

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
reposito 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 (UABC)* 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!

RESUMEN

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	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I. VULNERABILIDAD Y SUSTENTABILIDAD TERRITORIAL	15
I.1.- El Desarrollo Territorial Sustentable	16
I.1.1 El Territorio y sus características	16
<i>I.1.1.1 Concepto de territorio</i>	16
<i>I.1.1.2 Componentes territoriales</i>	17
<i>I.1.1.3 El desarrollo territorial</i>	18
I.1.2 El Desarrollo Territorial Sustentable	21
<i>I.1.2.1 Perspectivas de la sustentabilidad</i>	21
<i>I.1.2.2 Resolución A/RES/64/292: La agenda 2030</i>	22
<i>I.1.2.3 El territorio sustentable antropocentista</i>	22
<i>I.1.2.4 Las capacidades territoriales</i>	24
I.2.- La Teoría de la Vulnerabilidad	25
I.2.1 Concepto de vulnerabilidad	26
I.2.2 Influencias teóricas	28
<i>I.2.2.1 La vulnerabilidad y los estudios de riesgos y peligros</i>	28
<i>I.2.2.2 La vulnerabilidad y el desarrollo socioeconómico</i>	30
<i>I.2.2.3 La vulnerabilidad y el enfoque sistémico</i>	32
I.2.3 Conceptos asociados.....	37
<i>I.2.3.1 Sistema vulnerable</i>	37
<i>I.2.3.2 Amenaza</i>	38
<i>I.2.3.3 Peligro, Perturbación y estrés</i>	38
<i>I.2.3.4 Riesgo</i>	39
<i>I.2.3.5 Umbral</i>	40
<i>I.2.3.6 Capacidad</i>	41
I.3.- La Vulnerabilidad Territorial	41
CAPÍTULO II. EVALUACIONES DE LA VULNERABILIDAD TERRITORIAL	43
II.1.- Aspectos generales de las EV	43
II.2.- Dimensiones de análisis	45
II.2.1 Exposición.....	46
II.2.2 Sensibilidad / Fragilidad /Vulnerabilidad	47
II.2.3 Capacidad de adaptación.....	47
II.3.- De los análisis y métodos de las EV	48
II.3.1 Análisis de idoneidad	48
II.3.2 Diagnóstico situacional	49
II.3.3 Análisis relacionado con la producción	50
<i>II.3.3.1 El modelo ricardiano</i>	50
<i>II.3.3.2 Evaluación de la factibilidad de la inversión</i>	51
II.3.4 Análisis de la capacidad de gestión.....	52
II.4.- Tipos de evaluaciones	53
II.5.- Temáticas territoriales recientes	55

II.5.1.1 EV más recientes por región o país.....	55
II.5.1.2 Aspectos sobre las EV más recientes.....	56
CAPÍTULO III. CASOS DE ESTUDIO RELEVANTES.....	57
III.1.- Estudios sobre vulnerabilidad	57
III.2.- Estudios sobre palma datilera relevantes	58
III.3.- Otros estudios relevantes sobre territorios datileros.....	60
III.4.- Estudios sobre estimaciones de agua subterránea	60
CAPÍTULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	63
IV.1.- La Laguna Salada: el área de estudio	64
IV.2.- Fase I: De la Exposición del Territorio	66
IV.2.1 Procesamiento de imágenes satelitales	66
IV.2.2 Del análisis de la oferta de agua (OA).....	67
IV.2.3 Del análisis de idoneidad territorial.....	68
IV.3.- Fase II. De la Fragilidad Productiva del Territorio	70
IV.3.1 Herramientas y cálculos necesarios.....	72
IV.3.1.1 La Memoria de Cálculo Datilera Actualizada	72
IV.3.1.2 Cálculos de demanda de agua.....	73
IV.3.2 Análisis de la escala de producción (SSens).....	73
IV.3.3 La estimación de la Superficie Sustentable (SSust).....	74
IV.3.4 Cálculo y evaluación del Grado de Vulneración Territorial (GVT).....	74
IV.4.- Fase III: De la Capacidad Adaptativa Territorial	74
CAPÍTULO V. HALLAZGOS.....	75
V.1.- Fase I. La Exposición Territorial	75
V.1.1 Análisis de oferta de agua para la producción (OA).....	75
V.1.2 Análisis de idoneidad territorial.....	78
V.1.2.1 La capacidad hídrica.....	78
V.1.2.2 Características del suelo	79
V.1.2.3 Zonas a evitar	80
V.1.2.4 El área ejidal	81
V.1.2.5 De los beneficiarios ejidales.....	81
V.1.2.6 Disponibilidad de la mano de obra	82
V.1.2.7 La infraestructura existente.....	82
V.2.- Fase II. La Fragilidad Productiva Territorial	83
V.2.1 El análisis de la superficie productiva (SSens)	83
V.2.1.1 Evolución productiva de la Laguna Salada.....	84
V.2.1.2 Características de la producción datilera	85
V.2.1.3 La demanda de agua por SSens.....	86
V.2.1.4 La factibilidad económica de la expansión	87
V.2.1.5 Peligros de expandir la superficie datilera	89
V.2.1.6 Los beneficios sociales y el agroecosistema sustentable.....	90
V.2.2 Estimación de la Superficie Sustentable (SSust).....	91
V.2.3 Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)	92
V.3.- Fase III. La Capacidad Adaptativa Territorial	94
V.3.1 La Sensibilidad de la Inversión.....	94
V.3.2 El análisis de la capacidad de gestión	95
V.3.2.1 Del marco jurídico.....	95
V.3.2.2 De las estadísticas e información hidro-productiva.....	97
CAPÍTULO VI. DISCUSIÓN.....	99
VI.1.- Fase I: La Exposición Territorial.....	99

VI.1.1 El análisis de oferta de agua (OA).....	99
VI.1.2 El análisis de idoneidad territorial	100
VI.2.- Fase II: La Fragilidad Productiva Territorial.....	102
VI.2.1 El análisis de la superficie productiva (<i>SSens</i>)	102
VI.2.2 La estimación de la superficie sustentable (<i>SSust</i>)	106
VI.2.3 La estimación y análisis del grado de vulnerabilidad territorial (GVT).....	108
VI.3.- Fase III: La Capacidad Adaptativa Territorial.....	109
CAPÍTULO VII. CONCLUSIÓN	113
REFERENCIAS.....	116

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Conceptos de Territorio	16
Tabla 2. Definiciones de territorio por área de estudio	17
Tabla 3. Características básicas de un territorio	18
Tabla 4. Características del desarrollo territorial socioeconómico.....	20
Tabla 5. Objetivos del Desarrollo Sustentable	22
Tabla 6. Conceptos de vulnerabilidad más relevantes (1979-2022).....	26
Tabla 7. Líneas de investigación surgidas de los estudios de riesgo y peligros	29
Tabla 8. Línea de investigación surgidas de los estudios de desarrollo socioeconómico	31
Tabla 9. Líneas de investigación pertenecientes al enfoque sistémico.....	34
Tabla 10. Evolución de los estudios de la vulnerabilidad según problemáticas existentes	36
Tabla 11. Concepciones del sistema vulnerable según grado de impacto	37
Tabla 12. Concepción de la evaluación de la vulnerabilidad según marco de estudio.....	44
Tabla 13. Técnicas para usadas para el análisis de idoneidad	49
Tabla 14. EV según sus características.....	53
Tabla 15. Diferencias entre las evaluaciones de vulnerabilidad según marco de vulnerabilidad.....	54
Tabla 16. Comparativo de estudios que miden la vulnerabilidad de territorios agrícolas.....	57
Tabla 17. Estudios relevantes sobre palma datilera.....	59
Tabla 18. Información necesaria para la FASE I.....	66
Tabla 19. Clasificación de ráster para analizar la idoneidad productiva de la Laguna Salada.....	69
Tabla 20. Clasificación del ráster de Edafología	70
Tabla 21. Fuentes de información para la Fase II.....	71
Tabla 22. Proyecciones de la oferta anual de agua subterránea en el área de estudio.....	76
Tabla 23. Relación entre diferentes variables hídricas y GWS. Periodo 1984-2018.	76
Tabla 24. Beneficiarios ejidales en la Laguna Salada 2022	84
Tabla 25. La superficie productiva de la Laguna Salada. Resumen 2010-2018.....	85
Tabla 26. Producción de dátil en la Laguna Salada por familia 2018.	85
Tabla 27. Comparativo entre el dátil y el aguacate 2019	90
Tabla 28. Beneficios socioeconómicos y socioambientales en el territorio	91
Tabla 29. Los Umbrales Superficiales según indicadores seleccionados.....	91
Tabla 30. Variables que explican más los cambios en GVT	93
Tabla 31. Análisis de la sensibilidad de indicadores al cambio de parámetros productivos	95
Tabla 32. Condiciones del marco jurídico sobre expansión datilera sustentable aplicables	96
Tabla 33. Condición de la estadística e información hidro-productiva datilera	97
Tabla 34. Evaluación de la Capacidad Adaptativa del Territorio.....	98
Tabla 35. Discutiendo los beneficios sociales producidos por el cultivo en la Laguna Salada.....	105
Tabla 36. De la selección de los Umbrales Superficiales	107

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas territoriales por modelos de desarrollo	19
Figura 2. El territorio y sus capacidades en la sustentabilidad antropocentista.....	23
Figura 3. El estudio de la vulnerabilidad: Influencias teóricas.....	25
Figura 4. Relación de las líneas de investigación de la vulnerabilidad	35
Figura 5. Factor de análisis en las evaluaciones de vulnerabilidad	46
Figura 6. Cálculos para evaluar la factibilidad económica de la inversión	52
Figura 7. Área de estudio.....	64
Figura 8. Fases metodológicas de la evaluación de vulnerabilidad.....	65
Figura 9. Procesamiento de las imágenes satelitales	67
Figura 10. Interpolación y Reclasificación de imágenes satelitales sobre agua subterránea.....	68
Figura 11. Rendimientos promedio por hectárea.....	72
Figura 12. Evolución anual del AAS en el área de estudio (1984-2020)	75
Figura 13. Oferta de Agua por regiones para 1992 y 2020	77
Figura 14. Variación de AAS (2020-1992)	78
Figura 15. Idoneidad territorial para la expansión datilera en la Laguna Salada	78
Figura 16. Idoneidad territorial según hidrología subterránea.....	79
Figura 17. Idoneidad territorial según características del suelo	79
Figura 18. Zonas ecológicas e idoneidad territorial.....	80
Figura 19. Idoneidad territorial según vegetación	80
Figura 20. Idoneidad territorial del área ejidal	81
Figura 21. Idoneidad territorial por beneficiarios y su disponibilidad de hectáreas.....	81
Figura 22. Idoneidad territorial según distancia y disponibilidad de mano de obra.....	82
Figura 23. Idoneidad territorial según la distancia a insumos, empaque y vialidades.....	82
Figura 24. Delimitación territorial de la Laguna Salada.....	83
Figura 25. Estructura de costos de la Laguna Salada	86
Figura 26. El valor del agua <i>V_{Aguaad}</i> y el costo de regar <i>C_{Riegoad}</i> según escala de producción datilera <i>S_{Sens}</i> y lámina de agua aplicada <i>L</i>	87
Figura 27. La factibilidad de la expansión datilera por indicador clave.....	87
Figura 28. La relación de la TIR con los indicadores claves.....	88
Figura 29. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) por expansión del hectareaje de dátil	92
Figura 30. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) según predios actuales.....	93
Figura 31. Grado de Vulnerabilidad Territorial <i>GVT</i> según hectáreas del agricultor.....	94

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, 2015) 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**

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).

sembrada con palma datilera (*Phoenix Dactylifera L.*) vulnera la capacidad del territorio árido de 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).

