nacional)		14.1 (2° Lugar)	0.17 (32° Lugar)	Dátil
Producción Exportada (% Producto Producido)		50.11	40.00	Aguacate
Ingreso (USD)	Por Sup. Cosechada	11.9	20.99	Aguacate
	Por Kg Exportado	2.53	1.93	Dátil
Consumo	Per cápita (Kg/año)	9.1	0.11	Dátil
	Agua (m ³ /Ha)**	7,500	36,000	Dátil
Ciclo de vida (Edad)	Inicio Producción	4	6	Dátil
	Inicio de Vejez	25	50-75	Dátil

Fuente: Con base en Allen et al., (2006), FAO (2008), FIRA (2014), OEIDRUS-BC (2009), SIAP (2019a). *Cultivo que mayor impacto negativo genera al territorio. **Consumo máximo documentado

Otros peligros se relacionan con el marco jurídico, los actores del desarrollo, las características de los mecanismos de gestión y las estadísticas disponibles los cuales se abordarán en la sección de capacidad de adaptación territorial.

V.2.1.6 Los beneficios sociales y el agroecosistema sustentable

De los beneficios que puede generar el cultivo en las zonas productoras, la Tabla 31 señala que el cultivo datilero solo está generando el 50% del total y quizá pueda generar el 75%. También expone que su capacidad de producir más beneficios es media baja, y que la capacidad de generación de un agroecosistema sustentable futura será medianamente alta.

Tabla 31. Beneficios socioeconómicos y socioambientales en el territorio

Tipo de beneficios	Beneficios de producir dátil*	Actual		Posibles	
		Existencia	Calif.	Existencia	Calif.
Económico	01. Es una industria intensiva en mano de obra.	No	1.00	No	1.00
	02. Las agroindustrias rodean las principales áreas productoras.	No	1.00	No	1.00
	03. Bajos costos de producción.	Tal vez**	4.50	Si	7.00
Social	04. Juega un papel integral en la vida cultural y religiosa diaria de las personas.	No	1.00	No	1.00
	05. Trabajo decente	No	1.00	Si	7.00
Social y Ambiental	06. Detiene el flujo de personas de las zonas rurales a las ciudades.	No	1.00	No	1.00
	07. Se utiliza para la contención de tormentas de arena.	No	1.00	Tal vez	4.50
	08. Se utiliza para controlar y mitigar la desertificación.	No	1.00	Si	7.00
Social y Económico	09. Proporciona materiales y subproductos.	Tal vez	4.50	Si	7.00
	10. Proporciona nutrientes a la población.	Tal vez	4.50	Si	7.00
	11. Contribuye a mejorar y mantener los medios de vida en las zonas rurales.	Tal vez	4.50	Tal vez	4.50
	12. Produce salarios competitivos.	Si	7.00	Si	7.00
	13. Genera trabajo para las mujeres.	Tal vez	4.50	Si	7.00
	Presencia en Territorios (1-% que "No")	46.15%		75.00%	
Capacidad de producción (Media)		2.81		4.77	

Nota. Capacidad productiva Alta = Calif.>5, Media alta = 3<Calif.>5, Media-baja = 1<Calif.>3, Baja = Calif.<1. *Con base en Jain et al., (2011), ONU (2015), Al- Khayri (2015a, 2015b). **Son cuatro años sin ingresos, diferentes escalas de producción. Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada y adaptada y lo reportado por: GobBC (2020), Krueger (2015), INEGI (2020a), Nemesio Laguna (2017), SADER (2018, 2019a), y SIAVI (2019).

V.2.2 Estimación de la Superficie Sustentable (*SSust*)

La Tabla 32 expone los *Umbrales Superficiales (USup)* del *Empleo_{max}*, el PRI, la TIR, el *CRiego_{VP}* y el *VAgua_{VP}*. El *USup* elegido como *SSust* fue el del *VAgua_{VP}* (=7 hectáreas). Ser el más pequeño *USup*, ser mayor que *SSens_{min}*, tener una línea de crédito menor y asegurar cierto valor del agua fueron las razones principales por las cuales se eligió. Cabe destacar que, como no se pudo tener acceso a la información sobre la línea de crédito de los productores y los resultados de la FASE I indicaban que se tenía que ser conservador con la escala de producción, se supuso que un *USup* pequeño aumenta la probabilidad de que un productor: 1) pueda acceder al crédito, 2) mantenga su ingreso familiar y 3) de que el incremento superficial no vaya a consumir mucha agua. La condición más importante era que el *USup* fuera más grande o igual a *SSens_{min}* pues esta asegura cierta rentabilidad económica y cierta cantidad de empleos.

Tabla 32. Los umbrales superficiales de la sustentabilidad según indicadores seleccionados

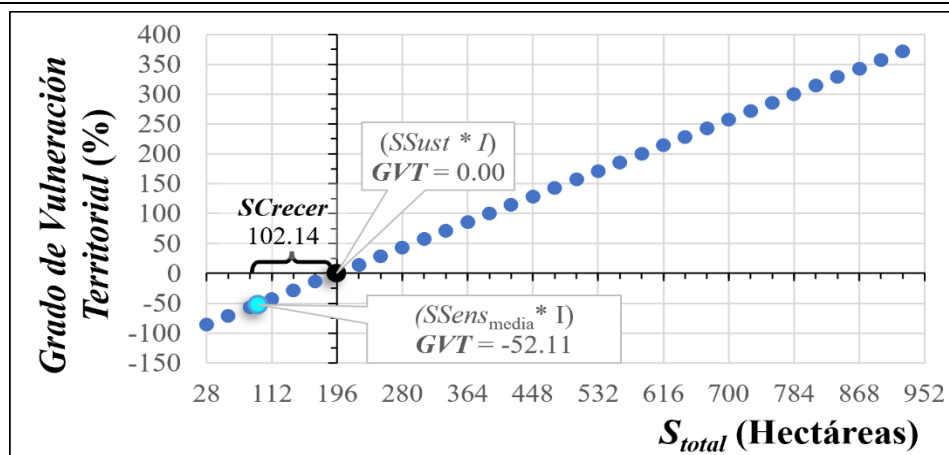
Ámbito de la Sustentabilidad	Variable	Valor de la Variable	USup (ha)	Crédito Total (D _{VP})*
	$SSens_{min}$		0.6475	0.59
Social	Empleo máximo ($Empleo_{max}$)	4.19	13.0000	5.07
Económico	PRI (años)	6.00	15.0000	5.81
	TIR (%)	34.80	13.0000	5.07
Ambiental	$CRiego_{VP}$ (cvos. / m ³)	0.10	8.0000	3.22
	$VAgua_{VP}$ (cvos. / m ³)	0.01	7.0000	2.85

*Millones de pesos (moneda nacional) según hectáreas a sembrar. Fuente: Elaboración propia con base en la actualización y adaptación de la MCD de Martínez Vieyra (2012).

V.2.3 Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)

En la Figura 25 se puede observar que a medida que crece la superficie sembrada de palma datilera, mayor será el grado de vulnerabilidad del territorio (GVT). El GVT lo define multiplicando la superficie sustentable por el número de productores ($SSust * I$); en este caso, las hectáreas totales que se pueden sembrar en la Laguna Salada son 196. Como actualmente hay sembradas 93.86 hectáreas, se puede expandir la superficie datilera en 102.14 hectáreas ($SCrecer$). La superficie para evitar sembrar son todas las superficies mayores a $SSust * I$. Estas incrementarán el GVT.

Figura 25. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) por la expansión de la superficie datilera



Fuente: Elaboración propia con base en la ecuación (24) y la información de la SADER (2018).

Las regresiones simples entre el GVT y las variables de la Tabla 32 señalan que los cambios en el $CAgua_{Acum}$, el $VAgua_{VP}$ y el $Empleo_{máx}$ son las variables que más influye en el GVT. El cambio en estas variables llega a explicar el 100% de la variación en GVT. Las tres tienen una asociación positiva con GVT. Entre estas destaca la $VAgua_{VP}$ porque según la mejor ecuación, su inversa es la que

incrementa el GVT. Otra de las relaciones más significativas fue la VAN ($R^2=99.998\%$) y el DT_{VP} ($R^2=99.997\%$). Dada la mejor ecuación, cuando aumenta una unidad de cualquiera de estas incrementa el GVT. La relación de GVT y: el PRI, el índice de B/C, el Costo de Regar y la TIR es débil ya que una variación en estas explica menos del 70% de las variaciones en el GVT.

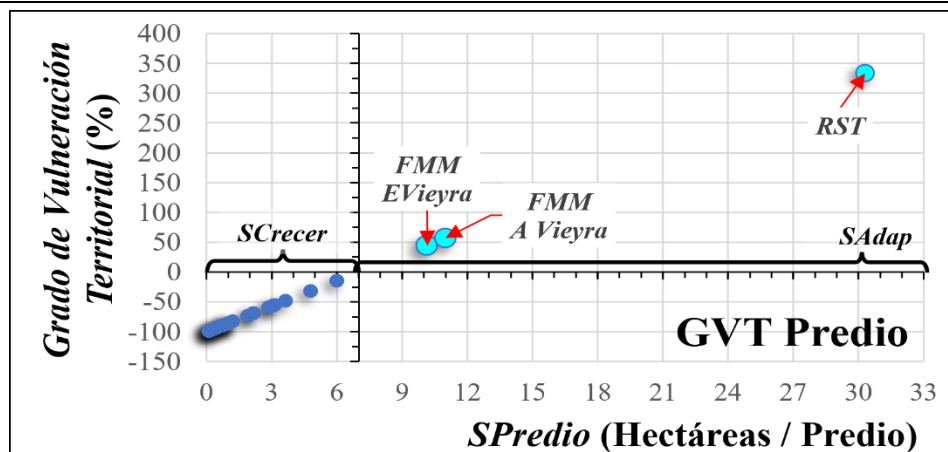
Tabla 33. Variables que explican más los cambios en GVT

VARIABLES explicativas	Mejor Ecuación*	R	R ²
Consumo de Agua Acumulado ($CAgua_{Acum}$)	$GVT = -100.0000 + 40.5844 CAgua$	100.000	100.000
Valor del Agua ($VAgua_{VP}$)	$GVT = -99.9973 + \frac{90.8712}{VAgua_{VP}}$	100.000	100.000
Empleos Máximos Generados ($Empleo_{max}$)	$GVT = -99.9897 + 45.8408 Empleo_{max}$	100.000	100.000
Valor Actual Neto (VAN)	$GVT = -90.7349 + 46.4545 VAN$	100.000	99.998
Crédito Total (DT_{vp})	$GVT = -110.600 + 38.5657 DT_{vp}$	100.000	99.997
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	$GVT = -1025.270 + \frac{7503.46}{PRI}$	83.028	68.936
Índice Beneficio Costo (B/C)	$GVT = -680.4150 + 426.832 (B/C)^2$	72.215	52.150
Costo de Regar ($CRiego_{VP}$)	$GVT = -1185.560 + \frac{33221.3}{CRiego_{VP}}$	65.677	43.134
Tasa Interna de Retorno (TIR)	$GVT = -331.3530 + 0.405486 TIR^2$	63.775	40.673

Nota. R² y R se encuentran expresadas en porcentajes. *Según R². Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la MCD actualizada y adaptada de Martínez Vieyra (2012).

Por otra parte, la Figura 26 representa el GVT que producen las actuales granjas datileras según la superficie productiva que ostentan ($SPredio$). Se destaca que al menos tres predios poseen un número de hectáreas por encima de la $SSust$. Estas se encuentran en los ejidos Gral. Rodolfo Sánchez Taboada (RST) y el Dr. Federico Martínez Manatou (FMM); se asocian con un productor con apellido Vieyra, la empresa Vieyra y una empresa de nombre desconocido del ejido RST.

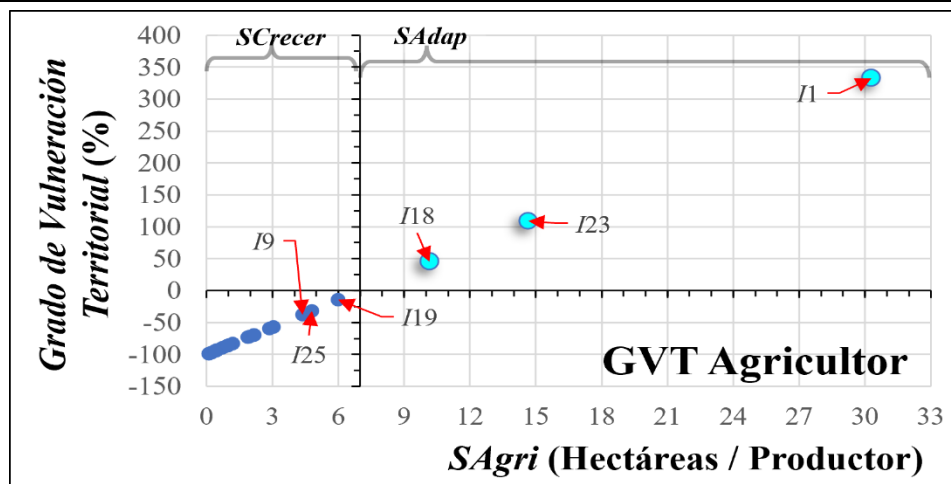
Figura 26. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) según predios actuales.



Fuente: Elaboración propia en ecuación (26) y la información de la SADER (2018).

Como un agricultor puede poseer distintos predios, la Figura 27 expone el GVT por agricultor según su superficie productiva (*S_{Agri}*).

Figura 27. Grado de Vulnerabilidad Territorial (*GVT*) según hectáreas del agricultor



Fuente: Elaboración propia en ecuación (27) y la información de la SADER (2018).

V.3.- Fase III. La Capacidad Adaptativa Territorial

Esta fase comprende los análisis de la sensibilidad de la expansión productiva y de la capacidad de gestión, cuyos resultados se presentan a continuación.

V.3.1 El análisis de sensibilidad de la inversión

Según la Tabla 34, las variaciones en la TREMA, la venta de subproductos como los hijuelos vendidos, el precio de kilogramo del dátil, la merma en los rendimientos productivos, el tipo de cambio y la densidad de siembra; son los seis parámetros más importantes que repercuten en la obtención de mejores flujos de efectivo (VAN) y la rentabilidad de las granjas (TIR) y que, por lo tanto, se deben tener observados o utilizarse como estrategia para mejorar la TIR sin tener que incrementar la superficie productiva.

En cuanto a los parámetros más importantes que tienden a modificar la cantidad de dinero solicitada a un banco para expandir la superficie de palma datilera (Crédito a la expansión) se encuentran: el porcentaje de aportación inicial del agricultor (Aportación Social), el nivel de apoyo gubernamental y el precio del hijuelo que el agricultor pueda obtener, la densidad palmeral que siembre por hectárea, el precio del kilogramo de dátil que reciba y la merma de la producción pre o post-cosecha.

Tabla 34. Análisis de la sensibilidad de la inversión al cambio de parámetros productivos

Parámetros productivos	Valor Base	Sensibilidad al +1% el Parámetro base					
		VAN	Rank	Crédito Total**	Rank	TIR***	Rank
$SSens_{media}$ (Hectáreas)	3.35	824,988.43*		1,528,039*		31.754%	
TREMA (%)	0.00	11.268%	1	0.036%	13	0.252	4
Hijuelos vendidos (Hijuelos)	77.50	-3.763%	2	0.000%	15	-0.516	1
Precio del Kilogramo (Pesos)	0.00	-2.462%	3	0.220%	5	-0.263	2
Merma de la producción (% producción)	0.13	2.415%	4	-0.216%	6	0.262	3
Tipo Cambio (Pesos / USD)	22.14	-2.127%	5	-0.190%	8	-0.183	5
Densidad de siembra (Hijuelos / Hectárea)	100.00	-2.012%	6	-0.276%	4	-0.167	6
Mortandad Hijuelos (%)	0.03	0.823%	7	-0.193%	7	0.097	7
Aportación Social (%)	0.15	-0.806%	8	1.200%	1	-0.092	8
Capacidad Natural de Polinizar (Hembras / Macho)	10.00	-0.760%	9	0.062%	12	-0.081	9
Apoyo Financiero Gubernamental (% Inversión Inicial)	1,345.00	0.734%	10	-1.180%	2	0.072	11
Precio Hijuelo (Pesos)	0.00	0.335%	11	-0.410%	3	0.079	10
Precio Combustible (Pesos Reales / Litro)**	5,000.00	0.114%	12	-0.068%	10	0.014	13
Rendimiento del Combustible de la Unidad de Transporte (Km/L)	18.84	-0.113%	13	0.067%	11	-0.014	14
Carga de Transporte de la Unidad de Transporte (Kilogramos)	14.60	0.073%	14	-0.090%	9	0.018	12
Precio Jornal (Pesos / Jornal)	220.00	0.056%	15	-0.014%	14	0.007	15

Nota. Para todos los escenarios PRI=8, por eso no se incluyó en este resumen. Color Amarillo = variables que impactan más en la VAN, TRI y Crédito. Aportación Social es un término de contabilidad que hace referencia a las aportaciones en especie o moneda que el productor debe comprobar que tiene. *Pesos (moneda nacional). ** DT_{VP} . ***Puntos porcentuales adicionales al escenario base. **Pesos Reales hace referencia al poder adquisitivo que se tenía en julio 2019. Fuente: Elaboración propia con base en la actualización de la MCD de Martínez Vieyra (2012).

V.3.2 La capacidad de gestión del marco jurídico

La Tabla 35 evalúa las condiciones en las que se encuentra el marco jurídico aplicable a la Laguna Salada y relacionado con expansión de la actividad agrícola y/o datilera. Destaca que 70.0% del marco aplicable aborda el tema de la expansión productiva, el 57.7% está a favor de la expansión, el 73.3% se actualice con regularidad y que el 35.7% sea lo suficientemente claro. En total, la efectividad del marco jurídico ($Efect_{Total}$) es del 56.67% (=43.33% de deficiencia).

Las leyes con mayor efectividad (alta = 75%), es decir, las leyes que mayor capacidad tienen para corregir algún problema con la expansión productiva son: la *Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS)*, la *Ley Agraria*, la *Ley de Desarrollo Agropecuario de Baja California (LDABC)*, el *Plan Estatal de Desarrollo (PED)* y el *Programa Hídrico del Estado de Baja California (PHBC)*.