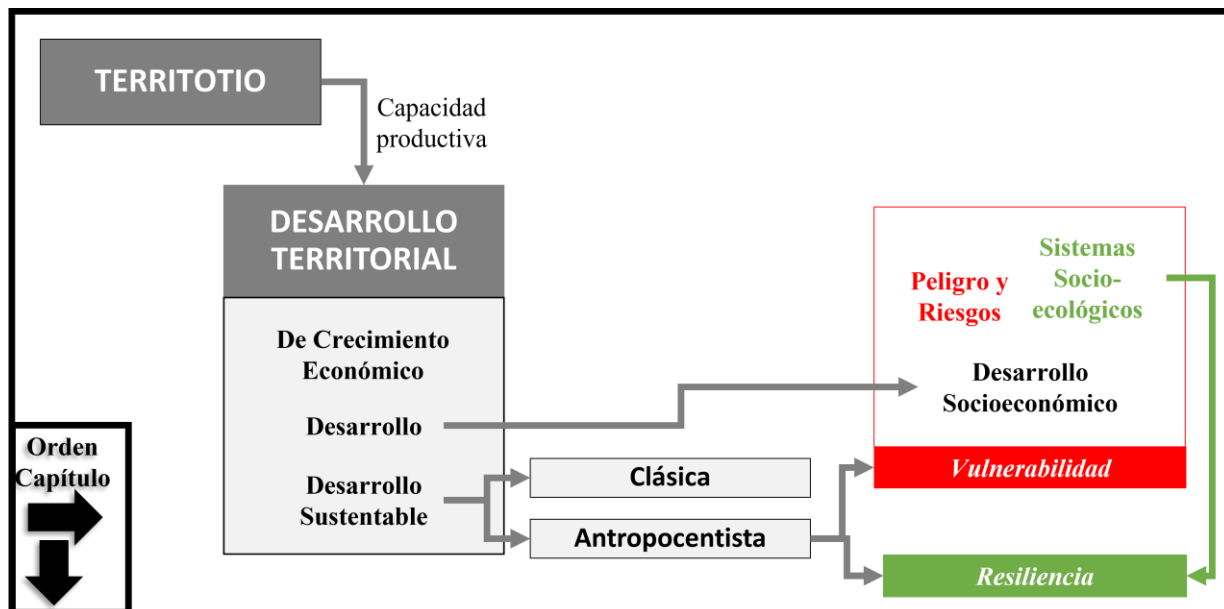
Como el acuífero de la Laguna Salada es uno de los que posee menor cantidad de información hidroagrícola (4 datos de disponibilidad hídrica y 10 datos sobre producción) (CONAGUA, 2015, 2018, 2020a; Nemesio Laguna, 2017), metodológicamente la presente tesis es una investigación exploratoria-cuantitativa 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, finalmente, el séptimo concluye la investigación.

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 capítulo inicia exponiendo los conceptos y antecedentes del Desarrollo Territorial Sustentable porque es el último modelo teórico de desarrollo, el cual está sustentado en los límites de la capacidad productiva territorial. Dicho modelo, 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 llega a exponer cómo es que se gestar el estudio de la vulnerabilidad dentro de los estudios de desarrollo 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 espacio, 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 & Berdegú, 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 fisicalista 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 & Berdegú (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. Aunado a ello, se destaca que los países de origen latino o 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

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

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 después de la crisis financiera de 1930 y continúa hasta la crisis inflacionaria 1972; mientras que 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.

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, a 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).

Figura 1. Etapas territoriales por modelos de desarrollo

	(...- 1758)	(1758-1930)	(1930-1972)	(1972-...)
Modelos	CRECIMIENTO		DESARROLLO*	DESARROLLO SUSTENTABLE
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 Sistemas
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).			

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). *También suele encontrarse como: desarrollo socioeconómico.

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 capital 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 Fridmaniana y de Crecimiento Económico (Romer); con dos escalas diferentes: macro y micro. La combinación de estas resultó en varias teorías, conceptos, modelos, indicadores y determinantes para medir y gestionar el desarrollo (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.

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), Isard (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 de desarrollo que se tiene en la juventud territorial (desarrollo socioeconómico), 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; las cuales 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), 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, el Stockholm Environment Institute 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, es el que le permite 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* (Leach et al., 2018) y *vulnerabilidad del lugar* (Birkmann, 2004, 2006; Turner II, Kasperson, et al., 2003) son su base teórica; 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*.

I.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 sostenible y las actividades de seguimiento de esas conferencias (párr. 11). En sí establece 17 objetivos y 169 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

Objetivo 01. Poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo.
Objetivo 02. Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible.
Objetivo 03. Garantizar una vida sana y promover el bienestar de todos a todas las edades.
Objetivo 04. Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
Objetivo 05. Lograr la igualdad de género y empoderar a todas las mujeres y las niñas.
Objetivo 06. Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
Objetivo 07. Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.
Objetivo 08. Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
Objetivo 09. Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.
Objetivo 10. Reducir la desigualdad en los países y entre ellos.
Objetivo 11. Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
Objetivo 12. Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
Objetivo 13. Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos*.
Objetivo 15. 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.
Objetivo 17. Fortalecer los medios de implementación y revitalizar la Alianza Mundial para el Desarrollo Sostenible.

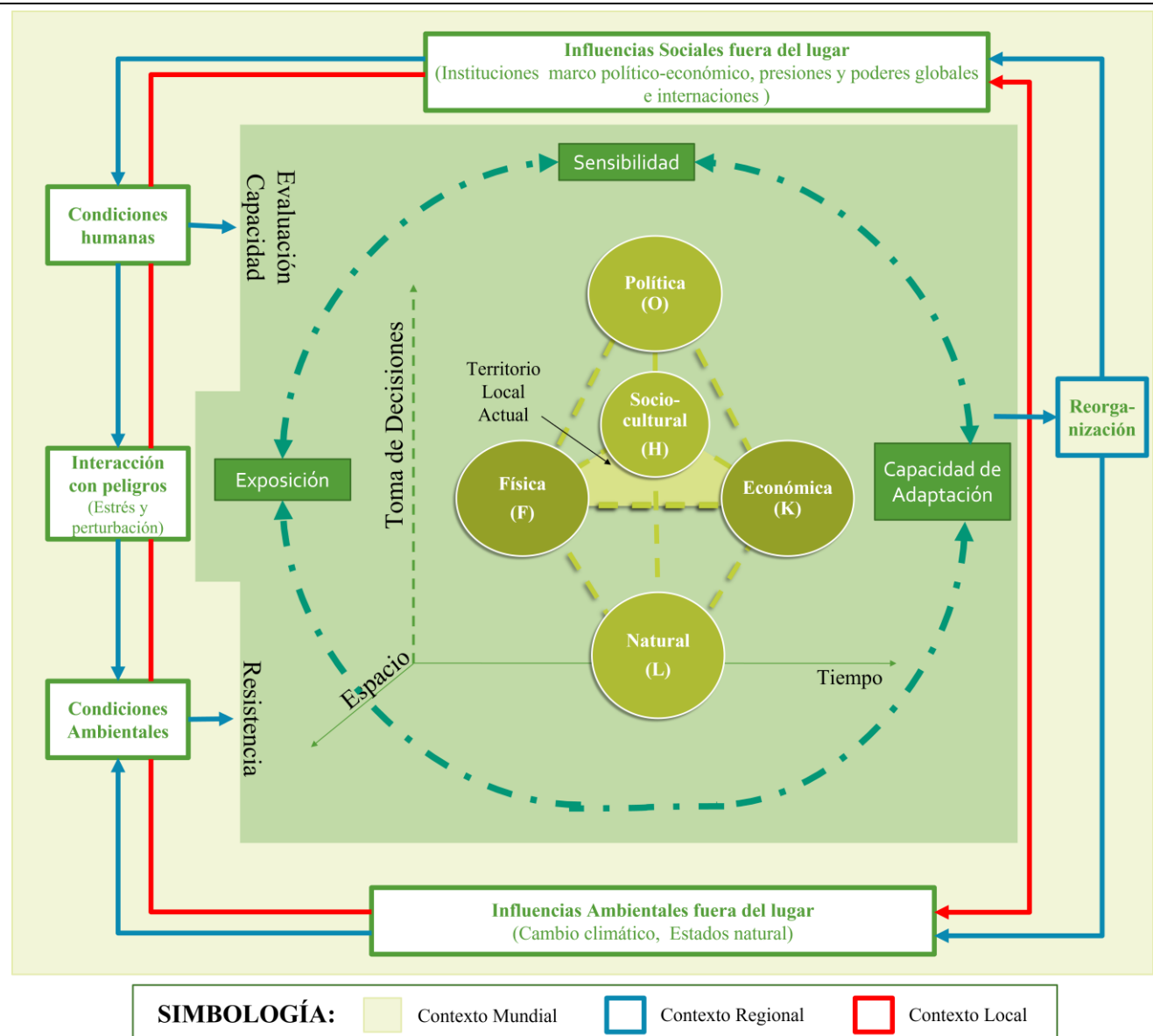
Fuente: ONU (2015b).

I.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 de decisiones deficientes que generan desequilibrios sociales; pero 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 aumentan (perturbaciones) 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 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 por 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 las 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.

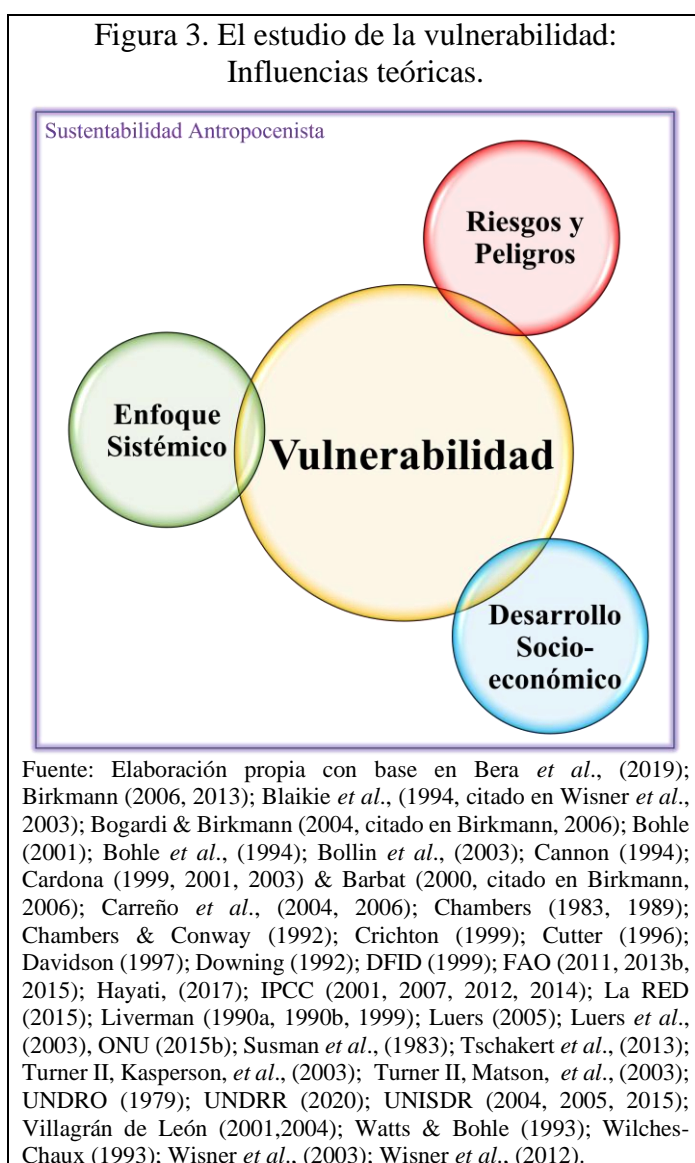
Con base en Sánchez Zamora, et al., (2016), los territorios agrícolas tienden a analizar la resiliencia. De hecho, el ODS 2.4.1 define a la superficie agrícola sustentable como aquella que implementa:

“prácticas resilientes que conducen a: aumentar la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático y otros desastres (fenómenos meteorológicos extremos, sequías, inundaciones, etc.), y mejoren 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, Kasperson, 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.

1.2.- 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 las temáticas como lo son: 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 del verbo *vulnerāre* que quiere decir “herir” y del adjetivo *bilis* que significa “-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? ¿cuándo se dice que el elemento está herido o sufrirá de una lesión? ¿dónde se produjo la lesión?, etc. La Tabla 6 expone las 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, <i>et al.</i> , (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) y Bohle (2001) <i>et al.</i> , (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 - Chaux (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 <i>et al.</i> , (1994) * y Wisner <i>et al.</i> , (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).
IPCC (2001, 2007)	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 <i>et al.</i> , (2003) y Luers (2005)	Grado en que los sistemas humanos y ambientales pueden sufrir daños debido a una perturbación o estrés.
Bollin <i>et al.</i> , (2003)	Factores que representan la susceptibilidad a una amenaza, agrupándola en vulnerabilidades físicas, económicas, sociales y ambientales.
Turner II, Kasperson <i>et al.</i> , (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 contribuya a desarrollarse sustentablemente.
Wisner <i>et al.</i> , (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 <i>et al.</i> , (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 <i>et al.</i> , (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.

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

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.

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 que denominamos tradicional (1980-2003) porque todos 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 (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.

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

Corriente	Autores	Características / aportes
Tradicional	Wilches - Chauv (1993)	Dimensiones de la vulnerabilidad.
	Davidson (1997) y Bollin <i>et al.</i> , (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 <i>et al.</i> , (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 <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> [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 <i>et al.</i> , (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 <i>et al.</i> , (1994)*; Wisner <i>et al.</i> , (2003), Wisner <i>et al.</i> , (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 <u>generan impactos negativos en una localidad específica</u> .

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

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).

1.2.2.2 La vulnerabilidad y el desarrollo socioeconómico

A diferencian de los 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 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 (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 (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 <i>et al.</i> , (1984)	Ver corriente “social-marginalista” y “del lugar” en la Tabla 7.
	Liverman (1990a, 1990b, 1999)	
	Downing (1992) y Dow & Downing (1995)	
	Blaikie <i>et al.</i> , (1994)*; Wisner <i>et al.</i> , (2003), Wisner <i>et al.</i> , (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
Senistas	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 <i>et al.</i> , (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.

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

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).

El primer marco conceptual bajo esta perspectiva lo realizaron: Watts & Bohle (1994), Bohle *et al.*, (1994) y Bohle (2001) pues 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), capacidad de adaptación (Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017) 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 la resiliencia o capacidad de adaptación. Contraria a esta situación, la palabra “umbral” aparece; y hace referencia al enfoque de sustentabilidad y ayuda a la cuantificación de esta. Otros términos que aparecen son la capacidad de adaptación, afrontamiento, adaptación, restauración, respuesta, recuperación y anticipación; las 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.

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

Tabla 9. Líneas de investigación pertenecientes al enfoque sistémico.

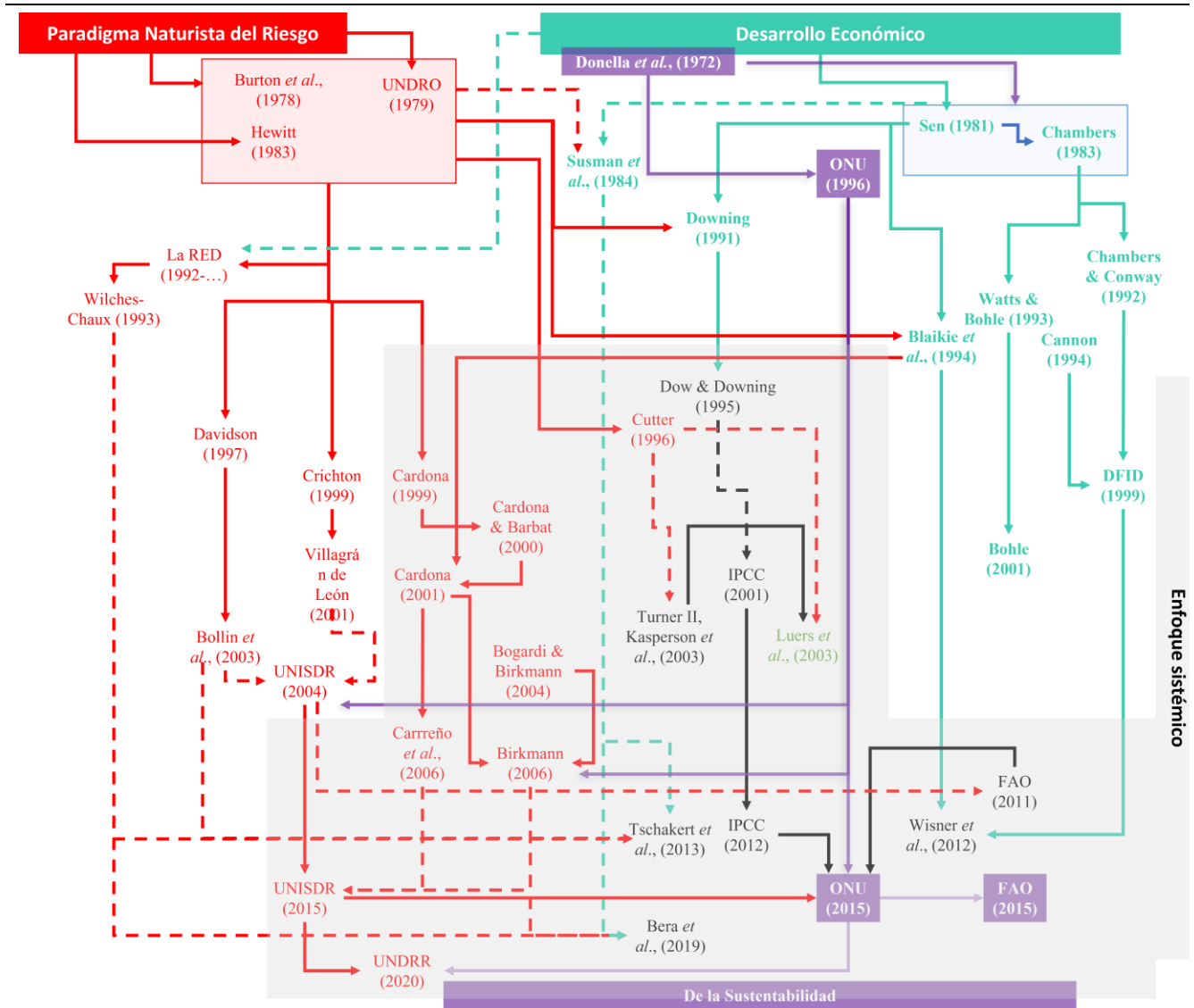
Marco	Autor	Características / aportes
Reducción de riesgos	Bogardi & Birkmann (2004) Birkmann (2006) UNISDR (2004, 2005, 2015), UNDRR (2020), FAO (2011, 2013b, 2015) y IPCC (2012, 2014)	Ver corriente “reducción de riesgos a desastres” en la Tabla 7.
Evaluación de la vulnerabilidad	Luers <i>et al.</i> , (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) en 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 <i>et al.</i> , (2013) Bera <i>et al.</i> , (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 multimetodológico anclado en cuatro bloques de construcción distintos pero conectados: 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 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.

- 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).

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



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 / Marco / 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
1980's		Desarrollo Social			Sen (1981), Chambers (1983, 1989), Susman, <i>et al.</i> , (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, <i>et al.</i> , (1994)*. Chambers & Conway (1992), Downing (1992), Cannon (1994), Dow & Downing (1995), DFID (1999). Watts & Bohle (1993), Bohle (2001; 1994); Bohle <i>et al.</i> , (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, <i>et al.</i> , (2004, 2006). Bogardi & Birkmann (2004). Birkmann, (2006). Villagrán de León (2001, 2004). UNISDR (2004, 2005). Turner II, Kaspersen, <i>et al.</i> , (2003). IPCC (2001, 2007). Eakin & Luers (2006); Luers, <i>et al.</i> , (2003), Wisner <i>et al.</i> , (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 (2015); FAO (2011, 2013a); Wisner, <i>et al.</i> , (2012).	Sistemas en riesgo
2020's				Multidimensional	Tschakert, <i>et al.</i> , (2013); Wisner, <i>et al.</i> , (2016); Bera, <i>et al.</i> , (2019); UNDRR (2020) FAO (2011, 2013b, 2015); ONU (2015b); Hayati, (2017);	Sustentabilidad y Resiliencia. Agentes

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

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.

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.

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).

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 *Intergovernmental Panel on Climate Change* [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 (Birkmann, 2013).

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 el riesgo y 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; EIRD, 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 EV 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 LA 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 EV

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.

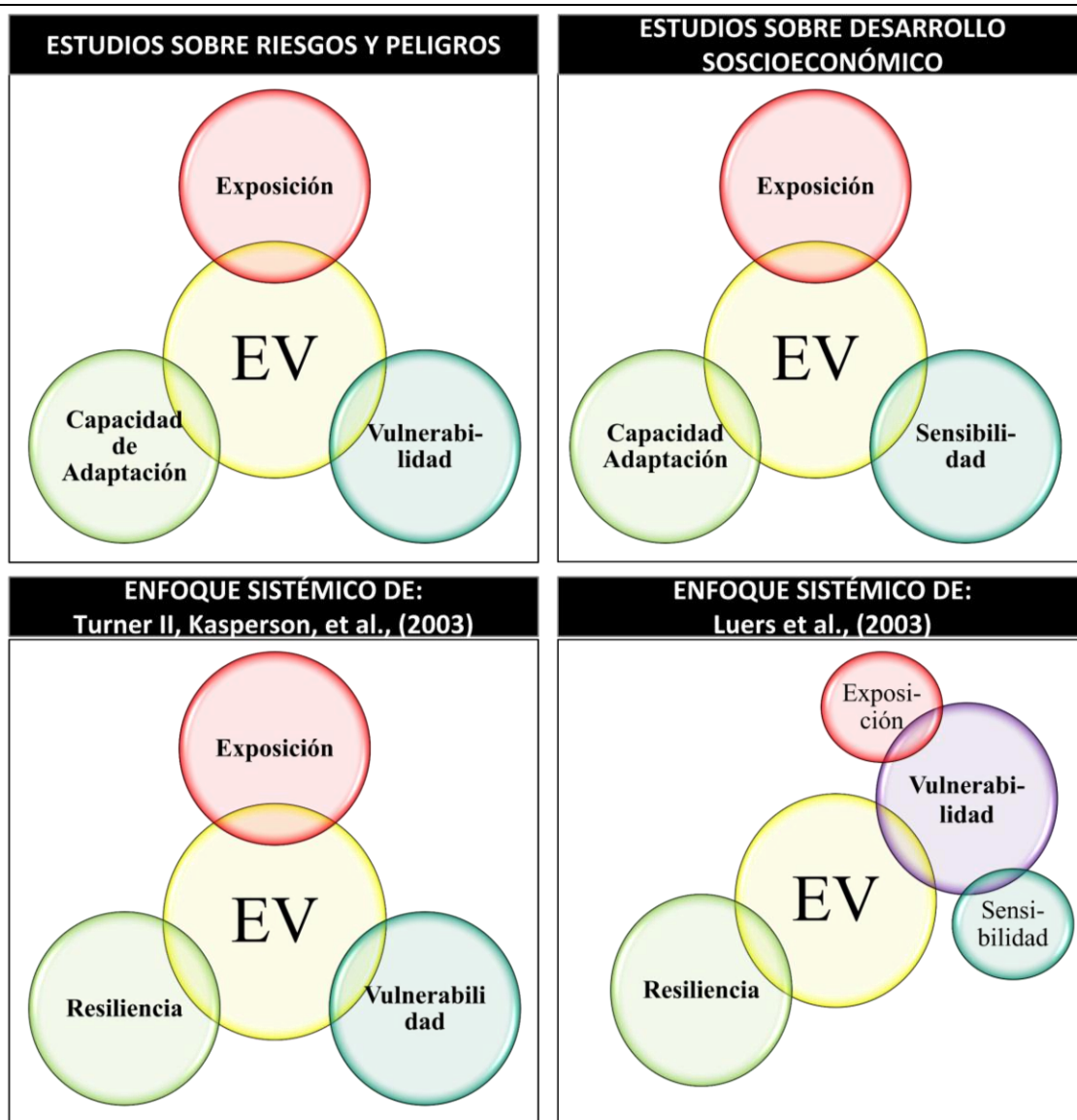
Según Brugère & De Young (2015) lo que se puede evaluar es la vulnerabilidad: de las personas a diferentes escalas (ej. individuos, grupos sociales, hogares, comunidades, provincias, naciones, regiones), de diferentes actividades humanas, de lugares específicos (ej. cuencas, costas bajas, mares cerrados, 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, Kaspersen, *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.