Tabla 35. Condiciones del marco jurídico sobre expansión datilera sustentable aplicables

Escala	Marco jurídico aplicable	Abor	favor	Actual	Clari	Efect _M
Federal	M01. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	1.00	0.50	1.00	0.00	62.50
Federal	M02. Ley de Aguas Nacionales.	1.00	0.00	1.00	0.00	50.00
Federal	M03. Ley de Desarrollo Rural Sustentable.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Federal	M04. Ley Agraria.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Federal	M05. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	0.50	0.00	1.00	1.00	62.50
Federal	M06. Ley para Impulsar el Incremento Sostenido de la Productividad y la Competitividad de la Economía Nacional.	1.00	1.00	0.00	0.00	50.00
Federal	M07. Plan Nacional de Desarrollo.	0.50	1.00	1.00	0.00	62.50
Federal	M08. Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en el Estado de Baja California.	1.00	0.00	0.00	1.00	50.00
Principal Región productora	M09. Acuerdo de concertación con el objeto de regular e instrumentar la expedición de Permisos Únicos de Siembra, en el marco del proceso de Planeación Agrícola Integral.	0.50	1.00	1.00	0.00	62.50
Estatal	M10. Constitución Política Del Estado Libre y Soberano de Baja California.	0.00	0.00	1.00	0.00	25.00
Estatal	M11. Ley de Desarrollo Agropecuario de Baja California.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Estatal	M12. Plan Estatal de Desarrollo.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Estatal	M13. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, México.	0.00	0.00	0.00	1.00	25.00
Estatal	M14. Programa Hídrico del Estado de Baja California.	1.00	0.00	1.00	1.00	75.00
Mexicali	M15. Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali.	0.00	0.00	0.00	1.00	25.00
% de existencia (promedio)		70.00	57.70	73.33	33.33	56.67
Federal	Promedio	87.50	56.25	75.00	25.00	60.94
Región	Promedio	50.00	100.00	100.00	0.00	62.50
Estatal	Promedio	60.00	40.00	80.00	40.00	55.00
Mexicali	Promedio	0.00	0.00	0.00	100.00	25.00

Nota. Color rojo = efectividad baja, Color amarillo = efectividad media-baja, Color verde claro = efectividad medio-alta, Color verde fuerte = efectividad alta. No = 0.00, Si = 1.00, Otro = 0.50. Fuente: Elaboración propia con base en CEABC (2018), GobBC (2014, 2020), POEBC (2000, 2014a, 2014b, 2020), SEGOB (2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b) y SPABC (2011).

Posteriormente se encuentran (media-baja 62.50%): la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)*, el *Plan Nacional de Desarrollo (PND)* y el Acuerdo de concertación con el objeto de regular e instrumentar la expedición de Permisos Únicos de Siembra en el marco del proceso de Planeación Agrícola Integral. Luego se encuentran (50.00%): la *Ley de Aguas Nacionales (LAN)*, la *Ley para Impulsar el Incremento Sostenido de la Productividad y la Competitividad de la Economía Nacional (LIISPCEN)* y el Decreto por el que se establece veda para el alumbramiento de aguas del subsuelo en el Estado de Baja California.

Las de menor efectividad (baja efectividad=25.00%): Constitución Política Del Estado Libre y Soberano de Baja California, el *Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, México (POE de BC)* y el *Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali (POE de Mexicali)*. En este sentido, entre más local sea el marco jurídico su efectividad disminuye; por ejemplo, el promedio de efectividad de la normatividad federal es del 60.94%, la estatal es de 55.00%, mientras que la municipal alcanza el valor del 25.00%.

Según el porcentaje más bajo de eficiencia de la legislación e instrumentos federal y la regional, estos deben ser más claros. La legislación estatal debería trabajar más en definir si están a favor de expandir o no y cuando, así como en su claridad. En cuanto a la legislación municipal, esta debe empezar a abordar el territorio de la Laguna Salada ya que solo se abordan zonas. También, el marco jurídico municipal debe pronunciarse si está a favor de que se expanda la superficie datilera sobre los territorios; pero sobre todo actualizarse.

V.3.3 La capacidad de gestión de las estadísticas e información hidro-productiva

Las estadísticas fungen como un instrumento de gestión porque proporcionan datos relevantes sobre una situación específica, en este sentido, se supuso que si no se contaban con ellas u ostentaban condiciones inadecuadas (escasa, desactualizada, agregada, con errores e incongruencia) era muy posible que los gestores de desarrollo no puedan administrar adecuadamente los recursos territoriales y por ende vulnerarlo. Debido a ello se calificó cada tipo de estadística relacionada con la expansión de la superficie datilera (hídrica, productiva, suelo, financiera, comercio y ejidal) y se encontró que el 82.26% de esta suele estar en un formato deficiente. Estar agregadas (83.33%); ser inexistentes (66.67%); presentar cambios metodológicos (66.67%); ser escasas, estar desactualizadas y presentar errores de cálculo (58.33%); y ser incongruentes entre sí (50.00%) suelen ser sus principales características.

Tabla 36. Condición de la estadística e información hidro-productiva datilera

Condición	Hídrica	De producción	Suelo*	Financieras	Comercio	Ejidal	Participación (%)
1. Estadística inexistente	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	66.67
2. Escasez de información	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	91.67
3. Información divergente	1.00	1.00	1.00	n.a.	1.00	1.00	100.00
4. Información agregada	1.00	1.00	1.00	n.a.	1.00	1.00	100.00
5. Cambio de metodología	1.00	1.00	1.00	n.a.	0.50	1.00	90.00
6. Errores de cálculo	1.00	0.50	1.00	n.a.	0.50	0.05	61.00
7. Desactualizada	0.00	0.00	0.50	n.a.	1.00	1.00	50.00
Deficientes (%)	71.43	64.29	92.86	100.00	85.71	79.29	82.26

Nota. Suelo hace referencia a la falta de estadísticas sobre salinidad, tipo de suelo a escala menor que 1: 250 000. Color rojo = alta incapacidad de modificar el grado de vulnerabilidad y promover el desarrollo sustentable, Color amarillo = incapacidad media-alta para modificar el grado de vulnerabilidad y promover el desarrollo sustentable. No = 0, Si = 1, Otro = 0.5. Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2015a, 2018, 2020a, 2020b), INEGI (2020b), OEIDRUS-BC (2009, 2010, 2013), RAN (2022a, 2022b), SADER (2018, 2019a), SE (2019), SEDAGRO (2018b, 2018c) y SIAP-SADER (2019).

Las estadísticas e información hidro-productiva que es más deficiente es la relacionada con lo financiero (100%), el factor Suelo (92.86%), el comercio (85.71%) y cuestiones ejidales (79.29%). La información financiera debe empezar a generarse. En resumen, la capacidad adaptativa del territorio es media-baja (ver Tabla 37).

Tabla 37. Evaluación de la capacidad adaptativa del territorio

Ámbito	Variable	De acuerdo	Calif.
Marco Jurídico	01. El marco legal es deficiente*	43.00%	3.00
	02. No se ha delimitado las áreas protegidas.	100.00%	1.00
Estadísticas e información	03. Las estadísticas son deficientes (inexistente o escasa, divergente entre sí, con cambios de metodología y errores de cálculo, y desactualizada con frecuencia)	82.26%	1.00
De la Organización Territorial	4. No hay planes de contingencia productiva ante el fracaso.	100.00%	1.00
	5. No hay un manual de prácticas regionalizado.	100.00%	1.00
	6. No hay un comité ejidal.	0.00%	7.00
	7. No hay un comité hidrológico.	100.00%	1.00
Financiamiento	8. No hay financiamiento	0.00%	7.00
	9. No hay financiamiento para todos los productores	100.00%	1.00
	10. Financiamiento escaso	100.00%	1.00
Capacidad de Adaptación (promedio)			2.40

Nota. Capacidad Alta = 7 < Calificación > 5, Media-Alta = 5 < Calificación > 3, Media-Baja = 3 < Calificación > 1, Baja = Calificación < 1. *Respecto a Tabla 35 y Tabla 36. Fuente: Elaboración propia con base en CEABC (2018), CONAGUA (2015a, 2018, 2020a, 2020b), GobBC (2014, 2020), INEGI (2020b), Nemesio Laguna (2017), OEIDRUS-BC (2009, 2010, 2013), POEBC (2000, 2014a, 2014b, 2020), RAN (2022a, 2022b), SADER (2018, 2019a), SE (2019), SEDAGRO (2018b, 2018c), SEGOB (2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b), SIAP-SADER (2019) y SPABC (2011).

CAPÍTULO VI.

DISCUSIÓN

En este capítulo se discuten los resultados descritos según aparición en el capítulo V.

VI.1.- Fase I: La Exposición Territorial

La exposición territorial hace referencia a la superficie expuesta y sus características (tamaño, ubicación, etc.). La superficie expuesta está en función de la idoneidad productiva del territorio. Al existir escasez de información hidrológica oficial, el análisis de idoneidad productiva incluye un análisis de *Oferta de Agua Subterránea (OAS)* realizado con imágenes satelitales de la NASA sobre el *Almacenamiento de Agua Subterránea (AAS)*. A continuación, se discuten sus resultados.

VI.1.1 El análisis de oferta de agua (OA)

Uno de los tres elementos fundamentales para la producción agrícola es el agua. Si no hay información hídrica que señale la abundancia, tendencia o insuficiencia del recurso es casi seguro que se generará un problema ambiental. Debido a que la Laguna Salada estaba en tal situación, se realizó un *análisis de OA* con fuentes secundarias. Sus resultados indican que hidrológicamente no existe un impedimento para que la superficie datilera no puede crecer pues:

- hay un amplio margen entre el nivel de extracción estimado por las fuentes oficiales (17.9hm^3) (CONAGUA, 2020a) y el volumen de agua que consumiría la actual densidad de siembra (100 hijuelos/ha) (Nemesio Laguna, 2017); de hecho, si se sembrara toda el área de estudio ($3,370\text{ km}^2$), las hectáreas solo consumiría 0.10 km^3 anuales de agua,
- la OA anual estimada con la ecuación (18) ($=134.67\text{ km}^3$) es 44,890 veces mayor que la demanda anual máxima de agua estimada por la MCD ($=3.0\text{ hm}^3$),
- los coeficientes de variación del AAS se mantienen alrededor de la media un 2.87%, lo cual sugiere que el estatus hídrico se ha mantenido desde hace varios años, tal como indica la investigación de Sánchez et al., (2016),

- las granjas datileras se encuentran en la segunda zona de mayor acumulación de agua y la zona de menor variación de agua (ver Figura 9 y Figura 10).

No obstante, recomienda ser cauteloso al definir la escala de producción pues:

- puntualmente no se han comprobado la existencia de los espesores de agua;
- los espesores de AAS presentan una tendencia ligeramente negativa lo cual indica que cada vez el territorio es menos capaz de ofertar agua pues las imágenes satelitales no contemplan variaciones antropogénicas;
- la disminución de los espesores se explica en un 99.9% por la disminución del espesor de AAT y 99.0 de la HSR. Tanto el AAT como el HSR coincide con: la dinámica hídrica subterránea de la Cuenca del Río Colorado y zonas aledañas, y los periodos de secos y húmedos de la cuenca del Río Colorado reportados por: Barbier (2015), CONAGUA (2020b), Lidell (2015) y Scanlon et al., (2015);
- tanto la tendencia como los años representativos de la OA (1992 y 2002) convergen con (Lezzaik & Milewski, 2018; Sanchez et al., 2016; Scanlon et al., 2015; Voss et al., 2013):
 - los periodos de secos y húmedos de la cuenca del Río Colorado;
 - la tendencia a la sobreexplotación de los acuíferos y cuecas aledañas (Cuenca Río Colorado, Acuíferos: Valle de Mexicali y *Coyote Wells Valley*) y
 - la dinámica hídrica de los ecosistemas desérticos datileros
- la resolución de las imágenes de la NASA es de 0.25° (Rui & Beaudoin, 2020).
- hay gran divergencia entre el OA estimado y las cifras oficiales (CONAGUA, 2015a, 2018, 2020a, 2020b);

VI.1.2 El análisis de idoneidad territorial

El análisis de idoneidad territorial es uno de los mayores avances científicos de la presente tesis ya que anteriormente solo se había evaluado la idoneidad de la *SSens* datilera en los MENA, España o a escala mundial; la variable en observación era el cambio climático y regularmente no se incluía variables socioeconómicas en tal estudio (ver Shabani et al., 2012, 2013, 2014a, 2014b, 2015, 2016; Shabani & Kumar, 2013); en tanto que los estudios que definían la superficie viable no podían delimitar espacialmente la superficie idónea (Martínez Vieyra, 2012; Nemesio Laguna, 2017).

El análisis de idoneidad aquí desarrollado buscaba: identificar las zonas de mayor aptitud para la expansión datilera según variables ambientales y sociales, delimitar matemática y espacialmente la

superficie expuesta (*SExp*), e identificar las problemáticas de no establecer la superficie datilera en una buena ubicación; todo ello, con poca información disponible. El análisis concluyó que *la superficie idónea* para la expansión de palma datilera (o superficie expuesta a vulnerarse por tener la capacidad de expandirse) abarca un total de 323.183 km², lo que representa un 9.59% del área de estudio. Tal área se encuentra en el noroeste de la Laguna Salada (ver sección V.1.2), donde gran parte de su idoneidad se debe a que (ver Figura 10, Figura 11 y Figura 18):

- el 95.45% del área de estudio posee pendientes menores que 10°,
- el 76.70% del territorio ha “mantenido” su volumen de AAS desde 1992,
- la zona de humedales y de inundación se localicen en la porción central del acuífero y tan solo ocupan entre 23.12 y 20.26% del área de estudio respectivamente,
- el 56.23% del área de estudio están cerca de un camino,
- el 52.31% del territorio sea considerado como área ejidal altamente idónea.

Las hectáreas de la Laguna Salada que más problemática presentan para expandir la superficie datilera (90.54% de la superficie) se caracterizan por:

- ostentar: un AAS entre 127.63 a 147 m, un uso de suelo no agropecuario (ecológico, florístico fisionómico) y una disponibilidad de superficie para crecer pequeña (menor a 51.6 hectáreas por familia) tipos de suelos con baja fertilidad (ej. Fluvisol, Phaeozem, Regosol Solonetz) y algún tipo de vegetación;
- no ser zona ejidal o ser parte de la porción de tierras ejidales para asentamiento humano;
- estar lejos de carreteras (+20 km de distancia),
- cuentan con pocos beneficiarios y poco acceso limitado a insumos, trabajadores e infraestructura comercial (ej. empaque) (ver Figura 18 y Figura 23).

Debido a ello se estima que el 50% de los ejidos poseen una superficie altamente idónea para la expansión datilera, de entre estos, el ejido Dr. Federico Martínez Manatou es el lugar más propicio de la Laguna Salada para que se lleve a cabo pues cerca del 100% de sus hectáreas son altamente idóneas.

Hasta ahora, solo Nemesio Laguna (2017) es quién reporta un problema de mermas asociado con la distancia a recorrer y el tipo de terreno. Algunos de los productores han señalado de forma extraoficial que sus predios presentaron pequeños rendimientos en la primera cosecha y que ostentan diferentes alturas de palmas, lo cual puede estar relacionado con la edafología inadecuada del lugar y, de esta forma,

converge con los resultados anteriormente expuestos. Por otra parte, los resultados del análisis de idoneidad son debatibles:

- solo se dispusieron de cartografía a una escala de 1:250 000, lo que podría generar cierto margen de error en lo local.
- se tuvo que interpolar los datos de AAS por la inexistencia de datos, por tanto, el espesor de AAS debe ser comprobado.
- la delimitación de los rangos de idoneidad relacionados con el tema hídrico dependió de la distribución existente del AAS y no de qué zonas ostentarán el volumen hídrico que el cultivo requería.
- la clasificación de idoneidad de las distancias hacia los trabajadores, insumo, empaque, caminos y carreteras estuvieron basadas en un ejercicio de idoneidad climática para el caso de Irán (expuesto por Shabani et al., 2016).
- no se dispuso de información sobre texturas de suelo, salinidad y enfermedad de *Fusarium oxysporum f. sp.*, lo cual puede modificar los datos, pues
 - según varios científicos (Allen et al., 2006; Shabani et al., 2014a, 2016; Tripler et al., 2007, 2011) son estos factores que con mayor precisión identifican las áreas idóneas para la siembra de palma datilera,
 - la distribución del volumen de AAS (ver Figura 9 y Figura 11) coincide con la descripción de CONAGUA (2015a, 2018, 2020a) sobre su distribución espacial salinidad.

Más allá de las imprecisiones del análisis de idoneidad aquí realizado, este pone de relevancia varios aspectos:

1. Los modelos de crecimiento económico (mencionados en sección I.1.1.3) y los usados por las dependencias agrarias para la planeación del desarrollo (SEDAGRO, 2018c, 2019; SEFOA, 2016), deben empezar a integrar los tipos de suelo (por lo menos) antes de hacer conclusiones sobre crecimiento y desarrollo sustentable. La posible presencia de salinidad en la zona de estudio descarta las hipótesis de factibilidad tecnológica (uso de fertilizantes) como estrategia para elevar la productividad del campo.
2. Falta de información hidroagrícola puntual.
3. La actualización de mapas cartográficos ejidales es relevante para el desarrollo sustentable pues se detectaron que algunas granjas datileras están fuera de los límites ejidales. Si bien puede ser

un error de ubicación, también puede representar un cambio de uso que no se ha documentado por parte de las instituciones.

4. Conflictos de uso de suelo. El mapa de Uso de Suelo proveído por INEGI (2013) y el Área Ejidal proveído por el RAN (2022a) no coinciden. El primero señala que solo el 0.54% del área de estudio posee un uso de suelo apto para la producción agropecuaria, el resto ostenta una aptitud para actividades ecológicas, florísticas y fisonómicas. En tanto que el segundo señala que el 52.31% de la zona de estudio es apta para albergar una población rural y realizar actividades relacionadas con el sector primario. En este sentido, los ejidatarios pueden expandir su superficie; sin embargo, si sucede tal hecho estarán degradando la aptitud ecológica, florística y fisonómica.
5. Falta de convergencia entre instituciones del sector agrario. Los mapas no coinciden, aunque sea el mismo elemento de análisis. Esto puede ocasionar conflictos de uso de suelo que conlleven a la pérdida de la capacidad productiva territorial.