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).

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); 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).

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 representar 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.- De los análisis y métodos de las 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 Gestión.

II.3.1 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). Debido a ello, define lo que: es o será apto, es o será susceptible, corre o correrá algún peligro. Usa imágenes satelitales, cartografía y/o datos georeferenciados, los cuales valora y sobrepone (promedia) y, en algunos casos, reclasifica e interpola datos espaciales. La valoración y reclasificación cartográfica se hace conforme a una escala de idoneidad que define el autor. Se utilizan los Sistemas de Información Geográfica para tal cometido. La Tabla 13 describe la sobreposición e interpolación de datos que se llevan a cabo.

Tabla 13. Técnicas para usadas para el análisis de idoneidad

Técnicas	Tipo	Fórmula	Observaciones
Superposición cartográfica	Ponderada	$f(x) = \frac{(V_1 * P_1) + \dots + (V_n * P_n)}{n}$ <p>donde: V_1 = variable valorada; y P_1 = peso de la variable valorada (de 0% a 100%); n = número de variables.</p>	La asignación de pesos se basa en encuestas de opinión de expertos, procesos jerárquicos analíticos (AHP), análisis de componentes principales (PCA) o clasificación de Pareto (Bera, et al., 2019; MIDEPLAN, 2005).
	Sencilla	$f(x) = \frac{V_1 + \dots + V_n}{n}$ <p>donde: V_1 = variable valorada; n = número de variables</p>	
Interpolación de datos	IDW, Spline, Kriging, Topo a Raster	<p>Todas las interpolaciones parte del algebra lineal:</p> $y = y_1 + \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}(x - x_1)$ <p>donde y = punto buscado, (x_1, y_1) es la coordenada del punto conocido 1; (x_2, y_2) es la coordenada del punto conocido 2; x punto a en el eje de coordenadas X. Sin embargo</p>	Calcula valores entre dos puntos. 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.). Toda interpolación tiene un error pues es una predicción. Varios autores han determinado que para el análisis de agua subterránea es recomendable la interpolación de <i>Kriging</i> , no obstante todo dependerá de las características de la información disponible (Chen et al., 2013; Mirzaei & Sakizadeh, 2016; Sun et al., 2009; Xiao et al., 2016).

Fuente: Elaboración propia con base en Bera, et al., (2019), Chen et al., (2013), ESRI (2016), Fick & Hijmans (2017), MIDEPLAN (2005), Mirzaei & Sakizadeh (2016), Sun et al., (2009), Xiao et al., (2016)

II.3.2 Diagnóstico situacional

Diagnóstico situacional tiene como propósito exponer la situación actual del territorio. Debe incluir las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del territorio asociadas a aspectos económicos, sociales y ambientales. Este generalmente se lleva a cabo por medio de encuestas e/o información secundaria disponible. Puede ser 100% descriptivo o incluir un análisis FODA del territorio. Cuando se realiza un análisis FODA se pueden desarrollar estrategias para modificar una situación, sobre todo si se acompaña de una Matriz de Posición Estratégica (MPE) y una Matriz de Riesgos e Impactos (MRI).

La MPE identifica la fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza con mayor peso y permite generar estrategias con base en ellas. Las estrategias se pueden graficar en un plano cartesiano lo que les permite a los administradores seleccionar aquella más atractiva. La MRI señala qué tan pertinente es la estrategia en función del riesgo (alto-bajo) e impacto generado (probable-improbable). Tanto el análisis

FODA y el análisis FODA extendido (incluye MPE, MRI) se ponderan según expertos u opinión del autor.

II.3.3 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.3.3.1 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). Debido a ello, es posible modelar 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

Hace uso de la ecuación (1) y (2) para obtener sus resultados:

$$\mathbf{Max} \mathbf{IN}_i = \mathbf{P}_i \mathbf{Q}_i(\mathbf{R}, \mathbf{E}) - \mathbf{C}_i(\mathbf{Q}_i, \mathbf{R}, \mathbf{E}) \quad (1)$$

$$\mathbf{V}_{tierra} = \int_0^{\infty} \mathbf{IN}_t^* e^{-rt} dt \quad (2)$$

donde: \mathbf{IN} = ingreso neto, \mathbf{P}_i y \mathbf{Q}_i = precio y la cantidad del producto i ; \mathbf{C}_i es la función de costos; \mathbf{R} = vector de insumos; \mathbf{E} = vector de características medioambientales, incluidas las condiciones climáticas; \mathbf{V}_{tierra} = valor de la tierra en términos.

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.3.3.2 Evaluación de la factibilidad de la inversión

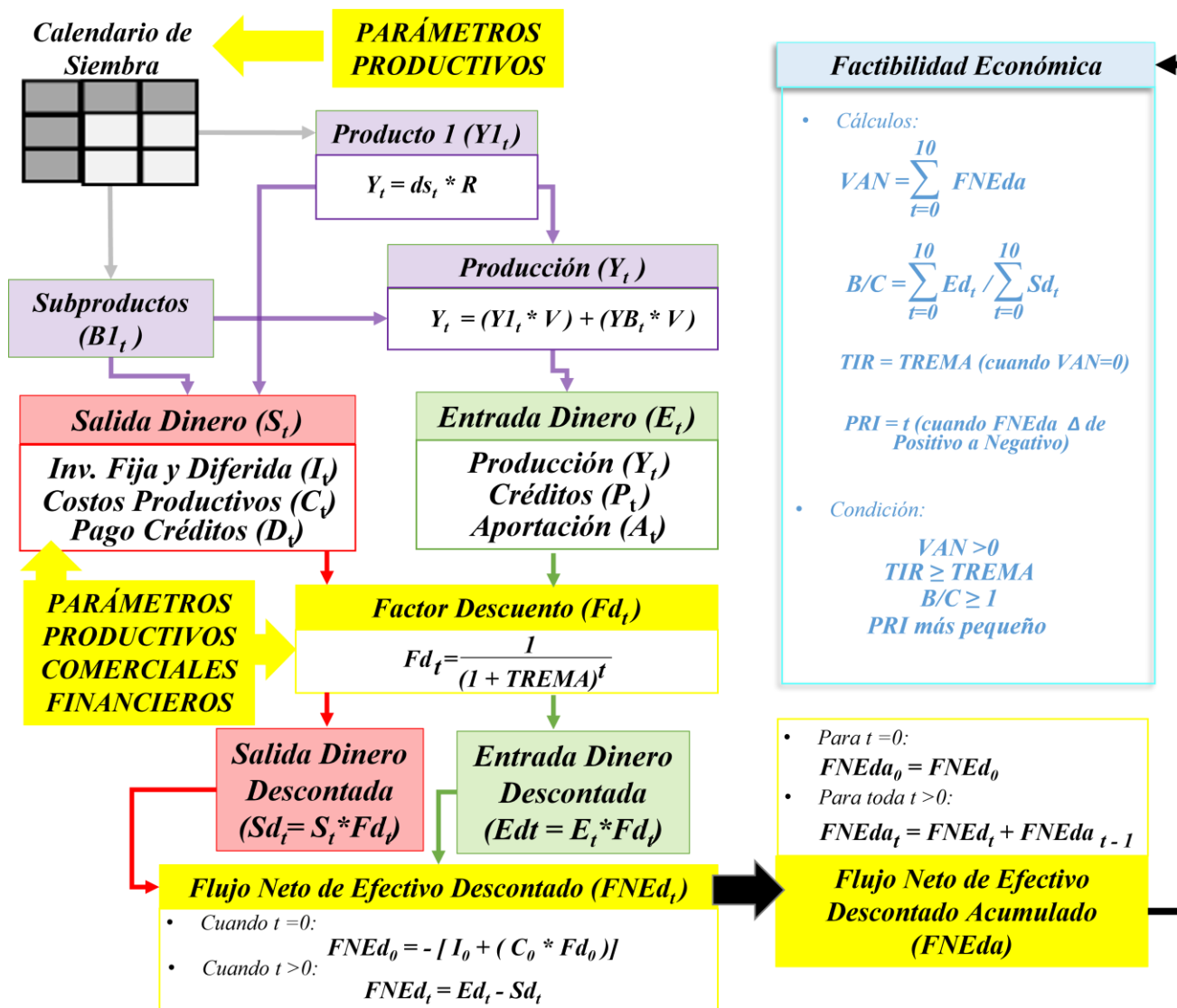
Ante toda inversión, existe un riesgo de perder el patrimonio. Debido a ello, se analiza la pertinencia de invertir mediante una evaluación de la factibilidad de la inversión. Lo que se evalúa son los flujos de efectivo que generará el nuevo proyecto a través de indicadores financieros como lo son: la VAN (Valor Actual Neto), la TIR (Tasa Interna de Retorno), la relación B/C (Beneficio/Costo) y el PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión).

Puede determinar el tamaño óptimo de la planta / granja y determinar qué inversión es la más adecuada de una cesta de proyectos productivos; sin embargo, sus principales limitantes pueden ser: que se desarrolla a nivel granja; determina el tamaño óptimo de la planta / granja en función de los flujos de efectivo a generar; regularmente determina de la inversión adecuada en función de los indicadores financieros; algunos parámetros productivos son determinados por libros de texto en vez de análisis de la actividad productiva de la granja (ej. láminas de riego, densidad de siembra, rendimientos agrícolas); y es un análisis prospectivo de parámetros de producción, comercio y finanzas.

Llega a acompañarse de un análisis de la sensibilidad de la inversión para señalar el riesgo que existe de invertir. El riesgo se mide modificando un parámetro productivo, comercial y financiero (ej. tasa de interés, inflación) base y analizando su cambio en: la TIR y VAN, o alguna variable del sistema productivo de interés (ej. Empleo, Crédito, B/C, PRI, etc.).

La Figura 6 expone las ecuaciones que toda evaluación de la factibilidad de la inversión contempla. Los parámetros productivos comerciales y financieros se obtienen de un análisis prospectivo de: oferta y demanda de productos y subproductos, tasas de interés, tipo de cambio e inflación; mientras que los parámetros productivos dependen de encuestas a la administración de la granja (en el mejor de los casos) e información secundaria.

Figura 6. Cálculos para evaluar la factibilidad económica de la inversión



Nota. La TREMA se define en función a la tasa de interés, la inflación y un porcentaje de premio al riesgo. Fuente: Elaboración propia. t = año, ds = densidad de siembra, R = Rendimiento agrícola (ej. Kg/ha), V=Precio de Venta, TREMA = Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable.

II.3.4 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; la existencia, implementación y condiciones de los planes estratégicos que contemplan el componente de gestión del riesgo (Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017).

Una versión de este análisis utiliza el método *check list* y otra asigna un peso según la cualidad que se presente, su impacto y su importancia en el estudio.

II.4.- 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 16 expone las características específicas de cada una de ellas.

Tabla 14. EV según sus características

Tipo de EV	Clasificación	Características
Temporalidad	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	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. En este sentido, tienden a ser investigaciones espaciales. Su filosofía está siendo utilizado por la UNDRR [<i>UN Office for Disaster Risk Reduction</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 (FAO, 2011). Las principales críticas a este enfoque han estado relacionadas con 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 señalan que 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 dinámica (lo que es vulnerable en un período no es necesariamente vulnerable en el próximo período) y el grado y la gravedad de la vulnerabilidad.

EV Integral	<p>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.</p> <p>La principal crítica a esta línea de investigación se centra en que, la mayoría de las EV, 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.</p>
-------------	--

Fuente: Elaboración propia con base en Adger (2006), Birkmann (2006,2013), Brugère & De Young (2015), Cardona (2001), Chambers & Conway (1992), DFID (1999), Dolan & Walker (2006), Eakin & Luers (2006), FAO (2011), Füssel (2007), Luers et al. (2003).

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 15). 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 15. Diferencias entre las evaluaciones de vulnerabilidad según marco de vulnerabilidad

Tipo EV	Marco	Dimensión de análisis			DS	Concepto de Capacidad
		E	S	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%	

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, Kaspersen, et al., (2003), UNISDR (2015a, 2015b), Villagrán de León (2004), Wilches-Chaux (1992) y Wisner et al., (2004). X = Se estudia, O = Está presente indirectamente, A= Algunas obras. V= Definición de vulnerabilidad.

II.5.- 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, etc., (CAR & Universidad de Colombia, 2018; Heidari et al., 2021; INECC, 2019; Mazumdar & Kumar Paul, 2017; Vera Rodríguez & Albarracín Calderón, 2017),
- analizar la vulnerabilidad de ecológica para uno o varios ecosistemas (Boori et al., 2022; Cai et al., 2021; He et al., 2018; 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; Vallejo-Ilijama et al., 2021);
- ser investigaciones exploratorias preocupadas por el desarrollo regional (Angélieaume-Descamps et al., 2015; Barbier, 2015; Liddell, 2015).

Generalmente, 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.5.1.1 EV más recientes por región o país

En la región productora de dátil en el 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 (Angélie-Descamps et al., 2015; CAR & Universidad de Colombia, 2018; INECC, 2019). Son investigaciones preocupadas por el desarrollo regional. Pueden ser exploratorias, antropológicas y sociales (Angélie-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 *Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [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.5.1.2 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.

CAPÍTULO III.

CASOS DE ESTUDIO 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 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	$V = \frac{VE + VF + VCA}{3}$	$V = E + S - CA$	$V = f\left(\frac{ \partial W / \partial X }{W/W_0}\right)$ $V = \int \left(\frac{ \partial W / \partial X }{W/W_0}\right) P_x D_x$ $A = V_e - V_m$ $V_{min} = V - A$
	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	V es la vulnerabilidad, E es la exposición, S es la sensibilidad y CA es la capacidad de adaptación	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.
Variables	Exposición por: Tipo de ecosistema, infraestructura disponible, sistemas de producción, población. Fragilidad: física, socioeconómica, ambiental, institucional, conflictos por 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.	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 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	Análisis histórico de precios, precipitación, clima y producción triguera.

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

III.2.- Estudios sobre palma datilera relevantes

En la Tabla 17 se presentan las características de los estudios sobre palma datilera y que utilizaron algún tipo de análisis de vulnerabilidad.

Tabla 17. Estudios relevantes sobre palma datilera

	Shabani et al., (2016)	Alabdulkader et al., (2016)	SEFOA (2016)	SEDAGRO (2016-2019)	Martínez Vieyra (2012)	Nemesio Laguna (2017)
Objetivos	Identificar áreas que conservan la sustentabilidad (2016-2100)	Sensibilidad de la producción a la reducción del volumen hídrico	Optimización de la producción	Priorización de proyectos	Evaluar viabilidad para expandir la superficie productiva	Evaluar viabilidad para establecer un empaque datilero
Disciplina	Agroclimáticos			Económico - Agrícola		
Área de Estudio	Irán	Regiones de Arabia Saudita.	Valle agrícola de Mexicali	Valles agrícolas de Baja California	Granjas de la Laguna Salada	
Relevancia	Para no ser una EV incluye Sensibilidad y Exposición. Estudio prospectivo de cambio climático. Factores de análisis de idoneidad productiva.	Resultados. Relaciona escala de producción con limitantes de agua y comercio pujante. El territorio estudiado es el segundo productor mundial de dátil	SEDAGRO (2016-2019) + Resultados.	Fuente de información para análisis de la capacidad adaptativa. El territorio estudiado se encuentra en la principal zona de producción datilera de américa	Proporciona Estructura productiva de la Laguna Salada, Determina la superficie óptima en función de la factibilidad a nivel granja	Actualización de la Estructura productiva de la Laguna Salada.
Críticas	Indicadores financieros solo son representativos dentro de los primeros 20 años de evaluación. No incluye una medida de disponibilidad de agua a pesar de que el país ostente una alta escasez hídrica.	No estudia la sustentabilidad de la escala de producción señalada. Escala de análisis	Escala de análisis. Objetivo diferente. Incluye Múltiples. Superficie homogénea.	Escala de análisis. Objetivo diferente. Incluye Múltiples cultivos y territorios. Superficie homogénea	La factibilidad está en función de las variaciones de indicadores financieros. No añade ningún indicador de oferta de agua.	Objetivo. La factibilidad está en función de las variaciones de indicadores financieros. No añade ningún indicador de oferta de agua.
Análisis de EV	Análisis prospectivo de idoneidad	Análisis de sensibilidad	Análisis productivo de sensibilidad		Factibilidad de la inversión	
Resultados	0.01% de la superficie es natural y económicamente factible	Ahorrar un 1% de agua, = reducir la superficie sembrada en un 4%.	Dados los precios sombra alcanzados, se debe incrementar la superficie datilera	Apoyar la cadena datilera en la Laguna Salada y su desarrollo (socioeconómico)	Viable	Viable
Variables	datos climáticos, sobre suelo, clima ideal para enfermedades, rendimiento financiero	Balanza comercial datilera, precipitación, requerimientos hídricos/ha, Rendimiento agrícola, Producción.	Requerimientos hídricos/ha, Mano de Obra, Tecnología de riego. Precios sombra	Ver anexo X	Ver variables citadas en Tabla 21	Ver variables citadas en Tabla 21 + variables específicas de empaque

Fuente: Elaboración propia.

III.3.- Otros estudios relevantes sobre territorios datileros

En los territorios datileros, las investigaciones datileras 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.

Por otra parte, el estudio de la FAO (2008) es relevante porque recopila la 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.

III.4.- Estudios sobre estimaciones de agua subterránea

Ante los escasos datos sobre agua subterránea y lo costoso que resultan las investigaciones in situ, estudios internacionales utilizando 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). Sin embargo, el requisito para utilizar imágenes GRACE es analizar un área de estudio de al menos 200.000 km² ya que trabaja con resoluciones de 1° y 0.5° (Ouma et al., 2015; Scanlon et al., 2015). Debido a ello se combina con las imágenes del GLDAS cuya resolución es de 0.25° (Ouma et al., 2015). Li et al., (2019) encuentran que la combinación de ambas imágenes mejora la estimación del agua subterránea en un 36% a nivel regional y un 10% en una escala específica que sin combinarlas.

Cabe 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 datos GLDAS están disponibles públicamente en cuatro versiones/modelos² 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* (GWS) a través de restar al *Almacenamiento de Aguas Terrestres* (TWS), la *Humedad de Suelo en la Zona Raíz* (RSM), el *Equivalente de Agua de Nieve* (SWE) y la *lluvia interceptada por los árboles* (CI) (ver ecuación 1)

$$GWS = TWS - RSM - SWE - CI \quad (3)$$

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

² 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.

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 hasta diez veces más pequeñas, 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 el Tabla 13 del presente documento.

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. Metodológicamente es una evaluación de la vulnerabilidad, la cual se divide en tres fases metodológicas tal como sugiere Tschakert et al., (2013). Estas fases son: Exposición, Fragilidad y Capacidad de Adaptación. La información utilizada para analizarlos es información 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 tiene de los acuíferos datileros de la principal zona datilera 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 bloque metodológico.

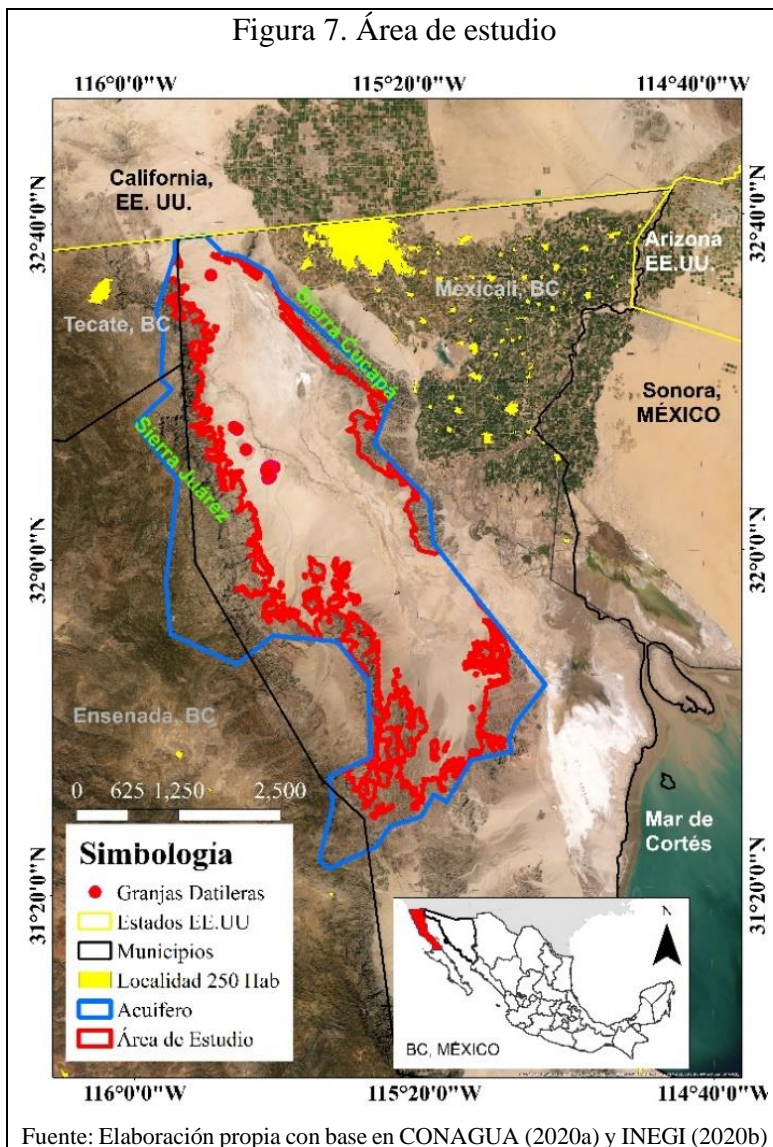
IV.1.- La Laguna Salada: el área de estudio

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 Cucapá y al oeste con la Sierra Juárez (ver Figura 6. Área de estudio). Su estación meteorológica se encontraba ubicada en las coordenadas geográficas 32° 13' N y 115° 41' O, casi al centro del acuífero.

Su territorio es parte de la región productora que genera el 99% del dátil en América (Concados de: Coachella, Indio y Yuma en EE. UU.; y los municipios mexicanos de: Mexicali y San Luis Río Colorado Sonora). Depende en un 100% del agua subterránea para cualquier actividad humana (CONAGUA, 2020a). Su acuífero (0209) se ubica 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 (CONAGUA, 2020a).