VI.2.- Fase II: La Fragilidad del Territorio

El estudio de la fragilidad realizado por esta investigación: expone las condiciones productivas actuales y la factibilidad de expandir la superficie datilera (análisis de *SSens*), determina la distancia existente con el escenario deseado (*SSust*), cuantifica el grado de vulneración territorial al expandir la superficie datilera (*GVT*) e identifica los factores que más tienden a aumentarla.

VI.2.1 El análisis de la superficie productiva (*SSens*)

El análisis de *SSens* señala que el territorio de la Laguna Salada presenta características identificadas como que vulneran los territorios. Primeramente, se debe mencionar que la Laguna Salada ***no tiene una jurisdicción propia***, por lo que nadie se hace responsable de las decisiones tomadas y, consecuentemente. Según la UNISDR (2015a) la podría incrementar la vulnerabilidad del territorio. Luego, el análisis hace mención a que 1,271.26 hectáreas de olivo han dejado de ser una actividad económica y han pasado a ser parte del ecosistema, sin embargo, los balances hídricos de CONAGUA (2020a, 2020b) siguen contabilizando su consumo de agua como parte de la extracción del sector agrícola. Que se continúe contabilizando de esta manera el consumo de agua, puede generar estadísticas deficientes, resistencia al cambio y aumentar el riesgo de un conflicto social si la situación hídrica se agrava.

Aunado a ello, se encontró que, la producción datilera ***es familiar, de índole comercial y tiende a ser monopolista***. Según Wisner et al., (2012), la monopolización de los sectores económicos aumenta

la vulnerabilidad porque limita el acceso a otros participantes. Por otra parte, la agricultura comercial es intensiva en el uso de los recursos naturales, requiere menos mano de obra, las transnacionales tienen el dominio de la tierra vía demanda de mercado (FIRA, 2014; Macías Macías, 2010) y la agricultura familiar se caracteriza por poseer problemas de rentabilidad y mala administración de recursos naturales (FAO & SAGARPA, 2014a). En tanto que ser una *producción que se encuentra forjándose* puede llevar a derrochar recursos productivos por desconocimiento por la curva de aprendizaje.

En cuanto a la *demanda de agua* se refiere, se encontró que el consumo anual de 1.2 a 3.0 hm³, lo cual es hasta cinco veces menor que lo reportado para el sector agrario por la CONAGUA (2020b). Según los resultados de la MCD actualizada y adaptada (ver Figura 22), el problema no necesariamente es el consumo anual, sino más bien cuánto se paga o valora ese hm³ utilizado. Según la Figura 22, el valor del agua ($V_{Agua_{VP}}$) disminuye si se siembran mayor cantidad de hectáreas y si se riega con una lámina menor. Tal disminución lleva a que el costo de regar ($CR_{iego_{VP}}$) sea el nuevo precio. La problemática que se suscita por que el $CR_{iego_{VP}}$ sea el nuevo precio consiste en promover el derroche de agua vía expansión de la superficie productiva y desincentivación de la implementación de tecnología de riego más eficiente, pues: los productores obtienen mayor costo de riego con una menor lámina de agua implementada (tecnología de riego eficiente).

Si bien la dinámica del $V_{Agua_{VP}}$ y $CR_{iego_{VP}}$ puede estar relacionado con el uso de la TREMA para traer a valor presente los costos, la política de la “cuota fija” juega un papel importante. Primeramente, la cuota fija que pagan los agricultores no está relacionada con los hm³ que consumen sino con el número de predios (Nemesio Laguna, 2017). Segundo, cualquier valor constante (cuota fija) al aplicarle el factor de descuento (TREMA) disminuye su valor en el tiempo. Tercero, otros estudios en zonas aledañas ya han mencionado el problema de las cuotas fijas y su ineffectividad como política de desarrollo sustentable (Barbier, 2015; Liddell, 2015). En tanto que, respecto a la tecnología de riego eficiente como política de ahorro de agua, varios autores señalan que contribuye a ahorros sino a incrementar la extracción de agua (FAO, 2013a, 2021; Pfeiffer & Lin, 2010).

Matemáticamente, conservar el $V_{Agua_{VP}}$ se resolvería integrando a la “cuota fija” el poder adquisitivo perdido en el tiempo, o bien, que esta sea una proporción del hm³ consumido. Cabe destacar que, esto no significaría un mayor ahorro de agua. El agua es un bien inelástico de primera necesidad, es decir, la población consumirá agua porque la necesita para vivir independientemente del precio. Por ende, si no incrementa la vulnerabilidad física (vía extracciones de agua ilegal) incrementará la vulnerabilidad social y económica (restricciones a la calidad de vida). Estas conclusiones concuerdan con lo expuesto por Liddell (2015) sobre la vulnerabilidad del agua en Arizona.

En cuanto a la **factibilidad de la expansión datilera** la evaluación concluye de que por lo menos todos los productores deben poseer una superficie de 0.6747 hectáreas ($SSens_{min}$); sin embargo, según el directorio de productores datileros de la Laguna Salada de la SADER (2018) señala que cerca de la tercera parte de estos ostentan una superficie productiva menor, lo cual conllevaría a una expansión necesaria de la superficie productiva.

Por otra parte, expone que una decisión basada en el aspecto económico del territorio (TIR) solo contribuye a disminuir el $V_{Agua_{VP}}$ y $CRiego_{VP}$ ($R^2=99.64\%$), incrementar el consumo de agua ($R^2=70.7\%$), endeudar a productores (Crédito $R^2=61.69\%$) y generar una pequeña cantidad de empleo (no más de 10). Aunque es pequeño el número de empleos, el análisis de la disponibilidad de mano de obra alrededor del área de estudio es escasa (INEGI, 2020a).

En este sentido, las reglas de operación de los programas de gobierno no deberían hacer tanto énfasis en la TIR para apoyar un proyecto, sino que también en las condiciones, derrama económica y **riesgos** que genera. De no plantear este escenario a los tomadores de decisiones (gobierno, productores), aumenta la posibilidad de que se vulnere el territorio. En este sentido, por la derrama que genera, es mejor pensar en otro cultivo a expandir (ej. el aguacate) o combinarlo con hortalizas, pues según FIRA (2014), también ostentan gran demanda en el mercado, pero consumen menos agua.

En cuanto a los **beneficios que puede generar el cultivo**, la Tabla 38 expone el por qué el cultivo datilero solo está generando el 50% del total y quizá pueda generar el 75%.

Tabla 38. Discutiendo los beneficios sociales producidos por el cultivo en la Laguna Salada.

Tipo	Beneficios de producir dátil*	Actual	Razones
Económico	01. Es una industria intensiva en mano de obra.	No	Sufre de escasez de mano de obra dada su lejanía a una población con servicios básicos (Nemesio Laguna, 2017)
	02. Las agroindustrias rodean las principales áreas productoras.	No	En 2017 se empezó a construir el empaque por lo que no hay suficientes agroindustrias (Nemesio Laguna, 2017)
	03. Bajos costos de producción.	Tal vez	Según Al-Khayri et al., (2015a), México goza de bajos costos productivos. No señala las razones, pero estas pueden estar relacionadas con que el ingreso sea en dólares y los costos de producción en pesos. Por otra parte, el 35.7% de los productores en la Laguna Salada ostentan una superficie menor a la productiva, lo cual señala que se tienen problemas de costos (SADER, 2018).
Social	04. Juega un papel integral en la vida cultural y religiosa diaria de las personas.	No	El dátil fue introducido al territorio mexicano (Nemesio Laguna, 2017; Ortiz-Uribe et al., 2019). Solo el 0.17 % del territorio nacional está relacionado con el dátil; el 40% se exporta y el consumo per cápita de dátil es menor a 0.11 gr/año (INEGI, 2020a; SADER, 2019a; SE, 2019; SIAP-SADER, 2019)
	05. Trabajo decente	No	Según la ONU (2015), la protección de los derechos laborales y la promoción de un entorno de trabajo seguro son algunas de las condiciones que debe promover el desarrollo sustentable. Sin embargo, algunas granjas no ofrecen seguro social a sus trabajadores (Nemesio Laguna 2017), lo cual podría modificarse.
Social y Ambiental	06. Detiene el flujo de personas de las zonas rurales a las ciudades.	No	En Baja California la población rural es muy pequeña y, en el municipio de Mexicali, se concentra en los ejidos del Valle de Mexicali (GobBC, 2020). Además, no garantiza un trabajo decente (ver razones del punto 05).
	07. Se utiliza para la contención de tormentas de arena.	No	Actualmente no se utiliza, los países productores están investigando sobre estos puntos (Al-Khayri et al., 2015a, 2015b; Amrani et al., 2013; Escobar & Valdivia, 2015; Mihi et al., 2017; Sharif et al., 2010; Zaid & Alhadrami, 2014)
	08. Se utiliza para controlar y mitigar la desertificación.	No	
Social y Económico	09. Proporciona materiales y subproductos.	Tal vez	Los subproductos no se comercializan, son utilizados en las mismas labores rancho. Ejemplo: dar de comer a los animales. (Nemesio Laguna, 2017)
	10. Proporciona nutrientes a la población.	Tal vez	En México se exporta el 40% y el consumo per cápita de dátil es menor a 0.11 gr/año, el cual se duplica cada cinco años. En el caso de Mexicali se calcula un consumo de hasta 1Kg/año (INEGI, 2020a; SADER, 2019a; SE, 2019; SIAP-SADER, 2019).
	11. Contribuye a mejorar y mantener los medios de vida en las zonas rurales.	Tal vez	El 100% de los agricultores en la Laguna Salada depende del comercio datilero (ver Tabla 28). No obstante, se desconoce qué proporción de ingreso representa pues según el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California, los agricultores al menos tienen dos ingresos (GobBC, 2020).
	12. Produce salarios competitivos.	Si	En 2015 se detectó que se pagan salarios superiores (Nemesio Laguna, 2017).
	13. Genera trabajo para las mujeres.	Tal vez	Si, pero solo el 3.5% (SADER, 2018), lo cual puede cambiar a futuro.

Fuente: Elaboración propia *Con base en Al- Khayri (2015a, 2015b), Jain et al., (2011), Mihi et al., ONU (2015). PED = Plan Estatal

VI.2.2 La estimación de la superficie sustentable ($SSust$)

Para estimar $SSust$, esta tesis tuvo que comparar los umbrales superficiales de las variables analizadas. Los resultados de la comparación se observan en la Tabla 39.

Tabla 39. De la selección de los Umbrales Superficiales

Ámbito de la Sustentabilidad	Variable	$USup$ (ha)	Razón de importancia	Crédito Total (D_{VP})*
	$SSens$ mínima	0.6475		
Social	Empleo	13.0000	En 13 hectáreas se generarían casi el doble de empleos que los generados por establecer 7 hectáreas (V_{Aguad}).	4.2
Económico	PRI	15.0000	15 hectáreas es la escala que tarda menos tiempo en recuperación la inversión = 6 años.	5.3
	TIR	13.0000	A partir de 13 hectáreas los aumentos de la TIR llegan a ser menores a 0.09 puntos porcentuales.	5.0
Ambiental	$CRiego_{ad}$	8.0000	Los incrementos en el costo de riego son imperceptibles y el costo es menor a 0.10 cvos./m ³	4.2
	V_{Aguad}	7.0000	A partir de 7 hectáreas, la diferencia en el valor del agua es casi imperceptible y menor a 0.011 cvos./m ³ .	2.8

Fuente: Elaboración propia con base en la actualización y adaptación de la MDC de Martínez Vieyra (2012).

Dados los resultados de la Tabla 39, se eligió el $USup$ de V_{Aguad} como $SSust$. Con tal escala, se conserva la rentabilidad económica y social, así como el valor del agua y disminuye el impacto al ecosistema. Por otra parte, la Tabla 39 sugiere que el $SSust$ podría estar en un rango entre 0.6475 y 16 hectáreas productivas por productor. Para establecer 16 hectáreas, actualmente se debe estar seguro de la OA del territorio y su tendencia para los próximos 10 (escenario analizado) a 75 años [ciclo de vida de una palma (ver Tabla 30)], la línea de crédito de los productores y otras variables sociales no analizadas por esta investigación debido a la condición de pandemia y la escasez de datos productivos (ej. % de ingreso total de los productores que se deriva de la superficie sembrada, edad del productor, etc).

VI.2.3 La estimación y análisis del grado de vulnerabilidad territorial (GVT)

Una de las hipótesis que se manejan en las teorías de vulnerabilidad es que la capacidad es el inverso de la vulnerabilidad (Wisner, 2016). En este caso, los resultados comprueban que a medida que crece la superficie sembrada de palma datilera, mayor será el grado de vulnerabilidad del territorio (GVT). En este caso, se utilizó $SSust$ para comprobarlo. Para 93.86 hectáreas de palma, se estima un GVT de -52.11, es decir, que todavía se puede crecer ≈ 102.14 hectáreas.

Entre las variables que no están directamente asociadas con el GVT (con $R^2=100\%$), se encuentran el VAN, y el DT_{vp} , las cuales llegan a explicar el 99.9%, tienen una relación positiva. Sorprende que la TIR ($R^2=67.03\%$) sea la variable que menos explica las variaciones en GVT. Esto puede estar asociado con que los productores no buscan un % de rentabilidad sino mayor flujo de efectivo y en su búsqueda vulneran el territorio.

Graficar el GVT por el número de hectáreas por agricultor expone que tres productores tienen entre 3.2 y 23.3 hectáreas demás. Como no se puede reducir el número de hectáreas pues la palma datilera es un árbol de al menos 75 años de vida (Shabani et al., 2015) y la $SSust$ depende de que todos posean 7 hectáreas promedio, algunos de los productores de menor escala no llegarán a dicha sustentabilidad. Por otra parte, aporta pruebas para evitar que el presupuesto gubernamental se destine a la expansión de la superficie datilera de estos productores. Esto no significa dejar de apoyar la actividad económica; sino que solo es suministrar el apoyo en la forma y necesidad requerida. No todos necesitarán de apoyo gubernamental financiero expandir la superficie productiva para ser rentables, quizá algunos necesiten de apoyo administrativo, apoyo logístico, llegar a ostentar acuerdos más equilibrados (ganar-ganar) con el comercializador o bróker, etc. Identificar estas características por productor requerirá de un estudio más preciso y no de un estudio de fuentes secundarias.

VI.3.- Fase III: La Capacidad Adaptativa Territorial

Tanto el análisis de capacidad de gestión como el de sensibilidad de la inversión comprueban que en lo local confluyen todas las escalas territoriales (ver Tabla 34 y Tabla 35). Si los modelos actuales no las incorporan en sus análisis, es muy posible que el territorio se vulnere por ignorancia. En el caso del *análisis de sensibilidad*, tres de las seis primeras variables que influyen tanto la VAN como la TIR se anidan en escalas territoriales superiores, por lo que están fuera del control del productor.

La TREMA, por ejemplo, depende de: la inflación, la tasa de interés y el premio al riesgo. Lo único que puede hacer el productor es darle seguimiento pues expone el momento adecuado para invertir. Cabe destacar que, bajo este aspecto, los efectos de la pandemia de COVID-19 actualmente elevan la inflación y tasas de interés (World Bank Group., 2020), por lo que es momento de adquirir créditos a tasas menores e invertir.

El Tipo de Cambio depende del mercado de monedas internacional y de que el dólar estadounidense es la enésima moneda (principal moneda de cambio). En este sentido, la empoderación de China de los aspectos comerciales mundial, que desde 2010 se plantea comercializar el petróleo en

otras monedas no solo el dólar y, que la más reciente guerra (Rusia-Ucrania) se relacione con ello; estresa el bolsillo de los productores datileros actuales y de los que están por recibir su primera cosecha.

La irrupción de las cadenas de suministro generalmente ocasiona escasez de productos lo que hace que los precios se eleven; sin embargo, por la devaluación del dólar es difícil predecir el precio de los productos (World Bank Group, 2020). Este vaivén en los precios podría ser amortiguado vendiendo subproductos de la palma a nivel nacional (ej. hijuelos). La palma se utiliza en la estética paisajística, mientras que los frutos son apreciados por mercados de nicho (ej. los veganos, los ecológicos libres de fertilizantes y pesticidas). Estos mercados de nicho se caracterizan por personas que valoran su salud y conservan un poder adquisitivo (Díaz Viquez et al., 2015; Vasco et al., 2015).

En cuanto a las variables que puede controlar el productor (merma de producción, densidad de siembra, mortandad de hijuelos) dependen de la difusión de un manual de buenas prácticas, el cual no se ha regionalizado (Nemesio Laguna, 2017), Hasta ahora solo se ha documentado que un productor en Valle de Mexicali perdió el 100% de sus hectáreas sembradas por falta de este manual. (Nemesio Laguna, 2017).

Por otra parte, la línea de crédito juega un papel fundamental en el grado de vulneración territorial. Su sensibilidad depende de precio del kilogramo, la merma de la producción (%), la aportación social, el apoyo financiero gubernamental, la escasez de hijuelos Precio Hijuelo (Pesos). En el 89.28% de los productores (productores con *SSens* menor a 7 hectáreas), el apoyo gubernamental es clave, financiera y informáticamente.

En el caso del *análisis de la capacidad de gestión*. El territorio actualmente posee una capacidad media-baja de adaptarse. La razón principal es el marco jurídico deficiente, estadísticas e información hidro-productiva escasa y deficiente, una organización territorial que no toma en cuenta los aspectos hidrológicos, y un financiamiento escaso y limitado. Lo relacionado con el marco jurídico, la organización de los productores y el financiamiento concuerdan con los diagnósticos del sector agropecuario nacional llevados a cabo por la FAO & SAGARPA (2014a) y FIRA (FIRA, 2014), solamente que estos diagnósticos hablan de la necesidad de expansión del sector. En este sentido, las acciones que inmediatamente se deben implementar se relacionan con: empezar a llevar un control del sistema productivo (estadísticas), replantear el marco legal para que este concuerde y desarrollar planes de contingencia y manuales de prácticas. A medida que se mejoren estos aspectos se puede fortalecer la capacidad adaptativa del territorio.