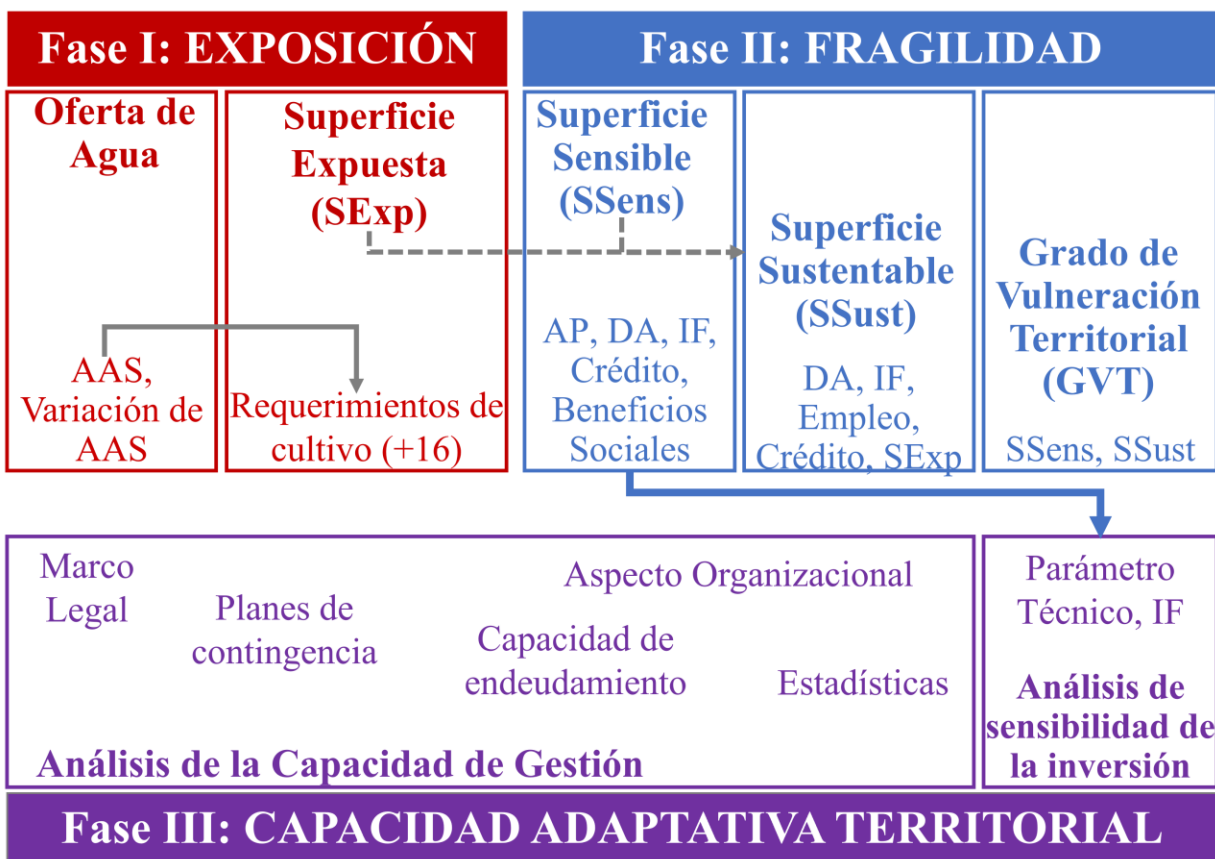
Eliminando la zona de serranías de la extensión del acuífero, su extensión territorial es de 3,370 Km². La densidad de población es menor o igual a 0.0017 (no se puede saber por protección de datos) (INEGI, 2020a), la cual depende de su única actividad productiva: el cultivo datilero. Las extracciones de agua llegan a los 17.9 hm³/año (CONAGUA, 2020a). El número total de productores datileros es de 28. La superficie actual de palma datilera se aproxima a 93.86 hectáreas.



2.2 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 8).

Figura 8. 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.- Fase I: De la Exposición del Territorio

La Exposición del Territorio mide la idoneidad de la superficie para expandir la superficie datilera y describe las variables incluidas debido a que entre más idónea una superficie más vulnerable se encuentra. Dadas la escasez de información hidrológica de la Laguna Salada incluye un *análisis espacio-temporal de la Oferta de Agua (OA)* con imágenes satelitales de la NASA. Como en 1984 inicia el periodo neoliberal en México, el periodo de análisis de las imágenes satelitales fue de enero de 1984 a Diciembre de 2020. Las fuentes de información necesarias para esta fase son capturadas por la Tabla 18.

Tabla 18. Información necesaria para la FASE I

Base de datos (Periodo descarga)	Variable	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	n/a	n/a	n/a	Estadísticas
	Número de hectáreas por familia	n/a	n/a	n/a	
	Proporción de área ejidal dentro del acuífero	n/a	n/a	n/a	

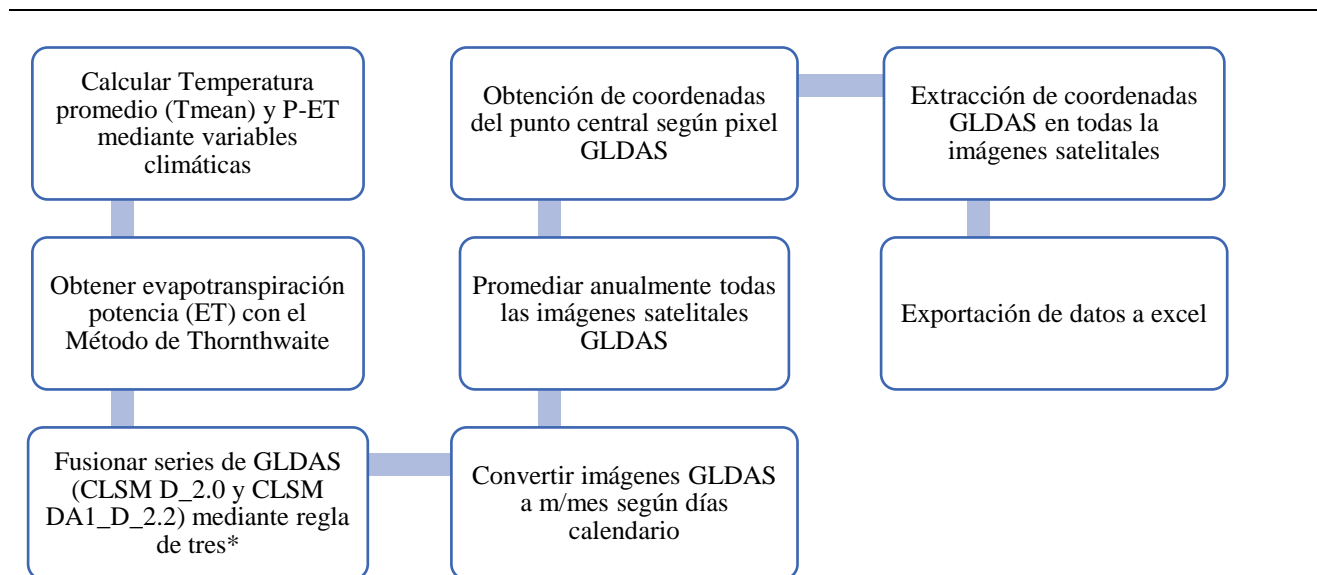
Nota. GLDAS-CLSM está disponible en <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> y su fuente oficial es: Li et al., (2018, 2020). WorldClim está disponible en <https://www.worldclim.org/data/index.html> y su fuente oficial es: Fick & Hijmans (2017) y Harris et al., (2014). Información de INEGI (2013) es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

IV.2.1 Procesamiento de imágenes satelitales

Por las características de las imágenes satelitales se tuvo que realizar un procesamiento de la información, el cual se describe en la Figura 9. Cabe señalar que, el AAS Almacenamiento de Agua

Subterránea se estima a través de variables y parámetros físicos por lo que no incluye extracciones de agua (Rui & Beaudoin, 2020).

Figura 9. Procesamiento de las imágenes satelitales



Fuente: Elaboración propia.

IV.2.2 Del análisis de la oferta de agua (OA)

El **análisis de la Oferta de Agua (OA)** tiene como objetivo identificar el año con mayor acumulación de agua, determinar el volumen de agua disponible para producir en 2020 y 2030, identificar que variables modifican el volumen de agua y determinar las zonas con mayor almacenamiento de agua y las que más han variado tal almacenamiento respecto al año de mayor acumulación. La ecuación (4) se utilizó para estimar la oferta de agua anual disponible para producir:

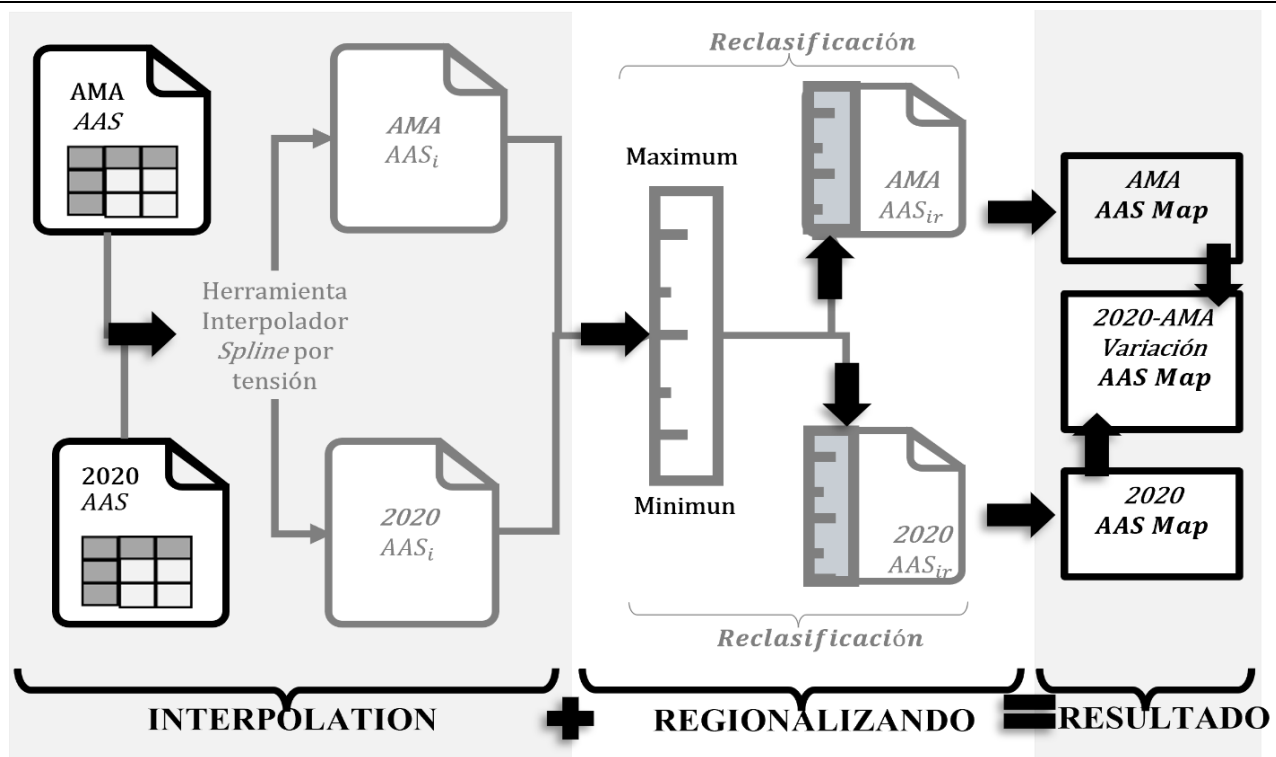
$$OA = AAS * Sup_{LS} * 0.25 \quad (4)$$

donde OA es la oferta de agua anual disponible para producir, AAS es el espesor de almacenamiento de agua subterránea anual en 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 OA del 2030 dependió de encontrar la mejor recta de regresión lineal para el AAS usando las imágenes satelitales de la NASA desde 1984-2020 y proyectar los valores y sustituir los valores en la ecuación (4).

Para identificar las variables que modifican el volumen de agua se realizó regresiones lineales entre AAS y las posibles variables explicativas: AAT, HSR, Temperatura Media (Tmean), P, ET, P-ET.

Determinar las zonas con mayor variación de agua y las de mayor acumulación agua 2020 dependió de llevar a cabo una interpolación de datos espaciales con la herramienta de *Spline* de ArcGIS (dado que era la única herramienta que generaba mapas coherentes y se cumplía con todos los requisitos que el software pedía) y reclasificar las imágenes resultantes para comparar la evolución superficial de los volúmenes de agua. El proceso de interpolación-regionalización queda descrito en la Figura 10, mientras que el cálculo de la variación de agua depende de restar los mapas interpolados de 2020 con el de mayor acumulación de agua. Para ambos procesos se requirió de usar el software ArcGIS.

Figura 10. Interpolación y Reclasificación de imágenes satelitales sobre agua subterránea



Fuente: Elaboración propia. AAS = Almacenamiento de Agua Subterránea, AMA = Año de mayor acumulación de Agua Subterránea, AAS_i = Mapa interpolado de almacenamiento de agua subterránea, AAS_{ir} = Mapa interpolado y regionalizado de almacenamiento de agua subterránea.

IV.2.3 Del análisis de idoneidad territorial

El análisis de idoneidad territorial requirió de promediar 18 ráster clasificados por idoneidad en la calculadora de ArcGIS y, posteriormente, delimitar su tamaño en kilómetros. La Tabla 19 muestra los términos en los que se clasificó cada ráster.

Tabla 19. Clasificación de ráster para analizar la idoneidad productiva de la Laguna Salada

Variab les	Alta (7)	Media-Alta (5)	Media-Baja (3)	Baja (1)	Nula (0)
1. AAS 2020 (m/mes)	Entre 188.3 y 208.9	Entre 168.1y 188.3	Entre 145.8 y 168.1	Entre 127.6 y 145.8	
2. Variación AAS (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	
3. Zona de Humedales	No existencia			Existencia	
4. Zona de Inundación	No existencia			Existencia	
5. Edafología	ver Tabla 20				
6.1 Uso de Suelo	Agropecuaria			EFF	
6.2 Vegetación por grandes grupos	No aplicable	Vegetación inducida	VH y MX	OTV	
6.3 Tipo de Vegetación	Sin vegetación aparente	(los demás tipos de vegetación)	VG, VHH, PI	OTV	
6.4Características de la Vegetación	No aplicable	Secundaria	Primaria	No disponible	
7. Zona Arenosa	Arena			Dunas	No Aplica
8. Pendiente (Grados)	Menor a 10			Mayores a 10	
9. Área Ejidal	Ejidal			No Ejidal	
10. Tenencia de la tierra	Zona parcelada	Tierras de uso común	Asentamiento humano	No Ejidal	
11. Beneficiarios ejidales****	Entre 40 y 83	Entre 10 y 40	Hasta 10	Sin beneficiarios	No Ejidal
12. Disp. Sup. Crecer (Ha / Beneficiario / ejido)	De 1288 a 1979	Entre 119 y 899	Entre 35 y 51.6	Sin disponibilidad	
13. Disp. Mano Obra*(Hab.)	Igual a 12557	Entre 3366 y 3533	Igual a 1836	Igual a 176	No Ejidal
14. Dist. Mano Obra* (Km)	Menor que 10	Entre 10 y 20	Entre 20 y 40	Mayor a 40	
15. Dist. Insumos** (Km)	Menor a 10	Entre 10 y 62	Entre 62 y 100	Mayor a 100	
16. Dist. Empaque (Km)	Menor que 10	Entre 10 y 20	Entre 20 y 40	Mayor a 40	
17. Dist. Caminos (Km)	Menor a 5	Entre 5 y 10	Entre 10 y 25	Mayor a 25	
18. Dist. Carreteras (Km)	Menor a 10	Entre 10 y 20	Entre 20 y 40	Mayor a 40	

Nota. Vegetación será el promedio de las capas de la 6.1 a la 6.4. Fuente: Elaboración propia con base en (INEGI, 2020b; Li et al., 2018, 2020; RAN, 2022a, 2022b). *Localidad Cercana, **Centro de población cercano a la ciudad de Mexicali, ****Según título de propiedad. 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

En el caso del ráster de *Edafología*, se utilizó la información de la Tabla 20 para calcular su calificación.

Tabla 20. Clasificación del ráster de Edafología

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

Nota. El 60% y 20% tienen que ver con la composición del suelo según INEGI. Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2020b) y Shabani et al., (2016).

Para tal clasificación se adecuaron las características del cultivo según la información disponible, el estudio de Shabani et al. (2016) y las características de la zona. La variable climatológica no se contempla porque 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). La variación de temperatura, humedad de suelo, estrés por frío y calor, viento y acumulación de estrés por calor fueron sus variables analizadas. Tampoco se contempla el riesgo de una enfermedad letal causada por *Fusarium oxysporum f. spp.* debido a la indisponibilidad de datos.

IV.3.- Fase II. De la Fragilidad Productiva del Territorio

El estudio de la fragilidad realizado por esta investigación depende de estimar y evaluar la ecuación (5) para distintas escalas de producción:

$$GVT = \left(\frac{S_{total}}{SSust * P} - 1 \right) * 100 = \left(\frac{SSens_{media} * P}{SSust * P} - 1 \right) * 100 \quad (5)$$

donde:

$$SSens_{media} = \frac{S_{total}}{P} \quad (6)$$

donde: *GVT* es el grado de vulnerabilidad territorial que se obtiene de expandir la superficie sembrada de palma datilera en el área de estudio; *S_{total}* es la superficie productiva establecida en la Laguna Salada; *P* es el número de productores datileros en el área de estudio; *SSens_{media}* es la escala de producción por *P* promedio; *SSust* es la escala de producción que el productor debe ostentar para producir el menor impacto al ecosistema, los mayores beneficios sociales y la mayor rentabilidad posible.

La superficie para expandirse estará dada por la ecuación (7), mientras que el grado de vulneración territorial por tamaño de predio y por el agricultor serán obtenidos mediante la ecuación (8) y (9), respectivamente.

$$SCreecer = SSust - SSens_{media} \leftrightarrow SSens_{media} < SSust \quad (7)$$

$$GVT_{predio} = \left(\frac{SSens_{predio}}{SSust} - 1 \right) * 100 \quad (8)$$

$$GVT_{Agri} = \left(\frac{SSens_{Agri}}{SSust} - 1 \right) * 100 \quad (9)$$

donde: *SCreecer* es la superficie para acrecer; *SSust* es la escala de producción que el productor debe ostentar para producir el menor impacto al ecosistema, los mayores beneficios sociales y la mayor rentabilidad posible; *SSens_{media}* es la escala de producción promedio por P, *SSens_{predio}* es la escala de producción promedio por predio, *SSens_{Agri}* es la escala de producción del agricultor, *GVT_{predio}* es el grado de vulneración territorial por tamaño de predio, *GVT_{Agri}* es el grado de vulneración territorial por el número de hectáreas que posee el agricultor.

Si *SSens_{media}*, *SSens_{predio}* o *SSens_{Agri}* > *SSust* entonces la *SSens* vulnerará el territorio. Si *SSens_{media}*, *SSens_{predio}* o *SSens_{Agri}* < *SSust* entonces el territorio aun será resiliente y puede o no estar estresado.

Por tanto, resolver la ecuación (5) dependerá de analizar las diferentes *SSens* y estimar *SSust*. Las fuentes de información necesarias se encuentran descritas en la Tabla 21.

Tabla 21. Fuentes de información para la Fase II

Actividades	Variables	SubVariables por necesitar	Fuente
Análisis de <i>SSens</i>	Variables productivas	Parámetros productivos: Palmas por hectárea, % Mortandad Hijuelos, Hembras/Macho, Hijuelos/Palma/10años, Uso de Fertilizantes, Precio Jornal, Precio Real Medio de Diesel	Al-Khayri 2015 et al., (2015a, 2015b)
Estimación de <i>SSust</i>	VAN, PRI, Beneficios sociales,	2017-2020, Rendimiento de combustible de la unidad, Carga que soporta la unidad transporte, Precio por kilogramo de dátil, Precio del hijuelo vendido, Tipo de cambio, % Apoyo gubernamental, % Aportación Socios, Tasa de Rendimiento	CONAGUA (2015, 2018, 2020b, 2020a), FAO (2008), FIRA (2020), INEGI (2020a, 2020c, 2020b), Jain et al., (2011, p. iv),
Cálculo de GVT	Demanda de Agua.	Mínima Aceptable para invertir (TREMA), Número de productores en el área de estudio, Rendimientos (Kg/Ha).	Martínez Vieyra (2012), OEIDRUS-BC (2013), ONU (2015b), RAN (2022b), SADER (2018b, 2018a, 2019b),
Evaluación de GVT		Fletes a insumos. Inflación. Rendimientos productivos (promedios ajustados). Superficies Sembradas por productor. Costos relacionados con agua. Demanda de Agua. Beneficios sociales que produce el cultivo en las zonas de producción. Flujos Netos de Efectivo Ajustados y descontados	Sánchez Ortega (2021), SEDAGRO (2018c, 2018a, 2018b), SEFOA (2014), SEGOB (2020c).
		Calendario de siembra, Requerimientos de Inversión, Lámina de Agua (EE.UU. y Mexicali),	

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.1 Herramientas y cálculos necesarios

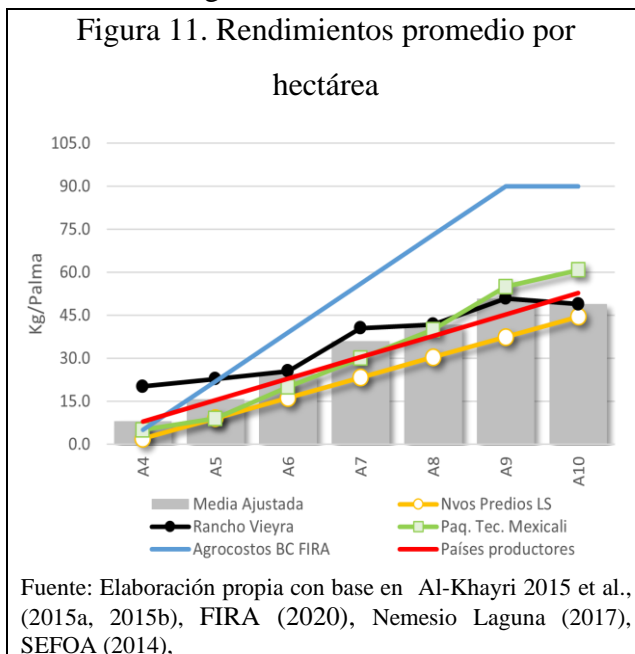
IV.3.1.1 La Memoria de Cálculo Datilera Actualizada

A excepción de los beneficios sociales y cálculos sobre demanda de agua, las subvariables a necesitar se obtienen de la actualización de la *Memoria de Cálculo Datilera (MCD)* de Vieyra Martínez (2012).

La MCD actualizada supone que:

- los rendimientos por hectárea son una media ajustada de los obtenidos en por el productor más viejo 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 Figura 11).
- el empaque de la Laguna Salada puede recabar toda la producción de su territorio;
- los precios se mantienen constantes durante diez años (periodo de evaluación de proyectos de dátil en Baja California);
- no hay apoyo gubernamental y la aportación social es el 15% de la inversión;
- el valor del crédito dependerá de mantener como flujo de efectivo mil pesos anuales, los créditos se terminan de pagar hasta el año 10;
- la unidad de transporte: tiene un rendimiento de combustible de 14Km/L, y puede soportar una carga de cinco toneladas;
- la *Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA)* será del 13%
- *SSens* mínima es la escala de producción cuando la TIR (Tasa Interna de Retorno) =TREMA. *SSens* mínima es la escala de producción factible económicamente.

La variable “Crédito” será la suma de las necesidades de crédito ajustadas y descontadas con la TREMA; mientras que la variable “Empleo” se obtendrá al dividir los jornales anuales entre el número de días trabajados al año (323 días).