Entre las modificaciones que se debieran hacer es incluir / evidenciar el componente ambiental al Art. 25 de la carta magna mexicana ya que este define el desarrollo rural nacional sustentable en

función del ingreso, empleo y competitividad en el mercado (SEGOB, 2020a, Art. 25), por lo que si no lo menciona, las leyes y planes procedentes de ellas tendrán conflictos para llevar a buen puerto la sustentabilidad del territorio.

Bajo este último punto se encontró que cada dependencia ostenta su propia definición de sustentabilidad (las cuales divergen entre sí) y que los planes de desarrollo confundan el término de capacidad con vocación y potencia territorial; así mismo, al establecimiento de la implementación inadecuada de una política de reconversión productiva. Por ejemplo:

- todas las dependencias que se deriven de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), entre ellas la CONAGUA, se referirán a la visión naturista de la sustentabilidad descrita en la LGEEPA. Dicha sustentabilidad busca la preservación de los recursos naturales, la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas (SEGOB, 2018c, p. Art. 1 y Art. 3); mientras que todas las dependencias derivadas de SADER se referirán a la visión social y productivista de la LDRS. La cual busca mayor rendimiento a través de la competitividad de los mercados (SEGOB, 2018b).
- el PED de Baja California de 2014-2020 supone que poseer un potencial es lo mismo que poseer una capacidad; sin embargo, la Tabla 31 de la presente tesis señala lo contrario. Aunado a ello, confunde los términos vocación y capacidad territoriales. Para este plan la vocación está en lo que se ha hecho (industria) y no necesariamente en las condiciones históricas, habilidades y aspiraciones de su población o capacidad de adaptación (capacidad).
- la secretaría de agricultura en Baja California desarrolló modelos de reconversión productiva, en donde la demanda de agua (requerimientos de agua) (SEFOA, 2016) o la tecnología de riego son el factor ambiental que asegurara la sustentabilidad hídrica (SEDAGRO, 2019).

Por otro lado, las leyes relacionadas con el componente físico del territorio (Cambio Climático, Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, Aguas Nacionales, etc.) hacen hincapié en la degradación ambiental provocada por la expansión productiva sin mencionar al sector agrícola, y han promovido el análisis de impacto ambiental, el ordenamiento territorial y la evaluación de vulnerabilidad como herramientas para ser resilientes; sin embargo, en el caso de Baja California, el problema reside en la no actualización ni aplicabilidad de las leyes ambientales. El más reciente plan de ordenamiento territorial data del año 2014, mientras que el de Mexicali es del año 2000.

Gran parte de esta visión socioeconómica de las leyes agrarias en América Latina se relaciona con la postura de instituciones internacionales a cerca del desarrollo (Schejtman & Berdegué, 2004, p.

19), pero también, a que la comunidad internacional comprenda al territorio como un sistema integrado e interdependiente (PNUD, 2020).

Actualmente instituciones y normativas agrarias internacionales empiezan a reconocer que los territorios agrícolas están en riesgo y busca introducir el aspecto sistémico en el análisis territorial (FAO, 2011; PNUD, 2020). En este sentido, conforme pasa el tiempo se espera una mayor participación del paradigma de riesgos en los planes expansivos del sector agropecuario. Mientras tanto, en la Laguna Salada se necesita:

- asegurar la fertilidad del suelo previo a la expansión. El análisis de suelo y agua pueden ayudar para tales efectos;
- redefinir conceptos hídricos pues el balance de aguas subterránea en la Laguna Salada incluye el consumo de agua de los olivos como consumo de agua agrícola, pero estos dejaron de ser una actividad agrícola desde hace varios años. Esto genera una sobreestimación de las extracciones de agua y podría ocasionar sanciones a la actividad productiva;
- redefinir el concepto territorial en conjunto.
- conformar el comité técnico de aguas subterráneas de la Laguna Salada;
- desarrollar estudios agronómicos sobre la relación rendimiento productivo, fertilidad de suelo y cambio climático;
- generar información sobre: la línea de crédito de los productores, la proporción que ocupa el ingreso por cosecha de los ingresos totales de los productores;
- mejorar las condiciones de financiamiento en los primeros años y analizar las tarifas de agua; y contabilizar el consumo de agua en sitio;
- impulsar el trabajo conjunto entre dependencias y entre actores del desarrollo;
- actualizar marco jurídico y estadísticas relacionados con el tema agrario; sobre todo,
- llevar a cabo una evaluación de la vulnerabilidad territorial previo a cualquier decisión a tomar.

CAPÍTULO VII.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La presente investigación realizó una evaluación de la vulnerabilidad territorial con el propósito de: determinar matemática y espacialmente si se podría expandir la superficie datilera sin comprometer la sustentabilidad del territorio, estimar el grado de vulneración por expandir la superficie productiva datilera y, proponer estrategias que disminuyan el grado de vulneración y eviten que el territorio promueva un desarrollo insostenible. Si bien, los resultados concluyen que, bajo la estructura productiva actual y con la información disponible:

- es posible expandir la superficie sembrada hasta 196 hectáreas (7 hectáreas/productor) puesto que el grado de vulnerabilidad territorial (GVT) es de -52.11%;
- para tres agricultores no es posible expandir su superficie productiva dado que ostentan una superficie mayor a la superficie sustentable (7 hectáreas/productor);
- la expansión debe generarse en la zona noroeste del área de estudio para no vulnerar el territorio social, económica y ambientalmente; y que
- existen problemas de índole administrativa que hacen que la capacidad adaptativa del territorio sea medianamente-baja (ej. la línea de crédito de los productores, la política hídrica ejidal, el marco legal desarticulado y desactualizado y la generación de información sobre el estatus hídrico del territorio, etc.), deben ser atendidos a la brevedad posible;

una evaluación de la vulnerabilidad territorial como la aquí desarrollada puede:

- estimar la oferta de agua subterránea del territorio (análisis de OA)
- definir las zonas de mayor vulneración (análisis de idoneidad)
- identificar que sucede con el territorio si se contempla una política social o ambiental (regresiones lineales entre TIR y otras variables explicativas productivas).
- diferenciar entre potencial y capacidad territorial (análisis de beneficios sociales)

- destacar los conflictos de uso de suelo (análisis de idoneidad -vegetación) y otros peligros asociados con la expansión productiva (análisis de SSens)
- unir conceptos aislados: vulnerabilidad, sustentabilidad y resiliencia en un mismo indicador (cálculo de GVT)
- identificar las variables que aumentan la vulnerabilidad del territorio (evaluación de GVT)
- comprobar que a medida que aumenta la superficie productiva más incapaz es el territorio de recuperarse (cálculo de GVT).
- identificar problemas monopólicos asociados con la producción datilera (cálculo de GVT Agri)
- identificar qué productores pueden expandir su superficie (cálculo de GVT Agri)
- comprobar que en el territorio local confluyen todas las escalas territoriales (análisis de sensibilidad),
- identificar las estrategias más importantes para el territorio, por tipo de agente del desarrollo (análisis de la capacidad adaptativa territorial)

El más grande inconveniente para desarrollar esta tesis fue la escasez de datos hidro-productivos a escala puntual. Se tuvo que recurrir a imágenes satelitales y técnicas de interpolación de datos para determinar la suficiencia de agua en el territorio ya que las pocas que existían ostentaban metodologías diferentes y errores de cálculo. Aunado a ello, se tuvo que suponer rendimientos agrícolas dada la inexistencia de datos productivos. Por tanto, los resultados son debatibles. Mejorar las estimaciones requerirá de comprobar espesores de agua a escala puntual y estudiar la relación fertilizante-rendimiento. Para dar seguimiento a las políticas, evaluar las afectaciones al territorio y corregir o mitigar los aspectos negativos se recomienda que las futuras bases de datos estén en formatos adecuados y actualizadas periódicamente.

Si se desea *mejorar la capacidad productiva territorial*, el gobierno federal se ha de concentrar en impulsar el trabajo conjunto entre dependencias y entre actores del desarrollo; así como también en la mejora de las leyes sobre sustentabilidad agraria para que esta incluya el componente ambiental, sea clara y concordante entre sí y entre dependencias que la ejercen. Los tópicos más importantes por abordar y promover son: la actualización de las tarifas del agua en los ejidos, financiamiento en los primeros años de la siembra de la palma datilera, usos y destinos de suelos agrícolas, uso del agua agrícola, explotación de aguas subterráneas y control de esta, mapeo de zonas de recarga y potencial acuíferos de la región agrícola.

A nivel estatal, el gobierno debería trabajar más en definir si están a favor de expandir o no y cuando y legislar tal decisión. En cuanto a la legislación municipal, esta debe empezar a abordar el territorio de la Laguna Salada (ya que solo se abordan zonas) pronunciarse si está a favor de que se expanda la superficie datilera sobre los territorios; y actualizarse.

Además, el gobierno municipal debe apoyar para desagregar información estadística, el desarrollo de planes de contingencia productiva ante el fracaso, la realización de manual regionalizado, la consolidación de un comité hidrológico en el territorio. Se recomienda que los apoyos financieros a la expansión productiva estén condicionados a los resultados de los análisis de suelo y agua e implementación de estrategias sobre los mismos.

Por el lado de los productores, es importante que conformen el comité hidrológico de la Laguna Salada, comiencen a desarrollar sus propias estadísticas (especialmente las hídricas), se capaciten en cómo sacar provecho a los sistemas de riego por goteo que ostentan y eviten expandir la superficie antes del año 10 (pues solo incrementar la deuda y prolongará el PRI de la inversión). Si desean disminuir la dependencia al crédito, en los primeros años se deben vender los hijuelos, cuidar la calidad del producto y vender otros subproductos de la palma.

En cuanto a la academia, esta debe enfocar sus esfuerzos en:

- proponer métodos de recopilación y estandarización de estadísticas;
- generar estadística e información pertinente sobre finanzas, suelo, comercio y ejidales;
- delimitar áreas protegidas;
- estudiar la salinidad de agua y suelo, y cómo hacer para que el productor se apropie del conocimiento administrativo.
- comprobación del espesor de AAS;
- generar información sobre texturas de suelo y salinidad
- identificar socialmente la razón por la que se quiere expandir la superficie datilera.
- redefinir el concepto territorial en conjunto con otros actores de desarrollo.
- generar información sobre: la línea de crédito de los productores, la proporción que ocupa el ingreso por cosecha de los ingresos totales de los productores;
- comprobar eficacia y pertinencia del cálculo de GVT en territorios con más de un cultivo.

Consideraciones finales

Por otra parte, es imperativo:

- profundizar el aspecto social de la evaluación de la vulnerabilidad territorial;

- llevar a cabo una evaluación de la vulnerabilidad territorial previo a cualquier decisión de crecimiento y desarrollo territorial incorporando las cuatro perspectivas que se abordaron aquí: El enfoque biofísico (Exposición), El enfoque social y económico (Fragilidad), El enfoque Político (Capacidad de Adaptación);
- planificar el desarrollo sustentable agrícola desde la óptica sistémica del territorio y desde el binomio sustentabilidad-vulnerabilidad.

REFERENCIAS

- Abu-Bakr, H. A. el A. (2020). Groundwater vulnerability assessment in different types of aquifers. *Agricultural Water Management*, 240(February), 106275. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106275>
- Adger, W. N. (2000). Social and ecological resilience: Are they related? *Progress in Human Geography*, 24(3), 347–364. <https://doi.org/10.1191/030913200701540465>
- Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268–281. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006>
- Agarwal, C., Green, G. M., Grove, J. M., Evans, T. P., & Schweik, C. M. (2002). A review and assessment of land-use change models: dynamics of space, time, and human choice. In *USDA-Northeastern Research Station (NE-297; Gen. Tech. Rep., Vol. 297)*. <https://doi.org/10.2737/NE-GTR-297>
- Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., & Johnson, D. V. (2015a). *Date palm genetic resources and utilization. Volume 1: Africa and the Americas* (J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (eds.)). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9694-1>
- Al-Khayri, J. M., Jain, S. M., & Johnson, D. V. (2015b). *Date palm genetic resources and utilization. Volume 2: Asia and Europe*. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Springer Netherlands*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9707-8>
- Allbed, A., Kumar, L., & Shabani, F. (2017). Climate change impacts on date palm cultivation in Saudi Arabia. *Journal of Agricultural Science*, 155(8), 1203–1218. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000260>
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. FAO, Estudio de la FAO Riego y Drenaje 56. <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Amrani, K., Toutain, G., & Dolle, V. (2013). The date palm oases at the origin of favorable atmosphere of palm groves. In N. Bouguedoura, M. Bennaceur, & J.-C. Pintaud (Eds.), *I International Symposium on Date Palm*. ISHS Acta Horticulturae 994. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.994.5>
- Angélieaume-Descamps, A., Peltier, A., & Vallejos-Romero, A. (2015). Introduction. *L'Ordinaire Des Amériques*, 218. <https://doi.org/10.4000/ORDA.2003>
- Aroca-Jiménez, E., Bodoque, J. M., García, J. A., & Díez-Herrero, A. (2018). A quantitative methodology for the assessment of the regional economic vulnerability to flash floods. *Journal of Hydrology*, 565, 386–399. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2018.08.029>
- Baca Urbina, G. (2010). *Fundamentos de ingeniería económica* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos* (7th ed.). McGraw-Hill.
- Baloch, J., Baloch, S. U., Baloch, S. K., Sun, Y., Bashir, W., Baloch, H. N., Sabiel, S. I. L., Badini, S. A., & Dad, R. (2014). Economics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) production and its development in District Kech, Balochistan Province of Pakistan. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(2), 68–81.

- <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.915.4887&rep=rep1&type=pdf>
- Balvanera, P., Astier, M., Gurri, F. D., & Zermeño-Hernández, I. (2017). Resiliencia, vulnerabilidad y sustentabilidad de sistemas socioecológicos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.005>
- Barbier, N. (2015). Vulnerability to water shortages in the 21st Century's arid and semi-arid American West. *L'Ordinaire Des Amériques*, 218. <https://doi.org/10.4000/ORDA.1956>
- Bera, S., Das, A., & Mazumder, T. (2019). A multi-objective framework for multidimensional vulnerability assessment-Case of a coastal district of West Bengal, India. *Journal of Environmental Management*, 249(1), 109411. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109411>
- Birkmann, J. (2004). Vulnerability assessment: the first step towards sustainable risk reduction. In D. Malzahn & T. Plapp (Eds.), *Disaster and Society – From Hazard Assessment to Risk Reduction*. https://www.researchgate.net/publication/285289109_Vulnerability_assessment_the_first_step_towards_sustainable_risk_reduction
- Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual framework and definitions. In J. Birkmann (Ed.), *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilient societies* (pp. 7–54). United Nations University. <https://doi.org/10.1002/aehe.3640140303>
- Birkmann, J. (2013). *Measuring vulnerability to natural hazards*. https://collections.unu.edu/eserv/UNU:2880/n9789280812022_text.pdf
- Bohle, H.-G. (2001). Vulnerability and criticality: Perspectives from social geography. *IHDP Update*, 1–7. https://www.researchgate.net/publication/281020579_Vulnerability_and_Criticality_Perspectives_from_Social_Geography
- Bohle, H.-G., Downing, T. E., & Watts, M. J. (1994). Climate change and social vulnerability: Toward a sociology and geography of food insecurity. *Global Environmental Change*, 4(1), 37–48. [https://doi.org/10.1016/0959-3780\(94\)90020-5](https://doi.org/10.1016/0959-3780(94)90020-5)
- Bollin, C., Cárdenas, C., Han, H., & Vatsa, K. (2003). Disaster risk management by communities and local governments. In *Cadernos de saude publica: Vol. 29 Suppl 1*.
- Boori, M. S., Choudhary, K., Paringer, R., & Kupriyanov, A. (2022). Using RS/GIS for spatiotemporal ecological vulnerability analysis based on DPSIR framework in the Republic of Tatarstan, Russia. *Ecological Informatics*, 67(November 2021), 101490. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101490>
- Bourgoin, C., Oszwald, J., Bourgoin, J., Gond, V., Blanc, L., Dessard, H., Phan, T. Van, Sist, P., Läderach, P., & Reymondin, L. (2020). Assessing the ecological vulnerability of forest landscape to agricultural frontier expansion in the Central Highlands of Vietnam. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 84, 101958. <https://doi.org/10.1016/J.JAG.2019.101958>
- Brugère, C., & De Young, C. (2015). *Assessing climate change vulnerability in fisheries and aquaculture: Available methodologies and their relevance for the sector* (No. 597; Fisheries as Aquaculture Technical).
- Cai, X., Li, Z., & Liang, Y. (2021). Tempo-spatial changes of ecological vulnerability in the arid area based on ordered weighted average model. *Ecological Indicators*, 133, 108398. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108398>
- Campagne, P., & Pecqueur, B. (2012). *Processus d'émergence des territoires ruraux dans les pays méditerranéens. Analyse comparée entre 10 pays du Nord, du Sud et de l'Est Méditerranéens* (P. Campagne & B. Pecqueur (eds.)). <https://om.ciheam.org/om/pdf/b69/b69.pdf>
- Cannon, T. (1994). Vulnerability Analysis and the Explanation of “Natural” Disasters. In A. Varley (Ed.), *Disasters, development and environment* (pp. 13–30). John Wiley & Sons Ltd.

- Capello, R. (2011). Location, regional growth and local development theories. *Aestimum*, 58, 1–25. <https://doi.org/10.13128/Aestimum-9559>
- CAR, & Universidad de Colombia. (2018). *Análisis de la vulnerabilidad territorial al cambio climático. Propuesta metodológica para los entes territoriales de la jurisdicción CAR*.
- Cárdenas Gómez, G. E., & Michel Nava, R. M. (2018). *Descripción de las teorías del desarrollo económico y desigualdad*. 53–64. <http://tiempoeconomico.azc.uam.mx/wp-content/uploads/2020/01/40te3.pdf>
- Cardona, O. D. (1999). Environmental management and disaster prevention: two related topics: A holistic risk assessment and management approach. In J. Ingleton (Ed.), *Natural Disaster Management* (pp. 79–102). Tudor Rose.
- Cardona, O. D. (2001). *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos* [Univerdidad Politécnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93531/01Portadas.PDF>
- Cardona, O. D. (2003). The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: A necessary review and criticism for effective risk management. In G. Bankoff, G. Frerks, & D. Hilhorst (Eds.), *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People* (pp. 37–51). Earthscan Publishers. <https://doi.org/10.4324/9781849771924>
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2004). *Metodología para la evaluación del desempeño de la gestión del riesgo. January 2015*. <https://doi.org/10.13140/2.1.3886.6240>
- Carreño, M. L., Cardona, O. D., & Barbat, A. H. (2006). Evaluacion del riesgo sismico: Un modelo basado en la teoria de conjuntos difusos. *IV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, 2001*.
- CEPAL. (2019). *Planificación para el desarrollo territorial sostenible en América Latina y el Caribe* (LC/SCR.P.17/3). www.cepal.org/apps
- Chambers, R. (1983). *Rural development: Putting the last first*. Prentice Hall. https://books.google.com/books/about/Rural_Development.html?id=YLiOAwAAQBAJ
- Chambers, R. (1989). Vulnerability, coping and policy. *IDS Bulletin*, 20(2), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1759-5436.1989.mp20002001.x>
- Chambers, R., & Conway, G. R. (1992). Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century. In *IDS Discussion Paper* (No. 296; IDS Discussion Paper, Vol. 296).
- Chen, J., Zhang, H., Qian, H., Wu, J., & Zhang, X. (2013). Selecting proper method for groundwater interpolation based on spatial correlation. *Proceedings 4th International Conference on Digital Manufacturing and Automation*, 1192–1195. <https://doi.org/10.1109/ICDMA.2013.282>
- Choudhary, B. B., & Sirohi, S. (2022). Understanding vulnerability of agricultural production system to climatic stressors in North Indian Plains: a meso-analysis. *Environment, Development and Sustainability*, 1–20. <https://doi.org/10.1007/S10668-021-01997-7/TABLES/6>
- CONAGUA. (2015a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Laguna Salada (0209), Estado de Baja California*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103406/DR_0209.pdf
- CONAGUA. (2015b). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de San Luis Rio Colorado (2601), Estado de Sonora*. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/sonora/DR_2601.pdf
- CONAGUA. (2018). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Laguna Salada (0209), Estado de Baja California*. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCalifornia/DR_0209.pdf
- CONAGUA. (2020a). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Laguna Salada (0209), Estado de Baja California*. https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/BajaCalifornia/DR_0209.pdf
- CONAGUA. (2020b). *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*. CONAGUA.

- <http://sina.conagua.gob.mx/sina/>
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. In J. Ingleton (Ed.), *Natural Disaster Management* (pp. 102–103). Tudor Rose.
- Cutter, S. L. (1996). Vulnerability to hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529–539.
- Danquah, I. B., Fialor, S. C., & Aidoo, R. (2017). Vulnerability of rural livelihoods to the effects of mining : A case study of Amansie west district of Ghana. *Economics, Commerce and Management United*, V(3), 29–55.
- De la Tejera Hernández, B., Santos O., Á., Santamaría Q., H., Gómez M., T., & Olivares V., C. (2013). El oro verde en Michoacán: ¿un crecimiento sin fronteras? Acercamiento a la problemática y retos del sector aguacatero para el Estado y la sociedad. *Economía y Sociedad*, XVII(29), 15–40. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=51030120002>
- DFID. (1999). Sustainable livelihoods guidance sheets. In *Sustainable Livelihoods Guidance Sheets*. http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html
- Díaz Víquez, A., Pérez Hernández, A., & Hernández Ávila, J. (2015). Caracterización del consumidor de productos orgánicos en la ciudad de Toluca, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36, 1178–1187. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14132408004>
- Dolan, A. H., & Walker, I. J. (2006). Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*, 3(SI 39), 1316–1323.
- Downing, T. E. (1992). *Climate change and vulnerable places: Global food security and country studies in Zimbabwe, Kenya, Senegal and Chile*. <http://www.ciesin.org/docs/004-042/004-042.html>
- Eakin, H., & Luers, A. L. (2006). Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 31(1), 365–394. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.050504.144352>
- Enriquez Pérez, I. (2016). Las teorías del crecimiento económico: notas críticas para incursionar en un debate inconcluso. *Revista Latinoamericana de Desarrollo Económico*, 25, 73–125.
- Escobar, H. A., & Valdivia, R. G. J. (2015). Date palm status and perspective in South American countries: Chile and Peru. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Date palm genetic resources and utilization. Volumen 1: Africa and the Americas* (pp. 487–506). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9694-1_15
- ESRI. (2016). *ArcGIS for Desktop: Comprender el análisis de interpolación*. <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/understanding-interpolation-analysis.htm>
- FAO. (2008). *Workshop on “Irrigation of date palm and associated crops.”* http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRne/morelinks/Publications/English/date-Palm-Proceedings.pdf
- FAO. (2011). *The state of the world’s land and water resources for food and agriculture. Managing systems at risk*. Earthscan. <http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>
- FAO. (2013a). *Afrontar la escasez de agua: Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria* (No. 38; Informes de La FAO Sobre Temas Hídricos). www.fao.org/publications
- FAO. (2013b). *FAO/BCC Regional workshop on assessing climate change vulnerability in Benguela fisheries and aquaculture, Windhoek, Namibia, 11–13 April 2013* (No. 1051; FAO Fisheries and Aquaculture Report). www.fao.org/icalog/inter-e.htm
- FAO. (2015). *Sustainable Development Goals: 2.4.1 Agricultural sustainability*. <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/2.4.1/en/>
- FAO. (2020). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: Indicador 2.4.1 Sostenibilidad de la agricultura*. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/241/es/>
- FAO. (2021). *The impact of disasters and crises on agriculture and food security. 2021*. <https://www.fao.org/3/cb3673en/cb3673en.pdf>

- FAO, & SAGARPA. (2014a). *Diagnóstico del sector rural y pesquero de México 2012*. [http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/47/1 Diagnóstico del sector rural y pesquero.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/OtrosEstudios/Attachments/47/1%20Diagn%C3%B3stico%20del%20sector%20rural%20y%20pesquero.pdf)
- FAO, & SAGARPA. (2014b). *México: el sector agropecuario ante el desafío del cambio climático*. <http://www.fao.org/3/a-i4093s.pdf>
- FAOSTAT. (2021). *Datos sobre alimentación y agricultura*. <http://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- FIRA. (2014). *Factores relevantes en el desarrollo de proyectos de inversión en el sector agropecuario en México*. <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=8453>
- FIRA. (2020). *Agrocostos*. <https://www.fira.gob.mx/Nd/Agrocostos.jsp>
- Füssel, H.-M. (2007). Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change. *Global Environmental Change*, May, 1–27.
- García-Hidalgo, Y. (2017). Índice de vulnerabilidad del recurso hídrico con fines de riego en la cuenca hidrográfica del Río Naranjo en Cuba. *Revista Geográfica de América Central*, 1(58), 315. <https://doi.org/10.15359/RGAC.58-1.13>
- GobBC. (2014). *Actualización del Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019*. [http://www.copladebc.gob.mx/PED/documentos/Actualización del Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019.pdf](http://www.copladebc.gob.mx/PED/documentos/Actualizacion%20del%20Plan%20Estatal%20de%20Desarrollo%202014-2019.pdf)
- GobBC. (2020). *Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2020-2024*. https://www.bajacalifornia.gob.mx/Documentos/coplade/planeacion/programas/Plan_Estatal_de_Desarrollo_de_Baja_California_2020-2024.pdf
- Gunarathna, M. H. J. P., Kumari, N., & Nirmanee, K. G. S. (2016). Evaluation of interpolation methods for mapping pH of groundwater. *Ijltomas*, V(III), 1–5. https://www.researchgate.net/profile/Mhjp-Gunarathna/publication/299562961_Evaluation_of_Interpolation_Methods_for_Mapping_pH_of_Groundwater/links/56ff705c08aea6b77468d9e7/Evaluation-of-Interpolation-Methods-for-Mapping-pH-of-Groundwater.pdf
- Hayati, D. (2017). *A literature review on frameworks and methods for measuring and monitoring sustainable agriculture*. <http://www.fao.org/3/a-br906e.pdf>
- He, L., Shen, J., & Zhang, Y. (2018). Ecological vulnerability assessment for ecological conservation and environmental management. *Journal of Environmental Management*, 206, 1115–1125. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.11.059>
- Heidari, H., Arabi, M., & Warziniack, T. (2021). Vulnerability to water shortage under current and future water supply-demand conditions across U.S. River Basins. *Earth's Future*, 9(10), e2021EF002278. <https://doi.org/10.1029/2021EF002278>
- Hernández Márquez, B., Pérez Castro, J., & Pérez Cruz, E. (2015). Centros integradores: una experiencia de ordenamiento territorial en el estado de Tabasco. *Problemas Del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 47(184), 111–136. <https://doi.org/10.1016/j.rpd.2016.01.006>
- Hewitt, K. (1983). The idea of calamity in a technocratic age. In K. Hewitt (Ed.), *Interpretations of Calamity: From the Viewpoint of Human Ecology* (pp. 1–30). Allen & Unwin Inc. <https://history.osu.edu/sites/history.osu.edu/files/Hewitt.pdf>
- Holden, E., Linnerud, K., & Banister, D. (2017). The imperatives of sustainable development. *Sustainable Development*, 25(3), 213–226. <https://doi.org/10.1002/sd.1647>
- Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23. <https://www.jstor.org/stable/2096802>
- Hufschmidt, G. (2011). A comparative analysis of several vulnerability concepts. *Natural Hazards*, 58(2), 621–643. <https://doi.org/10.1007/S11069-011-9823-7>

- INECC. (2019). *Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático* (1st ed.). https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf
- INEGI. (2020a). *Censo de población y vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2020b). *Datos. Temas. Mapas*. <https://www.inegi.org.mx/datos/?t=0150>
- INEGI. (2020c). *Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)*. <https://www.inegi.org.mx/temas/inpc/>
- IPCC. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J. J. McCarthy, O. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, & K. S. White (eds.)). Cambridge University Press. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGII_TAR_full_report-2.pdf
- IPCC. (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In M. Parry, O. Canziani, J. Palutikof, P. Van der Linden, & C. Hanson (Eds.), *International Encyclopedia of Human Geography*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1016/B978-008044910-4.00250-9>
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, Q. Dahe, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, & P. M. Midgley (Eds.), *IPCC*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.009>
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea, & L. L. White (eds.)). *Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del IPCC- Organización Meteorológica Nacional*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wgII_spm_es-1.pdf
- Jácome Ibarra, M., Leyva Camacho, O., & De la Fuente de Val, G. (2022). Landscape study of the Mexico-Xochimilco-Campestre lagoon system. A wetland Ramsar site within a desert city in Northwest Mexico. *RECIT*, 5(1), 57–79. <https://doi.org/10.37636/RECIT.V515779>
- Jaime, E., Larín, R., & Garea, E. (2011). Hacia métodos de análisis de datos espaciales raster en el nivel semántico. *Computación y Sistemas*, 15(1), 91–106.
- Jain, S. M., Al-Khayri, J. M., & Johnson, D. V. (2011). *Date palm biotechnology* (S. M. Jain, J. M. Al-Khayri, & D. V. Johnson (eds.)). Springer.
- Janssen, M. A., Schoon, M. L., Ke, W., & Börner, K. (2006). Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 16(3), 240–252. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.04.001>
- Kazemi, E., Karyab, H., & Emamjome, M. M. (2017). Optimization of interpolation method for nitrate pollution in groundwater and assessing vulnerability with IPNOA and IPNOC method in Qazvin plain. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/S40201-017-0287-X>
- Khalid, Z., Meng, X., Rana, I. A., Rehman, M. ur, & Su, X. (2021). Holistic multidimensional vulnerability assessment: An empirical investigation on rural communities of the Hindu Kush Himalayan region, Northern Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 62, 102413. <https://doi.org/10.1016/J.IJDRR.2021.102413>
- Kotagama, H. B., Al-Alawi, A. J. T., Boughanmi, H., Zekri, S., Jayasuriya, H., & Mbagha, M. (2013). Economic Analysis Determining the Optimal Replanting Age of Date Palm. *Agricultural and Marine Sciences*, 18, 51–61.

- Krueger, R. (2015). Date palm status and perspective in the United States. In J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Date palm genetic resources and utilization. Volumen 1: Africa and the Americas* (pp. 447–485). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9694-1_14
- Kumar, S. V., Zaitchik, B. F., Peters-Lidard, C. D., Rodell, M., Reichle, R., Li, B., Jasinski, M., Mocko, D., Getirana, A., De Lannoy, G., Cosh, M. H., Hain, C. R., Anderson, M., Arsenault, K. R., Xia, Y., & Ek, M. (2016). Assimilation of Gridded GRACE terrestrial water storage estimates in the North American land data assimilation system. *Journal of Hydrometeorology*, 17(7), 1951–1972. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-15-0157.1>
- La RED. (2015). *Antecedentes*. <https://www.desenredando.org/lared/antecedentes.html>
- Leach, M., Reyers, B., Bai, X., Brondizio, E., Cook, C., Díaz, S., Espindola, G., Scobie, M., Stafford-Smith, M., & Subramanian, S. M. (2018). Equity and sustainability in the Anthropocene: a social–ecological systems perspective on their intertwined futures. *Global Sustainability*, 1(e13), 1–13. <https://doi.org/10.1017/sus.2018.12>
- Lee, J.-Y. (2015). Challenges of groundwater as resources in the near future. *Journal of Soil and Groundwater Environment*, 20(2), 1–9. <https://doi.org/10.7857/jsge.2015.20.2.001>
- Lezzaik, K., & Milewski, A. (2018). A quantitative assessment of groundwater resources in the Middle East and North Africa region. *Hydrogeology Journal*, 26(1), 251–266. <https://doi.org/10.1007/s10040-017-1646-5>
- Li, B., Beaudoin, H. K., & Rodell, M. (2018). *GLDAS Catchment Land Surface Model L4 daily 0.25 x 0.25 degree V2.0 (GLDAS_CLSM025_D 2.0)*. <https://doi.org/10.5067/LYHA9088MFWQ>
- Li, B., Beaudoin, H. K., & Rodell, M. (2020). *GLDAS Catchment Land Surface Model L4 daily 0.25 x 0.25 degree (GRACE-DA1 V2.2)*. GES DISC. <https://doi.org/10.5067/TXBMLX370XX8>
- Li, B., Rodell, M., Kumar, S. V., Beaudoin, H. K., Getirana, A., Zaitchik, B. F., Goncalves, L. G., Cossetin, C., Bhanja, S., Mukherjee, A., Tian, S., Tangdamrongsub, N., Long, D., Nanteza, J., Lee, J., Policelli, F., Goni, I. B., Daira, D., Bila, M., ... Bettadpur, S. (2019). Global GRACE data assimilation for groundwater and drought monitoring: Advances and challenges. *Water Resources Research*, 55(9), 7564–7586. <https://doi.org/10.1029/2018WR024618>
- Li, B., Rodell, M., Sheffield, J., Wood, E., & Sutanudjaja, E. (2019). Long-term, non-anthropogenic groundwater storage changes simulated by three global-scale hydrological models. *Scientific Reports*, 9(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47219-z>
- Liddell, É. (2015). Phoenix : une métropole-oasis en péril? *L'Ordinaire Des Amériques*, 218. <https://doi.org/10.4000/ORDA.1821>
- Liverman, D. M. (1990a). Drought Impacts in Mexico: Climate, Agriculture, Technology, and Land Tenure in Sonora and Puebla. *Association of American Geographers*, 80(1), 49–72.
- Liverman, D. M. (1990b). Vulnerability to global environmental change. In R. E. Kaspersen & R. W. Kates (Eds.), *Understanding Global Environmental Change: The Contributions of Risk Analysis and Management* (pp. 27–44). Clark University.
- Liverman, D. M. (1999). Vulnerability and adaptation to drought in Mexico. *Natural Resources Journal*, 39(1), 99–115. <https://digitalrepository.unm.edu/nrj/vol39/iss1/7>
- Longuevergne, L., Wilson, C. R., Scanlon, B. R., & Crétaux, J. F. (2013). GRACE water storage estimates for the middle east and other regions with significant reservoir and lake storage. *Hydrology and Earth System Sciences*, 17(12), 4817–4830. <https://doi.org/10.5194/HESS-17-4817-2013>
- Luers, A. L. (2005). The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. *Global Environmental Change*, 15(3), 214–223. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.04.003>
- Luers, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, C. L., & Matson, P. A. (2003). A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. *Global*