IV.3.1.2 Cálculos de demanda de agua

Dado que la MCD contempla que todos los productores pagan una “cuota fija” por el uso de agua, la demanda de agua se obtendrá resolviendo las ecuaciones (10), (11), (12) y (13):

$$V_{\text{Agua}}_{ad} = \frac{Cuota_{ad}}{L * SSens} \quad (10)$$

$$C_{\text{Riego}}_{ad} = \frac{Cuota_{ad} + Jornal_{ad} + Mant_{ad} + Bombeo_{ad}}{L * SSens} \quad (11)$$

$$C_{\text{Agua}} = L * (SSens * P) \quad (12)$$

$$C_{\text{Agua}}_{Acum} = C_{\text{Agua}} * 11 \quad (13)$$

donde: V_{Agua} es el valor estimado del agua usada por el productor en la producción de dátil; $Cuota$ es el pago de los productores al ejido por concepto de cuota de agua; L es la lámina de riego reportada por FAO (2008) y Sánchez Ortega (2021); $SSens$ es la escala de producción datilera por productor; C_{Riego} es el costo de regar; $Jornal$ es el pago por concepto de jornales involucrados en riego; $Mant$ es el pago por concepto de mantenimiento del sistema de riego; $Bombeo$ es el pago por concepto de bombeo de agua; el subfijo “ ad ” significa suma de valores ajustados descontados³ desde el año 0 al año 10; C_{Agua} es el consumo de agua total anual; C_{Agua} es el consumo de agua total acumulado en los 10 años de evaluación y el periodo de inversión (a0-a10) y P es el número de productores.

IV.3.2 Análisis de la escala de producción ($SSens$)

El **análisis de la escala de producción ($SSens$)** es un diagnóstico *de la situación productiva actual y de la factibilidad de la expansión datilera*. Incluye información sobre productores, superficies, beneficios sociales generados por el cultivo en las zonas datileras y los peligros más importantes. Integra datos prospectivos sobre demanda de agua, empleo, crédito e indicadores financieros para diferentes $SSens_{predio}$.

³ 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.

IV.3.3 La estimación de la Superficie Sustentable ($SSust$)

La **estimación de $SSust$** depende de identificar el *Umbral Superficial* ($USup$) de: $VAgua_{ad}$, $CRiego_{ad}$, Empleo Máximo, PRI y TIR; realizar un análisis comparativo entre los $USup$; y seleccionar la $SSust$ respecto a este análisis. Matemáticamente, $USup$ es un punto de inflexión. Aquí representa la $SSens$ más importante para las variables a analizar. El $USup$ más pequeño es $SSust$, por lo que $USup$ nunca debe ser menor a la $SSens$ mínima.

IV.3.4 Cálculo y evaluación del Grado de Vulneración Territorial (GVT)

Posteriormente se *calcula GVT* con la ecuación (5) y la $SCrecer$ con la (7). Luego se realiza un análisis de regresión simple entre GVT y: Empleo Máximo, Crédito, TIR, $VAgua_{ad}$, $CRiego_{ad}$, B/C, PRI y $CAgua_{Acum}$. Finalmente se calculan el GVT_{predio} y GVT_{Agri} con las ecuaciones (8) y (9).

IV.4.- Fase III: De la Capacidad Adaptativa Territorial

La **Fase III: De la Capacidad Adaptativa Territorial** requirió de llevar a cabo dos procesos. El primero es un **análisis de sensibilidad** del Crédito y la TIR ante un cambio de parámetros productivos. Los parámetros técnicos son los incluidos en la MCD antes mencionada. El segundo es un **análisis de la capacidad de gestión**. Valora las condiciones de: 1) el marco legal aplicable a la zona de estudio y temática según su nivel de claridad, congruencia y coherencia; o si el marco es actualizado; 2) la estadística e información hidro-productiva disponible; los aspectos organizativos; y 3) el financiamiento.

La información necesaria para esta fase se encuentra disponible en informes, leyes y estadística de: el *Gobierno de Baja California* (GobBC, 2014, 2020), el *Instituto Nacional de Estadística Geografía* (INEGI, 2020b), el *Periódico Oficial del Estado de Baja California* (POEBC, 2000, 2014a, 2014b, 2020), el *Registro Nacional Agrario* (RAN, 2022a, 2022b), el *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera* de la *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural* (SIAP-SADER, 2019), la *Comisión Estatal del Agua de Baja California* (CEABC, 2018), la CONAGUA (2015, 2018, 2020a, 2020b), la *Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural. Sustentable* (OEIDRUS-BC, 2009, 2010, 2013), la SADER (2018a, 2019a), la *Secretaría de Economía* (2019), la *Secretaría de Desarrollo Agropecuario* (SEDAGRO, 2018b, 2018c), la *Secretaría de Gobernación* (SEGOB, 2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b), la *Secretaría de Protección al Ambiente de Baja California* (2011); así como la tesis de Nemesio Laguna (2017).

CAPÍTULO V. HALLAZGOS

En esta capitulado se presentan los resultados siguiendo el orden de las fases metodológicas desarrolladas en la sección de marco metodológico. Dada la amplitud del estudio, se agrega la sección denominada “Evaluación de la Vulnerabilidad Territorial de la Laguna Salada” que no es otra cosa mas que la contestación de las preguntas de investigación con la información de las fases metodológicas.

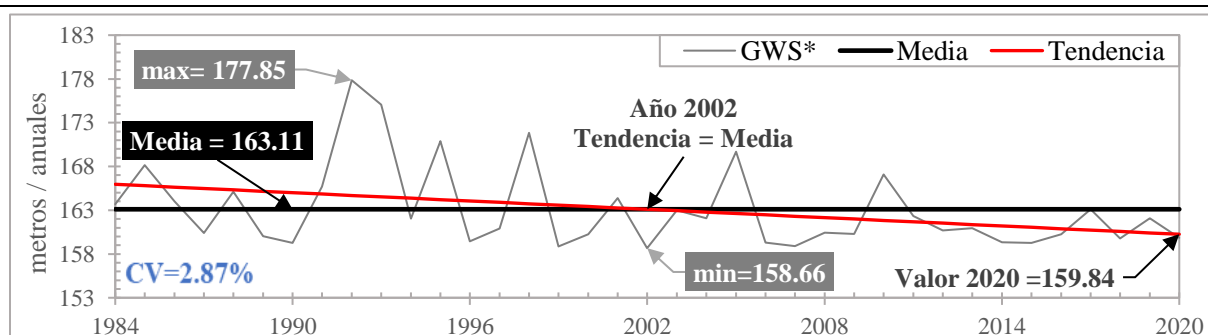
V.I.- Fase I. La Exposición Territorial

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 para la producción (OA)

Según la Figura 12, el área de estudio mantuvo un espesor de AAS de 159.84 metros en 2020. Aplicando la ecuación (4), la OA fue de 134.67 Km³/año. Esto equivale a -2.75 Km³/año que la media (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 12. Evolución anual del AAS en el área de estudio (1984-2020)



Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020). *GWS estimada con base en el Anexo X.

De tal figura también se destaca que la línea de tendencia posee una tendencia a la baja, 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 tendencia de los datos aún no representa un peligro. Al proyectar el espesor de agua subterránea, con la mejor recta de regresión se encuentra que para 2030, el área de estudio poseerá 133.50 Km³ de agua (ver Tabla 22). Esto significa que cada año el territorio reducirá su capacidad hídrica para producir en un 8.70% (ver Tabla 22).

Tabla 22. Proyecciones de la oferta anual de agua subterránea en el área de estudio

Año	Espesor de GWS proyectado (m)*	Espesor Sostenible (m) = 25% de GWS	Oferta de Agua Sustentable para producir (Km ³)**
2020	159.84	39.96	134.67
2021	159.81	39.95	134.64
2022	159.77	39.94	134.61
2023	159.61	39.90	134.47
2024	159.44	39.86	134.33
2025	159.28	39.82	134.19
2026	159.12	39.78	134.05
2027	158.95	39.74	133.92
2028	158.79	39.70	133.78
2029	158.62	39.66	133.64
2030	158.46	39.61	133.50
TCMA	-8.70%	-8.70%	-8.70%

Nota. Año base 2020. Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020) y FAO & UN-Water (2021). TCMA= Tasa de Crecimiento Medio Anual. **Con base en la ecuación (4).

Con base en los coeficientes de determinación de la Tabla 23, la diferencia en el AAS se explica significativamente por las variaciones: en el total de agua terrestre en la zona de estudio (AAT=99.9%), la humedad de suelo de la zona raíz (HSR = 99.0%), y la relación entre precipitación y evapotranspiración (P-ET= 60.8%) (ver Tabla 23). La mejor recta de ecuación que se encontró fue: **$AAS = 1.00035 * AAT - 1.00423 * HSR - 0.00102684 * P-ET$** .

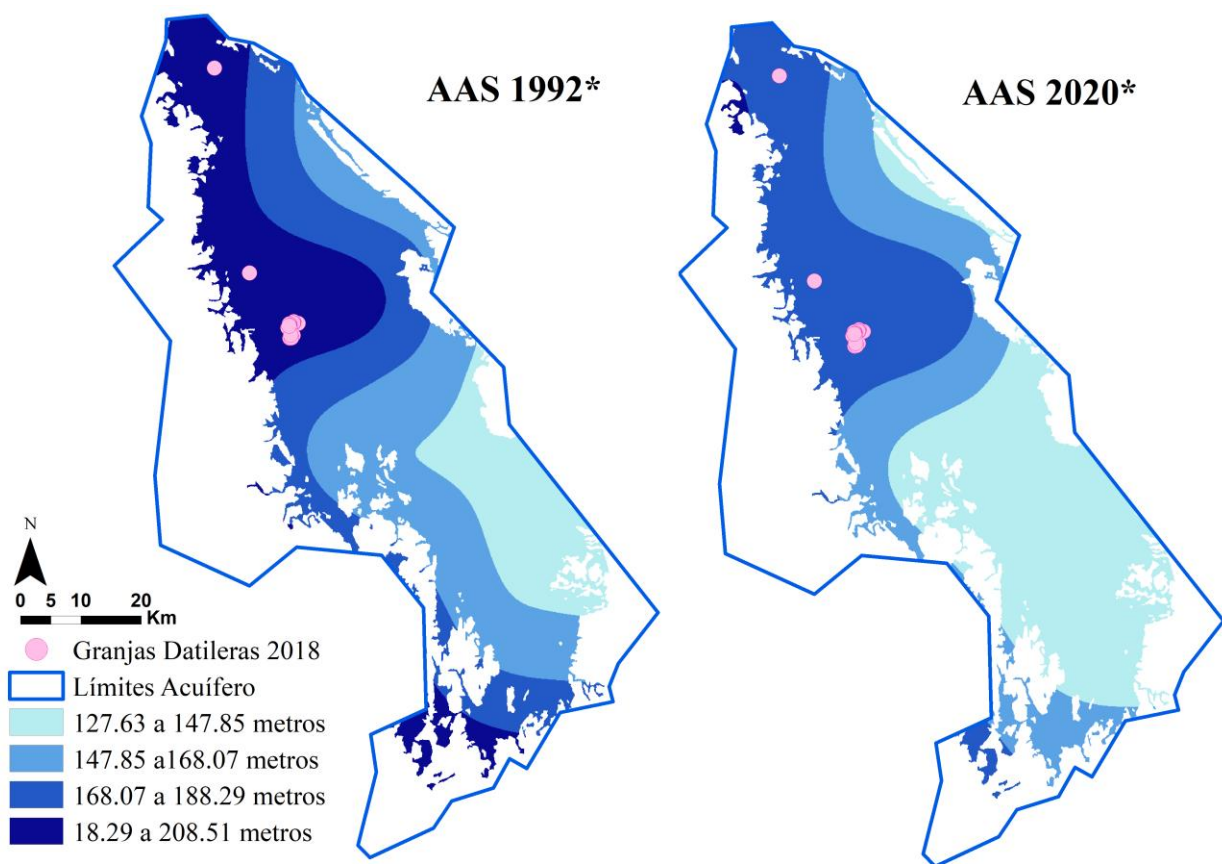
Tabla 23. Relación entre diferentes variables hídricas y GWS. Periodo 1984-2018.

Variable	R	R ²
Almacenamiento de Agua Terrestre (AAT)	(+)	99.9
Humedad de Suelo en la zona raíz (HSR)	(+)	99.0
Precipitación menos Evapotranspiración (P-ET)	(+)	60.2
Precipitación (P)	(+)	57.4
Evapotranspiración potencial (ET)	(-)	6.4
Temperatura media (