- Environmental Change*, 13(4), 255–267. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(03\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(03)00054-2)
- Lussault, M. (2007). *L'Homme spatial: La construction sociale de l'espace humain*. Seuil. <https://www.seuil.com/ouvrage/l-homme-spatial-michel-lussault/9782020937955>
- Macías Macías, A. (2010). Competitividad de México en el mercado de frutas y hortalizas de Estados Unidos de América 1989-2009. *Agroalimentaria*, 16(31), 31–48. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199215829001>
- Martínez Vieyra, J. (2012). *Plan de negocios para la producción de dátil*. <http://catalogocimarron.uabc.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=180841>
- Mazumdar, J., & Kumar Paul, S. (2017). A spatially explicit method for identification of vulnerable hotspots of Odisha, India from potential cyclones. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27(1), 391–405. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.11.001>
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W. D., & Daigee, S. (1994). The impact of global warming on agriculture: A ricardian analysis. *American Economic Review*, 84(4), 753–771. <https://www.jstor.org/stable/2118029>
- MIDEPLAN. (2005). *Identificación de territorios para la planificación y gestión del desarrollo*. <http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/btca/txtcompleto/mideplan/cuad4-territ-planif.gest.des.pdf>
- Mihi, A., Tarai, N., & Chenchouni, H. (2017). Can palm date plantations and oasisification be used as a proxy to fight sustainably against desertification and sand encroachment in hot drylands? *Ecological Indicators*, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.027>
- Mirzaei, R., & Sakizadeh, M. (2016). Comparison of interpolation methods for the estimation of groundwater contamination in Andimeshk-Shush Plain, Southwest of Iran. *Environmental Science and Pollution Research International*, 23(3), 2758–2769. <https://doi.org/10.1007/S11356-015-5507-2>
- Montazar, A., Krueger, R., Corwin, D., Pourreza, A., Little, C., Rios, S., & Snyder, R. L. (2020). Determination of actual evapotranspiration and Crop coefficients of California Date Palms using the residual of energy balance approach. *Water* 2020, 12(8), 2253. <https://doi.org/10.3390/W12082253>
- Nagendra, H. (2018). The global south is rich in sustainability lessons that students deserve to hear. *Nature* 2021 557:7706, 557(7706), 485–488. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-05210-0>
- Naredo, J. M. (2013). Ideología político-económica dominante y claves para un nuevo paradigma. *Revista de Economía Crítica*, 16, 108–143.
- Nemesio Laguna, E. R. (2017). *La rentabilidad empresarial y el valor agregado en la industria datilera mexicalense: caso Rancho Vieyra*. UABC. <https://hdl.handle.net/20.500.12930/2805>
- Niu, G. Y., Yang, Z. L., Dickinson, R. E., Gulden, L. E., & Su, H. (2007). Development of a simple groundwater model for use in climate models and evaluation with Gravity Recovery and Climate Experiment data. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112(7). <https://doi.org/10.1029/2006JD007522>
- Ochoa Ayala, M. (2020). *El aguacate: el «oro verde» que provoca estragos ambientales*. Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/agenda/2020/03/el-aguacate-el-oro-verde-que-provoca-estragos-ambientales/>
- OEIDRUS-BC. (2009). *Estudio bibliográfico sobre la salinidad del valle de Mexicali*. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/agropecuaria/DOCUMENTO_SALINIDAD.pdf
- OEIDRUS-BC. (2010). *Estudio estadístico sobre producción de dátil en el municipio de Mexicali*. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/agropecuaria/DATIL-2010.pdf
- OEIDRUS-BC. (2013). *Utilización de sistemas de riego en la superficie agrícola: Baja California*. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/otros/UTILIZACION_DE_SIST_DE

RIEGO EN BC.pdf

- Ohmer, M., Liesch, T., Goeppert, N., & Goldscheider, N. (2017). On the optimal selection of interpolation methods for groundwater contouring: An example of propagation of uncertainty regarding inter-aquifer exchange. *Advances in Water Resources*, *109*, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2017.08.016>
- ONU. (2015a). *Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- ONU. (2015b). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* (Resolución A/RES/70/1). https://unctad.org/system/files/official-document/ares70d1_es.pdf
- Ortiz-Uribe, N., Salomón-Torres, R., & Krueger, R. (2019). Date palm status and perspective in Mexico. *Agriculture*, *9*(3), 46. <https://doi.org/10.3390/agriculture9030046>
- Ouma, Y. O., Aballa, D. O., Marinda, D. O., Tateishi, R., & Hahn, M. (2015). Use of GRACE time-variable data and GLDAS-LSM for estimating groundwater storage variability at small basin scales: a case study of the Nzoia River Basin. *International Journal of Remote Sensing*, *36*(22), 5707–5736. <https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1104743>
- Paul, S. K. (2014). Vulnerability Concepts and its Application in Various Fields: A Review on Geographical Perspective. *Journal of Life and Earth Science*, *8*, 63–81. <https://doi.org/10.3329/jles.v8i0.20150>
- Pecqueur, B. (2001). Qualité et développement territorial: l'hypothèse du panier de biens et de services territorialisés. *Économie Rurale*, *261*(1), 37–49. <https://doi.org/10.3406/ecoru.2001.5217>
- Pfeiffer, L., & Lin, C.-Y. C. (2010). Does Efficient Irrigation Technology Lead to Reduced Groundwater Extraction?: Empirical Evidence. *Journal of Environmental Economics and Management*, *67*(2), 189–208. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.60927>
- PNUD. (2020). *Hacia una agricultura sostenible*. <https://stories.undp.org/hacia-una-agricultura-sostenible>
- RAE. (2020). *Diccionario de la Real Academia Española*. <https://www.rae.es/>
- RAN. (2022a). *Datos Abiertos*. <https://datos.ran.gob.mx/conjuntoDatosPublico.php>
- RAN. (2022b). *Padrón e historial de Núcleos Agrarios (PHINA)*. <https://phina.ran.gob.mx/index.php>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S. I., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., De Wit, C. A., Hughes, T., Van der Leeuw, Sander, Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., ... Foley, J. (2009). Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society*, *14*(2). <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>
- Rui, H., & Beaudoin, H. K. (2020). *Readme document for NASA GLDAS Version 2 Data Products*. https://hydro1.gesdisc.eosdis.nasa.gov/data/GLDAS/GLDAS_NOAH025_M.2.1/doc/README_GLDA2.pdf
- Russo, B., Velasco, M., Monjo, R., Martínez-Gomariz, E., Sánchez, D., Domínguez, J. L., Gabàs, A., & Gonzalez, A. (2020). Evaluación de la resiliencia de los servicios urbanos frente a episodios de inundación en Barcelona. El Proyecto RESCCUE. *Ingeniería Del Agua*, *24*(2), 101–118. <https://doi.org/10.4995/IA.2020.12179>
- Rzepecka, Z., & Birylo, M. (2020). Groundwater storage changes derived from GRACE and GLDAS on smaller river basins-A case study in Poland. *Geociencias*, *10*(4). <https://doi.org/10.3390/geosciences10040124>
- SADER. (2018). *Directorio de productores de palma datilera. Ciclo Otoño Invierno 2017-2018. Laguna Salada*.
- SADER. (2019a). *Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON)*. SADER-SIAP. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>
- SADER. (2019b). *Ubicación y límites territoriales de la estructura de la SADER*.

<https://www.gob.mx/siap/documentos/ubicacion-y-limites-territoriales-de-la-estructura-de-la-sagarpa>

- Sánchez Ortega, N. L. (2021). *Análisis de la Planeación y Gestión del uso del Agua para riego, en el sector agrícola de Mexicali, Baja California: Un desafío de gobernabilidad*. <http://catalogocimarron.uabc.mx/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=246659>
- Sanchez, R., Lopez, V., & Eckstein, G. (2016). Identifying and characterizing transboundary aquifers along the Mexico–US border: An initial assessment. *Journal of Hydrology*, 535, 101–119. <https://doi.org/10.1016/J.JHYDROL.2016.01.070>
- Sánchez Zamora, P., Gallardo-Cobos, R., & Ceña Delgado, F. (2016). La noción de resiliencia en el análisis de dinámicas territoriales rurales: una aproximación al concepto mediante un enfoque territorial. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 13(77), 93–116. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr13-77.nrad>
- Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2008). *Preparación y evaluación de proyectos* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Scanlon, B. R., Rateb, A., Pool, D. R., Sanford, W., Save, H., Sun, A., Long, D., & Fuchs, B. (2021). Effects of climate and irrigation on GRACE-based estimates of water storage changes in major US aquifers. *Environmental Research Letters*, 16(9), 094009. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/AC16FF>
- Scanlon, B. R., Zhang, Z., Reedy, R. C., Pool, D. R., Save, H., Long, D., Chen, J., Wolock, D. M., Conway, B. D., & Winester, D. (2015). Hydrologic implications of GRACE satellite data in the Colorado River Basin. *Water Resources Research*, 51(12), 9891–9903. <https://doi.org/10.1002/2015WR018090>
- Schejtman, A., & Berdegué, J. A. (2004). *Desarrollo territorial rural* (No. 1). www.rimisp.org
- SE. (2019). *Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAMI)*. <http://www.economia-snci.gob.mx/>
- SEDAGRO. (2018a). *Módulo agrícola*. <http://www.sefoa.gob.mx/sitios>
- SEDAGRO. (2018b). *Programa de Georeferenciación de cultivos: Informe de resultados del recorrido de campo del Valle de Mexicali, 2018*. http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/baners/RESULTADOS_PGRECVM-2018.pdf
- SEDAGRO. (2018c). *Sistema de georeferenciación de cultivos 2018: Laguna Salada*. <http://www.sefoa.gob.mx/sitios>
- SEDAGRO. (2019). *Proyecto agropecuario estratégico estatal, 2019: Baja California*. <http://www.sefoa.gob.mx/documentos>
- SEFOA. (2014). *Tecnología y costos de producción hectárea de dátil*.
- SEFOA. (2016). *Modelo integral de priorización de proyectos, 2016*. <http://www.sefoa.gob.mx/>
- SEGOB. (2017). *Ley para Impulsar el Incremento Sostenido de la Productividad y la Competitividad de la Economía Nacional*. Diario Oficial de La Federación. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIISPCEN_170517.pdf
- SEGOB. (2018a). *Ley Agraria*. Diario Oficial de La Federación; DOF. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13_250618.pdf
- SEGOB. (2018b). *Ley de Desarrollo Rural Sustentable*. Diario Oficial de La Federación. <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf>
- SEGOB. (2018c). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Diario Oficial de La Federación. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148_050618.pdf
- SEGOB. (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Diario Oficial de La Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019
- SEGOB. (2020a). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Diario Oficial de La Federación. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/1_060320.pdf

- SEGOB. (2020b). *Ley de Aguas Nacionales*. Diario Oficial de La Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_060120.pdf
- SEGOB. (2020c). *Tipo de Cambio y Tasas*. Diario Oficial de La Federación. <https://www.dof.gob.mx/>
- Segundo Vivanco, A. (2018). *Análisis del proceso de expansión de la superficie cultivada con aguacate [COLEF]*. <https://www.colef.mx/posgrado/wp-content/uploads/2018/10/TESIS-Segundo-Vivanco-Abel.pdf>
- Sen, A. (2000). *Development as Freedom* (1st ed.). Alfred A. Knopf. http://www.palermo.edu/Archivos_content/2015/derecho/pobreza_multidimensional/bibliografia/Sesion1_doc1.pdf
- Shabani, F., Cacho, O., & Kumar, L. (2016). Effects of climate change on economic feasibility of future date palm production: an integrated assessment in Iran. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(5), 1268–1287. <https://doi.org/10.1080/10807039.2016.1162089>
- Shabani, F., & Kumar, L. (2013). Risk levels of invasive *Fusarium oxysporum* f. sp. in areas suitable for Date Palm (*Phoenix dactylifera*) Cultivation under various climate change projections. *PLoS ONE*, 8(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0083404>
- Shabani, F., Kumar, L., & Esmaeili, A. (2013). Use of CLIMEX, land use and topography to refine areas suitable for Date Palm cultivation in Spain under climate change scenarios. *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 04(04). <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000145>
- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2012). Climate change impacts on the future distribution of date palms: A modeling exercise using CLIMEX. *PLoS ONE*, 7(10), e48021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048021>
- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2014a). Projecting date palm distribution in Iran under climate change using topography, physicochemical soil properties, soil taxonomy, land use, and climate data. *Theoretical and Applied Climatology*, 118(3), 553–567. <https://doi.org/10.1007/s00704-013-1064-0>
- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2014b). Suitable regions for date palm cultivation in Iran are predicted to increase substantially under future climate change scenarios. *Journal of Agricultural Science*, 152(4), 543–557. <https://doi.org/10.1017/S0021859613000816>
- Shabani, F., Kumar, L., & Taylor, S. (2015). Distribution of date palms in the middle east based on future climate scenarios. *Experimental Agriculture*, 51(2), 244–263. <https://doi.org/10.1017/S001447971400026X>
- Sharif, A. O., Sanduk, M., & Talebb, H. M. (2010). The date palm and its role in reducing soil salinity and global warming. In A. Zaid & G. A. Alhadrami (Eds.), *IV International Date Palm Conference* (pp. 61–64). ISHS Acta Horticulturae 882. <https://www.actahort.org/books/882/index.htm>
- SIAP-SADER. (2019). *Sistema de Seguimiento Oportuno del Comercio Exterior (SSOCE). Consulta por fracción arancelaria*. SADER. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/indicadores-economicos>
- SPABC. (2011). *Programa de ordenamiento ecológico del estado de Baja California, México*. <http://www.spabc.gob.mx/programas-de-ordenamiento/>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223), 1259855. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.1259855>
- Sun, Y., Kang, S., Li, F., & Zhang, L. (2009, October 1). *Comparison of interpolation methods for depth to groundwater and its temporal and spatial variations in the Minqin oasis of northwest China*. Environmental Modelling & Software; Elsevier. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSOFT.2009.03.009>
- Susman, P., O'Keefe, P., & Wisner, B. (1983). Global disasters, a radical interpretat. In K. Hewitt (Ed.),

- Interpretations of Calamity: From the Viewpoint of Human Ecology* (pp. 263–283). Allen & Unwin Inc. <https://doi.org/10.2307/214106>
- Takam Tiamgne, X., Kalaba, F. K., & Nyirenda, V. R. (2021). *Household livelihood vulnerability to mining in Zambia's Solwezi copper mining district*. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2021.101032>
- Thomas, B. F., Caineta, J., & Nanteza, J. (2017). Global Assessment of Groundwater Sustainability Based On Storage Anomalies. *Geophysical Research Letters*, 44(22), 11,445-11,455. <https://doi.org/10.1002/2017GL076005>
- Tripler, E., Ben-Gal, A., & Shani, U. (2007). Consequence of salinity and excess boron on growth, evapotranspiration and ion uptake in date palm (*Phoenix dactylifera*, L., cv. Medjool). *Plant and Soil*, 297(1–2), 147–155. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9328-z>
- Tripler, E., Shani, U., Mualem, Y., & Ben-Gal, A. (2011). Long-term growth, water consumption and yield of date palm as a function of salinity. *Agricultural Water Management*, 99(1), 128–134. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.06.010>
- Tschakert, P., van Oort, B., St. Clair, A. L., & LaMadrid, A. (2013). Inequality and transformation analyses: a complementary lens for addressing vulnerability to climate change. *Climate and Development*, 5(4), 340–350. <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.828583>
- Turner II, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Kasperson, J. X., Luers, A. L., Martello, M. L., Polsky, C., Pulsipher, A., & Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8074–8079. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231335100>
- Turner II, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., Hovelsrud-Broda, G. K., Kasperson, J. X., Kasperson, R. E., Luers, A. L., Martello, M. L., Mathiesen, S., Naylor, R., Polsky, C., Pulsipher, A., Schiller, A., Selin, H., & Tyler, N. (2003). Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(14), 8080–8085. <https://doi.org/10.1073/pnas.1231334100>
- UN. (1987). Report of the World Commission on Environment and Development: Our common future. In UN. https://doi.org/10.9774/gleaf.978-1-907643-44-6_12
- UNDRO. (1979). *Natural disasters vulnerability analysis* (Issue July). <http://archive.org/details/naturaldisasters00offi>
- UNDRR. (2020). *Terminology*. <https://www.undrr.org/terminology>
- UNISDR. (2004). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives*.
- UNISDR. (2005). Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters. *World Conference on Disaster Reduction*. www.unisdr.org
- UNISDR. (2015a). Hacia el desarrollo sostenible: El futuro de la gestión del riesgo de desastres. Informe de Evaluación sobre la Reducción del Riesgo a Desastres. In UNDRR.
- UNISDR. (2015b). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015 - 2030*.
- Vallejo-Ilijama, M., Javier-Jara, J. J., & Reyes-Escárate, G. A. (2021). Vulnerabilidad de los medios de vida ante las amenazas naturales y antrópicas. *Revista Sociedad & Tecnología*, 5(1), 13–26. <https://doi.org/10.46530/ecdp.v0i31.496>
- Vasco, C., Palacios, G., & Paspuel, S. (2015). Determinantes socioeconómicos del consumo de productos ecológicos en Quito. *Siembra*, 2(1), 23–28. <https://doi.org/10.29166/SIEMBRA.V2I1.112>
- Vera Rodríguez, J. M., & Albarracín Calderón, A. P. (2017). Metodología para el análisis de vulnerabilidad ante amenazas de inundación, remoción en masa y flujos torrenciales en cuencas hidrográficas. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 27(2), 109–136. <https://doi.org/10.18359/rcin.2309>
- Verma, K., & Katpatal, Y. B. (2020). Groundwater Monitoring Using GRACE and GLDAS Data after Downscaling Within Basaltic Aquifer System. *Groundwater*, 58(1), 143–151.

- <https://doi.org/10.1111/gwat.12929>
- Villagrán de León, J. C. (2001). *La naturaleza de los riesgos. Un enfoque conceptual* (No. 14516; Aportes Para El Desarrollo Sostenible). <https://www.eird.org/encuentro/pdf/spa/doc14516/doc14516.htm>
- Villagrán de León, J. C. (2004). *Manual para la estimación cuantitativa de riesgos asociados a diversas amenazas* (No. 14899). <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Mayo2004/pdf/spa/doc14899/doc14899.htm>
- Voss, K. A., Famiglietti, J. S., Lo, M., Linage, C. De, Rodell, M., Swenson, S. C., Voss, C. :, Famiglietti, J. S., Lo, M., De Linage, C., Rodell, M., & Swenson, S. C. (2013). Groundwater depletion in the Middle East from GRACE with implications for transboundary water management in the Tigris-Euphrates-Western Iran region. *Water Resources Research*, 49(2), 904–914. <https://doi.org/10.1002/WRCR.20078>
- Watts, M. J., & Bohle, H.-G. (1993). The space of vulnerability: the causal structure of hunger and famine: *Progress in Human Geography*, 17(1), 43–67. <https://doi.org/10.1177/030913259301700103>
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. In A. (Comp. . Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales*. <http://cidbimena.desastres.hn/docum/crid/Febrero2006/CD-2/pdf/spa/doc4083/doc4083.htm>
- Wisner, B. (2016). Vulnerability as concept, model, metric, and tool. *Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science*. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.25>
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2003). *At Risk: natural hazards, people's vulnerability and disasters* (B. Wisner, P. Blaikie, T. Cannon, & I. Davis (eds.); 2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203428764>
- Wisner, B., Gaillard, J. C., & Kelman, I. (2012). Framing disaster: Theories and stories seeking to understand hazards, vulnerability and risk. In B. Wisner, J. C. Gaillard, & I. Kelman (Eds.), *Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction* (pp. 18–34). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203844236-13>
- Wong González, P. (2001). Globalización y virtualización de la economía: impactos territoriales. *Este País*, 118, 5–20. http://archivo.estepais.com/inicio/historicos/118/2_Propuesta2_Globalizacion_Wong_118.pdf
- Woolcock, M. (1998). Social capital and economic development: Toward a theoretical synthesis and policy framework. *Theory and Society*, 27(2), 151–208. <https://doi.org/10.1023/A:1006884930135>
- World Bank Group. (2020). *Global Economic Propects* (Issue June). <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2020/06/08/covid-19-to-plunge-global-economy-into-worst-recession-since-world-war-ii>
- Wright, G. C. (2016). The commercial date industry in the United States and Mexico. *HortScience*, 51(11), 1333–1338. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI11043-16>
- Wu, H., Guo, B., Fan, J., Yang, F., Han, B., Wei, C., Lu, Y., Zang, W., Zhen, X., & Meng, C. (2021). A novel remote sensing ecological vulnerability index on large scale: A case study of the China-Pakistan Economic Corridor region. *Ecological Indicators*, 129, 107955. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107955>
- Xiao, Y., Gu, X., Yin, S., Shao, J., Cui, Y., Zhang, Q., & Niu, Y. (2016). Geostatistical interpolation model selection based on ArcGIS and spatio-temporal variability analysis of groundwater level in piedmont plains, northwest China. *SpringerPlus*, 5(1), 1–15. <https://doi.org/10.1186/S40064-016-2073-0>
- Yang, X., Yu, Y., & Zheng, Y. (2020). Assessment and optimization of territorial space vulnerability: A case study of Xingyang, Henan, China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 120, 102950. <https://doi.org/10.1016/J.PCE.2020.102950>

Zaid, A., & Alhadrami, G. A. (2014). *Proceedings of the Fifth International Date Palm Conference* (A. Zaid & G. A. Alhadrami (eds.)). Khalifa International Date Palm Award. https://idpc.ae/sites/default/files/proceeding_of_fifth_international_date_palm_conference_0.pdf

ANEXOS

Anexo 1. De la memoria de cálculo actualizada. $SSens = 3.35$ hectáreas	154
Anexo 2. Coordenadas de las imágenes satelitales GLDAS.	157
Anexo 3. Información productiva sobre la Laguna Salada.....	158
Anexo 4. Rendimientos agrícolas usados	159
Anexo 5. Serie de datos anuales sobre hidrología	160
Anexo 6. Resultados de los cálculos de las variables de análisis	161

Anexo 1. De la memoria de cálculo actualizada. *SSens* = 3.35 hectáreas

Figura 1. Cronograma de Siembra

CONCEPTO	PERIODO DE EVALUACIÓN*											
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
SIEMBRA Y REPLANTE	335.21	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A) Hembras Muertas	301.21	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B) Machos Muertos	34.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLANTAS VIVAS	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21	335.21
A) Hembras	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21
Siembra	301.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21
Replantes	-	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
B) Machos	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Siembra	34.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00
Replantes	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
HEMBRAS PRODUCTORAS	-	-	-	-	292.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21
A) Siembra	-	-	-	-	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21	292.21
B) Replantes	-	-	-	-	-	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
HJUELOS NACIDOS	-	-	-	-	753.04	753.04	753.04	753.04	753.04	753.04	753.04	753.04

Fuente: Elaboración propia. *Periodo de Evaluación es en años.

Figura 2. Cronograma de Inversiones con costos unitarios.

CONCEPTO	APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	PERIODO											COSTO UNITARIO*
			A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	
TOTAL DE INVERSIONES														
1. INVERSIÓN FIJA														
A) Terreno*		Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 18,815.89
B) Obra civil*														
Nivelado suelo	1	Servicio/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 14,269.55
Cercos perimetral	1	Servicio/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 49,626.65
Inst Sistema de Riego	1	Servicio/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1,558.62
Inst. Cercos perimetral	1	Servicio/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 2,140.43
C) Material vegetativo		Hijuelos	335.21	10.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1,345.00
D) Siembra														
Transporte de planta	0.006	Servicio/Hijuelo	2.15	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 51.51
Enraizador	0.006	Kg/Hijuelo	2.15	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 232.50
Arpillitas		Servicio/Ha	335.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 15.00
Papel protector	0.006	Rollo/Hijuelo	2.15	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 515.13
Jornales involucrados	0.10	Jornal/Hijuelo	31.90	0.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
E) Materiales y equipos														
Sistema de Riego	1.000	Servicio/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 50,000.00
Equipo Almacen	5.000	Kg/Caja	1,000.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 102.74
2. INVERSIÓN DIFERIDA														
A) Permiso de siembra	1	Permiso/Ha	3.35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 9.24
B) Análisis de suelo		Servicio	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1,122.23
C) Análisis de agua		Servicio	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 1,122.23

Nota. El costo unitario se obtuvo de actualizar los precios de las memorias de cálculo de la Laguna Salada a precios de julio del 2019. Fuente: Elaboración propia con base en Martínez Vieyra (2012), Nemesio Laguna (2017), INEGI (2020c).

Figura 3. Cronograma del Capital de Trabajo con costos unitarios.

CONCEPTO	APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	PERIODO											COSTO UNITARIO*	
			A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10		
CAPITAL DE TRABAJO															
1. RIEGO															
A) Cuota de agua	1.0	Servicio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	\$ 1,320.27
B) Mantenimiento sistema	1.0	Servicio	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	\$ 500.00
C) Jornal involucrado		Jornal	3.66	3.66	3.66	3.66	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	2.69	\$ 220.00
D) Bombeo	260	Lts/Ha	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	871.56	\$ 20.33
2. FERTILIZANTES															
A) Nitrato de potasio	0.16	Kg/Hijuelo	53.72	53.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 39.00
B) Mejorador de suelo	0.10	Kg/Hijuelo	32.23	32.23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 50.00
C) Uan 32	3.53	Lt/Palma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 10.00
D) Nitrato de calcio	8.46	Lt/Palma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 24.00
E) Polifuro de amonio	4.94	Lt/Palma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 19.00
F) Tisulfato de potasio	7.05	Lt/Palma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 24.00
3. LABORES CULTURALES															
A) Rastreo	2.00	Servicio/Ha	-	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	6.70	\$ 393.00
B) Bolsas	18.00	Bolsas/Hembra	-	-	-	-	292.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	301.21	\$ 1.00
C) Jornales involucrados		Jornal/Palma	16.98	19.12	19.12	2.15	219.29	223.73	223.73	223.73	223.73	223.73	223.73	223.73	\$ 220.00
Cajeteo manual	0.03	Jornal/Palma	8.60	8.60	8.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
Enderece de plantas	0.00	Jornal/Palma	0.64	0.64	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
Deshiebre manual	0.02	Jornal/Palma	7.74	7.74	7.74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
Desespine de palmas	0.01	Jornal/Palma	-	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	\$ 220.00
Poda	0.04	Jornal/Palma	-	-	-	-	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	\$ 220.00
Raleo	0.10	Jornal/Hembra	-	-	-	-	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	\$ 220.00
Recolección de polen	0.10	Jornal/Macho	-	-	-	-	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	\$ 220.00
Polinización	0.12	Jornal/Hembra	-	-	-	-	33.72	34.76	34.76	34.76	34.76	34.76	34.76	34.76	\$ 220.00
Despunte y selección racimos	0.10	Jornal/Hembra	-	-	-	-	29.97	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	\$ 220.00
Amarre del racimo	0.10	Jornal/Hembra	-	-	-	-	29.97	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	\$ 220.00
Tapado de racimo	0.07	Jornal/Hembra	-	-	-	-	20.60	21.24	21.24	21.24	21.24	21.24	21.24	21.24	\$ 220.00
Limpieza de palma	0.07	Jornal/Palma	-	-	-	-	23.64	23.64	23.64	23.64	23.64	23.64	23.64	23.64	\$ 220.00
Desvastago de racimo	0.01	Jornal/Hembra	-	-	-	-	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	1.93	\$ 220.00
Bajado y armado de racimo	0.10	Jornal/Hembra	-	-	-	-	29.97	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	30.89	\$ 220.00
4. CONTROL DE PLAGAS, MALEZAS Y ENFERMEDADES															
A) Tiofanato metilico	0.019	Servicio/Palma	6.45	6.45	6.45	6.45	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 257.00
B) Fosfuro de aluminio	0.006	Servicio/Palma	2.15	2.15	2.15	2.15	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 630.00
C) Diazinon	0.013	Servicio/Palma	4.30	4.30	4.30	4.30	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 150.00
D) Malathion	0.026	Servicio/Palma	-	-	-	-	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	\$ 150.00
E) Clethodim	0.128	Servicio/Palma	-	-	-	-	42.98	42.98	42.98	42.98	42.98	42.98	42.98	42.98	\$ 530.00
F) Jornales involucrados		Jornales	3.22	3.22	3.22	3.22	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	12.89	\$ 220.00
Apl. Insecticida A1-A4	0.002	Jornal/Palma	0.64	0.64	0.64	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
Apl. Insecticida A5-A8	0.013	Jornal/Palma	-	-	-	-	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	4.30	\$ 220.00
Apl. Fungicida	0.006	Jornal/Palma	1.93	1.93	1.93	1.93	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 220.00
Apl. Rodenticida	0.002	Jornal/Palma	0.64	0.64	0.64	0.64	-	-	-	-	-	-	-	-	\$ 66.00
Apl. Herbicida	0.026	Jornal/Palma	-	-	-	-	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	8.60	\$ 220.00
5. COSECHA															
A) Jornales involucrados	156.000	Kg/Jornal	-	-	-	-	15.05	29.83	47.21	68.94	80.42	97.72	94.48		\$ 220.00
B) Transporte Kg			-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
6. FLETES															
A) Transporte Personal			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		\$ 15,524.58
B) Compras			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		\$ 700.00
7. DIVERSOS															
A) Encargado		Servicios	10.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00		\$ 264.00
B) Seguro agrícola		Serv/Ha	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		\$ 200.00
C) Asistencia técnica		Serv/Productor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		\$ 2,500.00
D) IMPREVISTOS	2.50%														

Nota. El costo unitario se obtuvo de actualizar los precios de las memorias de cálculo de la Laguna Salada a precios de julio del 2019. Fuente: Elaboración propia con base en Martínez Vieyra (2012), Nemesio Laguna (2017), INEGI (2020c).

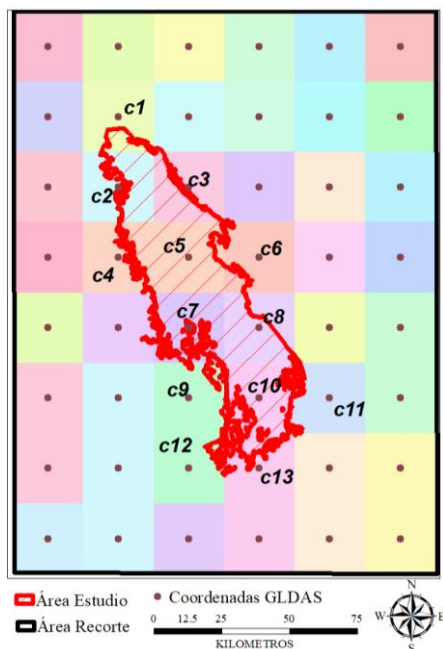
Figura 3. Flujos Netos de Efectivo para establecer una **SSens** = 3.35 hectáreas.

PERIODO t	PRODUCCIÓN		APORT.	CRÉDITO	ENTRADAS	INVERSIÓN	COSTOS	PAGO CR.	SALIDAS	FLUJO
	A	B	G	D	E = A+G+D	I	C	P	S=I+C+P	EFFECTIVO
0	\$ -	\$-	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,052.59	\$ 54.95	\$ -	\$ 1,107.54	\$ (1,107.54)
1	\$ -	\$-	\$ 177.04	\$ 1,098.37	\$ 1,275.41	\$ 14.05	\$ 58.68	\$ 94.14	\$ 166.87	\$ 1,108.54
2	\$ -	\$-	\$ -	\$ 186.86	\$ 186.86	\$ -	\$ 54.88	\$ 131.99	\$ 186.86	\$ -
3	\$ -	\$-	\$ -	\$ 228.42	\$ 228.42	\$ -	\$ 51.05	\$ 177.37	\$ 228.42	\$ -
4	\$ 181.90	\$-	\$ -	\$ 184.32	\$ 366.22	\$ -	\$ 131.83	\$ 234.39	\$ 366.22	\$ -
5	\$ 360.57	\$-	\$ -	\$ 55.33	\$ 415.90	\$ -	\$ 136.37	\$ 279.53	\$ 415.90	\$ -
6	\$ 570.69	\$-	\$ -	\$ -	\$ 570.69	\$ -	\$ 140.34	\$ 284.25	\$ 424.59	\$ 146.10
7	\$ 833.39	\$-	\$ -	\$ -	\$ 833.39	\$ -	\$ 145.30	\$ 269.27	\$ 414.57	\$ 418.82
8	\$ 972.25	\$-	\$ -	\$ -	\$ 972.25	\$ -	\$ 147.93	\$ 254.29	\$ 402.22	\$ 570.03
9	\$ 1,181.35	\$-	\$ -	\$ -	\$ 1,181.35	\$ -	\$ 151.88	\$ 239.31	\$ 391.19	\$ 790.17
10	\$ 1,142.18	\$-	\$ -	\$ -	\$ 1,142.18	\$ -	\$ 151.14	\$ 224.33	\$ 375.47	\$ 766.71

PERIODO t	FLUJO	FLUJO	FTOR. DESC. Fd	ENTRADA	SALIDA	FLUJO NETO	FLUJO NETO
	EFFECTIVO	EFFECTIVO		DESC.	DESC.	EFFECT. DESC.	EFFECT. DESC.
		ACUM.		Ed	Sd	FNEd	ACUM. (FNEda)
0	\$ (1,107.54)	\$ (1,107.54)	1.000000	\$ -	\$ 1,107.54	\$ (1,107.54)	\$ (1,107.54)
1	\$ 1,108.54	\$ 1.00	0.884956	\$ 1,128.68	\$ 147.67	\$ 981.01	\$ (126.53)
2	\$ -	\$ 1.00	0.783147	\$ 146.34	\$ 146.34	\$ -	\$ (126.53)
3	\$ -	\$ 1.00	0.693050	\$ 158.31	\$ 158.31	\$ -	\$ (126.53)
4	\$ -	\$ 1.00	0.613319	\$ 224.61	\$ 224.61	\$ -	\$ (126.53)
5	\$ -	\$ 1.00	0.542760	\$ 225.73	\$ 225.73	\$ -	\$ (126.53)
6	\$ 146.10	\$ 147.10	0.480319	\$ 274.11	\$ 203.94	\$ 70.18	\$ (56.36)
7	\$ 418.82	\$ 565.92	0.425061	\$ 354.24	\$ 176.22	\$ 178.02	\$ 121.67
8	\$ 570.03	\$ 1,135.95	0.376160	\$ 365.72	\$ 151.30	\$ 214.42	\$ 336.09
9	\$ 790.17	\$ 1,926.12	0.332885	\$ 393.25	\$ 130.22	\$ 263.03	\$ 599.13
10	\$ 766.71	\$ 2,692.83	0.294588	\$ 336.47	\$ 110.61	\$ 225.86	\$ 824.99
Suma				\$ 3,607.47	\$ 2,782.49		

Nota. Valores en miles de pesos. Fuente: Elaboración propia con base en

Anexo 2. Coordenadas de las imágenes satelitales GLDAS.



Coordenadas

No.	LONGITUD	LATITUD	No.	LONGITUD	LATITUD
c1	115° 50' 11.321" W	32° 40' 43.162" W	c25	116° 07' 06.650" W	32° 12' 41.713" W
c2	115° 50' 22.211" W	32° 26' 38.447" W	c26	116° 07' 14.754" W	31° 58' 36.862" W
c3	115° 33' 46.094" W	32° 26' 28.172" W	c27	116° 07' 22.760" W	31° 44' 31.978" W
c4	115° 50' 32.971" W	32° 12' 33.700" W	c28	115° 50' 54.128" W	31° 44' 24.108" W
c5	115° 33' 59.422" W	32° 12' 23.519" W	c29	114° 45' 01.102" W	31° 43' 31.346" W
c6	115° 17' 26.023" W	32° 12' 11.167" W	c30	116° 07' 30.679" W	31° 30' 27.061" W
c7	115° 50' 43.613" W	31° 58' 28.920" W	c31	115° 51' 04.522" W	31° 30' 19.264" W
c8	115° 34' 12.594" W	31° 58' 18.829" W	c32	115° 01' 46.891" W	31° 29' 43.213" W
c9	115° 17' 41.730" W	31° 58' 06.593" W	c33	114° 45' 21.391" W	31° 29' 26.981" W
c10	115° 34' 25.615" W	31° 44' 14.107" W	c34	116° 07' 38.503" W	31° 16' 22.116" W
c11	115° 17' 57.253" W	31° 44' 01.982" W	c35	115° 51' 14.792" W	31° 16' 14.387" W
c12	115° 01' 29.075" W	31° 43' 47.726" W	c36	115° 34' 51.208" W	31° 16' 04.570" W
c13	115° 34' 38.485" W	31° 30' 09.356" W	c37	115° 18' 27.767" W	31° 15' 52.664" W
c14	115° 18' 12.600" W	31° 29' 57.340" W	c38	115° 02' 04.502" W	31° 15' 38.668" W
c15	116° 06' 41.767" W	32° 54' 56.077" W	c39	114° 45' 41.443" W	31° 15' 22.583" W
c16	115° 50' 00.305" W	32° 54' 47.844" W	c40	115° 16' 54.055" W	32° 40' 20.222" W
c17	115° 33' 18.969" W	32° 54' 37.382" W	c41	115° 00' 15.689" W	32° 40' 05.441" W
c18	115° 16' 37.790" W	32° 54' 24.696" W	c42	115° 17' 10.133" W	32° 26' 15.713" W
c19	114° 59' 56.807" W	32° 54' 09.785" W	c43	115° 00' 34.358" W	32° 26' 01.064" W
c20	114° 43' 16.039" W	32° 53' 52.652" W	c44	115° 00' 52.808" W	32° 11' 56.652" W
c21	116° 06' 50.159" W	32° 40' 51.319" W	c45	115° 01' 11.050" W	31° 57' 52.207" W
c22	115° 33' 32.609" W	32° 40' 32.794" W	c46	114° 43' 58.800" W	32° 25' 44.234" W
c23	114° 43' 37.542" W	32° 39' 48.460" W	c47	114° 44' 19.810" W	32° 11' 39.973" W
c24	116° 06' 58.453" W	32° 26' 46.532" W	c48	114° 44' 40.574" W	31° 57' 35.677" W

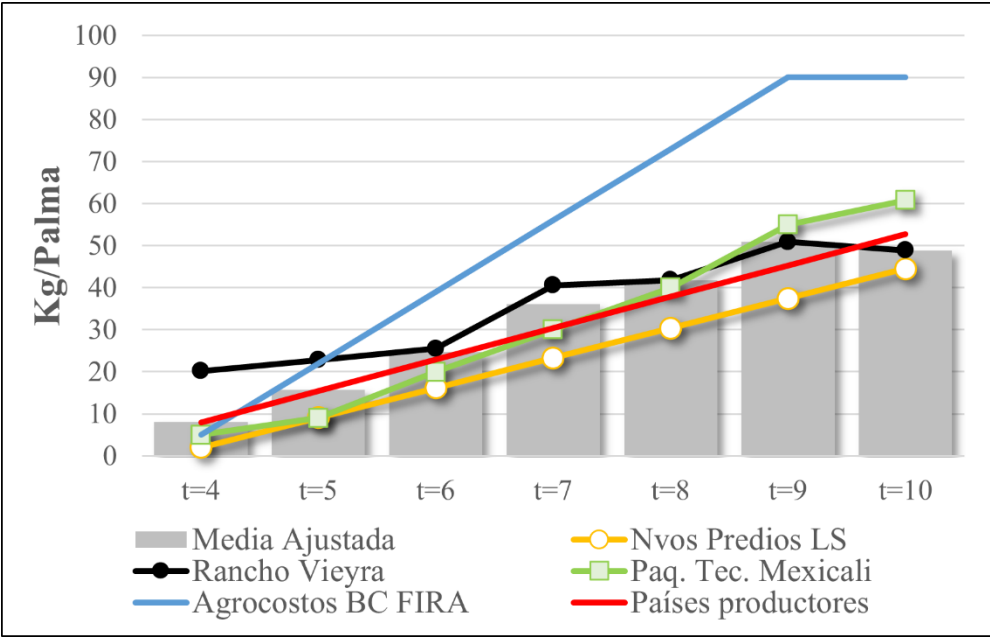
Nota. La sección en gris será los puntos que se deban promediar para obtener series mensuales (Paso 9).

Anexo 3. Información productiva sobre la Laguna Salada

Ubicación	Predios	Productor	Género	Tipo propietario	Familia	Superficie			Variedad
						Sembrada	En desarrollo	Producción	
RST	P1	I1	n.a	Empresa	Empresa	30.31	30.31		Medjool
FMM	P2	I2	Masculino	Individual	Godínez	0.42	0.42		Medjool
FMM	P3	I3	Masculino	Individual	Mosqueda	0.44	0.44		Medjool
FMM	P4	I4	Masculino	Individual	Ruiz	0.20	0.20		Medjool
FMM	P5	I5	Masculino	Individual	Sánchez	0.72		0.72	Medjool
FMM	P6	I6	Masculino	Individual	Sn. Apellido	2.15	2.15		Medjool
FMM	P7	I7	n.d	Individual	Baez	1.89	1.89		Medjool
FMM	P8	I8	n.d	Individual	Baez	1.04	1.04		Medjool
FMM	P9	I8	n.d	Individual	Baez	0.93	0.93		Medjool
FMM	P10	I9	Masculino	Individual	Nelson	3.12	3.12		Medjool
FMM	P11	I9	Masculino	Individual	Nelson	0.74	0.74		Medjool
FMM	P12	I9	Masculino	Individual	Nelson	0.50	0.50		Medjool
FMM	P13	I10	Masculino	Individual	Orozco	0.96	0.96		Medjool
FMM	P14	I11	Femenino	Individual	Orozco	0.96	0.96		Medjool
FMM	P15	I12	Masculino	Individual	Orozco	0.96	0.96		Medjool
FMM	P16	I13	Masculino	Individual	Silva	0.10	0.10		Medjool
FMM	P17	I14	Masculino	Individual	Silva	0.44	0.44		Medjool
FMM	P18	I15	Masculino	Individual	Silva	0.47	0.47		Medjool
FMM	P19	I16	Masculino	Individual	Silva	0.23	0.23		Medjool
FMM	P20	I17	n.a	Empresa	Vieyra	2.16	2.16		Medjool
FMM	P21	I18	n.a	Empresa	Vieyra	10.15	10.15		Medjool / deglet / hooni
FMM	P22	I19	n.a	Empresa	Vieyra	6.00	6.00		Medjool / deglet
FMM	P23	I20	Masculino	Individual	Vieyra	3.04	3.04		Medjool
FMM	P24	I21	Masculino	Individual	Vieyra	1.20	1.2		Medjool
FMM	P25	I22	Masculino	Individual	Vieyra	1.00	1.0		Medjool
FMM	P26	I23	Masculino	Individual	Vieyra	3.65		3.65	Medjool
FMM	P27	I24	Masculino	Individual	Vieyra	2.87	2.87		Medjool
FMM	P28	I23	Masculino	Individual	Vieyra	11.00	4.68	6.62	Medjool / deglet
GDP	P29	I25	n.a	Empresa	Empresa	4.79	4.79		Medjool
LS	P30	I26	Masculino	Individual	Colado	0.10	0.10		Medjool
LS	P31	I27	Masculino	Individual	Peña	0.96	0.96		Medjool
LS	P32	I28	Masculino	Individual	Desconocido	0.36	0.36		Medjool

Nota. Color gris= por debajo de $SSens_{min}$ mínima, Letras amarillas = por debajo de la $SSens_{media}$. n.a.= No aplica, n.d. = no disponible. No se presentan nombres por privacidad. Fuente: SADER (2018)

Anexo 4. Rendimientos agrícolas usados



t=año. Fuente: Elaboración propia con base en Al-Khayri 2015 et al., (2015a, 2015b), FIRA (2020), Nemesio Laguna (2017), SEFOA (2014)

Anexo 5. Serie de datos anuales sobre hidrología

Año	AAS*	AAT*	HSR*	T*	ET*	P*	P-ET*
1984	163.680305	232.114959	68.228061	20.092513	1.443149	2.435587	0.992437
1985	168.148001	237.505334	69.147929	19.514427	1.377705	1.682239	0.304533
1986	164.034157	232.003475	67.764479	20.060665	1.382753	1.512532	0.129779
1987	160.411867	227.815545	67.197100	19.506884	1.359007	1.909406	0.550399
1988	165.119358	233.448229	68.122401	19.865947	1.385900	1.232811	-0.153089
1989	160.019057	226.941974	66.721306	20.070197	1.415840	1.187844	-0.227996
1990	159.253010	225.971111	66.515762	19.613416	1.392396	1.074491	-0.317905
1991	165.699381	234.635160	68.726785	19.317746	1.311604	2.347640	1.036037
1992	177.849256	250.389927	72.319937	20.238115	1.457326	3.096984	1.639659
1993	175.067033	246.548525	71.265113	19.890443	1.389468	2.917198	1.527730
1994	162.049696	229.789070	67.534392	19.916247	1.441787	1.903855	0.462068
1995	170.874019	240.998300	69.911143	20.394921	1.437981	1.716855	0.278874
1996	159.452513	226.243527	66.589769	20.848791	1.516289	1.153183	-0.363105
1997	160.918119	228.401058	67.278066	19.991529	1.409263	1.823473	0.414210
1998	171.856893	242.228244	70.158909	18.881494	1.291340	1.902008	0.610668
1999	158.856581	225.352030	66.295444	19.140913	1.288484	0.810104	-0.478380
2000	160.242372	227.221168	66.777081	19.728804	1.379429	1.089831	-0.289598
2001	164.386318	232.636067	68.042135	19.818198	1.405565	1.639253	0.233688
2002	158.663165	225.094055	66.231194	19.711756	1.371586	0.643921	-0.727665
2003	163.006152	230.838700	67.627752	20.235664	1.435889	1.653668	0.217778
2004	162.078050	229.783836	67.499293	19.919415	1.408141	2.136184	0.728043
2005	169.693669	239.387953	69.483257	20.188842	1.408117	2.127563	0.719446
2006	159.314769	225.921965	66.406069	20.197796	1.448432	0.794371	-0.654061
2007	158.892520	225.458577	66.363671	20.176467	1.443173	0.794601	-0.648573
2008	160.426963	227.618797	66.987599	20.019174	1.416236	1.188292	-0.227944
2009	160.283577	227.161608	66.675804	20.108967	1.422334	0.875275	-0.547059
2010	167.102648	236.379590	69.065990	19.714255	1.364853	2.481382	1.116529
2011	162.348668	230.042911	67.488147	19.550549	1.368105	1.556226	0.188121
2012	160.692908	227.886295	66.988916	20.444752	1.451513	1.390863	-0.060650
2013	160.928765	228.154124	67.020182	20.134733	1.438541	1.383298	-0.055243
2014	159.322603	226.048353	66.523789	21.434582	1.559665	1.676009	0.116344
2015	159.277581	226.021877	66.541808	21.137577	1.542826	1.454659	-0.088166
2016	160.264241	227.479742	67.008845	20.947839	1.498235	1.616729	0.118494
2017	163.100665	231.042186	67.736195	21.215337	1.542022	1.428673	-0.113350
2018	159.787135	226.784549	66.793632	20.994330	1.538199	1.562467	0.024268
2019	162.091591	230.112866	67.807238				
2020	159.841628	226.239224	66.197248				

Fuente: Elaboración propia con base en la Tabla 20 y Anexo 2.

Anexo 6. Resultados de los cálculos de las variables de análisis

PARTE 1

<i>SSens</i> (ha)	<i>Cuota_{VP}</i> (\$)*	<i>MR_{VP}</i> (\$)*	<i>JR_{VP}</i> (\$)*	<i>BR_{VP}</i> (\$)*	Σ Riego (\$)*	<i>CAgua_{VP}</i> (m ³)	
						L min**	Lmax***
0.1	8,484	3,213	135	3,396	15,228	14,672	35,200
0.674	8,484	3,213	909	22,889	35,495	98,889	237,248
1	8,484	3,213	1,348	33,960	47,006	146,719	352,000
2	8,484	3,213	2,697	67,920	82,314	293,438	704,000
3	8,484	3,213	4,045	101,879	117,622	440,157	1,056,000
3.35	8,484	3,213	4,517	113,765	129,980	491,823	1,179,954
4	8,484	3,213	5,393	135,839	152,930	586,876	1,408,000
5	8,484	3,213	6,741	169,799	188,238	733,594	1,760,000
6	8,484	3,213	8,090	203,759	223,546	880,313	2,112,000
7	8,484	3,213	9,438	237,719	258,854	1,027,032	2,464,000
8	8,484	3,213	10,786	271,679	294,162	1,173,751	2,816,000
9	8,484	3,213	12,135	305,638	329,470	1,320,470	3,168,000
10	8,484	3,213	13,483	339,598	364,779	1,467,189	3,520,000
11	8,484	3,213	14,831	373,558	400,087	1,613,908	3,872,000
12	8,484	3,213	16,179	407,518	435,395	1,760,627	4,224,000
13	8,484	3,213	17,528	441,478	470,703	1,907,345	4,576,000
14	8,484	3,213	18,876	475,437	506,011	2,054,064	4,928,000
15	8,484	3,213	20,224	509,397	541,319	2,200,783	5,280,000
16	8,484	3,213	21,573	543,357	576,627	2,347,502	5,632,000
17	8,484	3,213	22,921	577,317	611,935	2,494,221	5,984,000
18	8,484	3,213	24,269	611,277	647,243	2,640,940	6,336,000
19	8,484	3,213	25,618	645,236	682,552	2,787,659	6,688,000
20	8,484	3,213	26,966	679,196	717,860	2,934,378	7,040,000
21	8,484	3,213	28,314	713,156	753,168	3,081,096	7,392,000
22	8,484	3,213	29,662	747,116	788,476	3,227,815	7,744,000
23	8,484	3,213	31,011	781,076	823,784	3,374,534	8,096,000
24	8,484	3,213	32,359	815,036	859,092	3,521,253	8,448,000
25	8,484	3,213	33,707	848,995	894,400	3,667,972	8,800,000
26	8,484	3,213	35,056	882,955	929,708	3,814,691	9,152,000
27	8,484	3,213	36,404	916,915	965,016	3,961,410	9,504,000
28	8,484	3,213	37,752	950,875	1,000,324	4,108,129	9,856,000
29	8,484	3,213	39,100	984,835	1,035,633	4,254,848	10,208,000
30	8,484	3,213	40,449	1,018,794	1,070,941	4,401,566	10,560,000
31	8,484	3,213	41,797	1,052,754	1,106,249	4,548,285	10,912,000
32	8,484	3,213	43,145	1,086,714	1,141,557	4,695,004	11,264,000
33	8,484	3,213	44,494	1,120,674	1,176,865	4,841,723	11,616,000

Nota. Color gris = Resultados de *S_{Agri}* mínima, Color Azul = Resultados de *SSens_{min}*, Color Amarillo = Resultados de *S/I*. *Moneda nacional, **Lámina de agua de Mexicali, ***Lámina de agua de Estados Unidos. Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada.

PARTE 2

<i>SSens_{media}</i> (Ha)	<i>VAgua_{VP}</i> (\$/m ³)		<i>CRiego_{VP}</i> (\$/m ³)		Empleo máximo	TIR (%)	VAN (1000 \$)	CRÉDITO (1000 \$)	PRI (años)	ÍNDICE B/C
	L min	Lmax	L min	Lmax						
0.1	0.636	0.241	1.04	0.43	0.03					
0.674	0.094	0.036	0.36	0.15	0.22	13.05	0.00	0.59	10.00	1.00
1	0.064	0.024	0.32	0.13	0.32	22.10	0.10	0.68	8.00	1.08
2	0.032	0.012	0.28	0.12	0.65	29.10	0.41	1.03	7.00	1.22
3	0.021	0.008	0.27	0.11	0.97	31.32	0.72	1.40	7.00	1.28
3.35	0.019	0.007	0.26	0.11	1.08	31.75	0.82	1.53	7.00	1.30
4	0.016	0.006	0.26	0.11	1.29	32.43	1.03	1.76	7.00	1.32
5	0.013	0.005	0.26	0.11	1.61	33.11	1.34	2.13	7.00	1.34
6	0.011	0.004	0.25	0.11	1.94	33.57	1.65	2.49	7.00	1.36
7	0.009	0.003	0.25	0.11	2.26	33.88	1.95	2.85	7.00	1.37
8	0.008	0.003	0.25	0.10	2.58	34.12	2.26	3.22	7.00	1.38
9	0.007	0.003	0.25	0.10	2.90	34.31	2.57	3.59	7.00	1.39
10	0.006	0.002	0.25	0.10	3.23	34.47	2.88	3.96	7.00	1.40
11	0.006	0.002	0.25	0.10	3.55	34.60	3.19	4.33	7.00	1.40
12	0.005	0.002	0.25	0.10	3.87	34.71	3.50	4.70	7.00	1.40
13	0.005	0.002	0.25	0.10	4.19	34.80	3.81	5.07	7.00	1.41
14	0.005	0.002	0.25	0.10	4.52	34.88	4.11	5.44	7.00	1.41
15	0.004	0.002	0.25	0.10	4.84	34.95	4.42	5.81	6.00	1.41
16	0.004	0.002	0.25	0.10	5.16	35.01	4.73	6.18	6.00	1.42
17	0.004	0.001	0.25	0.10	5.48	35.02	5.02	6.57	6.00	1.42
18	0.004	0.001	0.25	0.10	5.81	35.07	5.33	6.94	6.00	1.42
19	0.003	0.001	0.24	0.10	6.13	35.11	5.64	7.31	6.00	1.42
20	0.003	0.001	0.24	0.10	6.45	35.15	5.95	7.68	6.00	1.42
21	0.003	0.001	0.24	0.10	6.77	35.18	6.26	8.05	6.00	1.42
22	0.003	0.001	0.24	0.10	7.10	35.22	6.56	8.43	6.00	1.42
23	0.003	0.001	0.24	0.10	7.42	35.25	6.87	8.80	6.00	1.42
24	0.003	0.001	0.24	0.10	7.74	35.27	7.18	9.17	6.00	1.43
25	0.003	0.001	0.24	0.10	8.07	35.30	7.49	9.54	6.00	1.43
26	0.002	0.001	0.24	0.10	8.39	35.32	7.80	9.91	6.00	1.43
27	0.002	0.001	0.24	0.10	8.71	35.34	8.10	10.28	6.00	1.43
28	0.002	0.001	0.24	0.10	9.03	35.36	8.41	10.66	6.00	1.43
29	0.002	0.001	0.24	0.10	9.36	35.38	8.72	11.03	6.00	1.43
30	0.002	0.001	0.24	0.10	9.68	35.39	9.02	11.40	6.00	1.43
31	0.002	0.001	0.24	0.10	10.00	35.41	9.33	11.77	6.00	1.43
32	0.002	0.001	0.24	0.10	10.32	35.42	9.64	12.14	6.00	1.43
33	0.002	0.001	0.24	0.10	10.65	35.44	9.95	12.51	6.00	1.43

Nota. Color gris = Resultados de *S_{Agri}* mínima, Color Azul = Resultados de *SSens_{min}*, Color Amarillo = Resultados de *S/I*. Color rojo= USup. *Moneda nacional, **Lámina de agua de Mexicali, ***Lámina de agua de Estados Unidos. Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada.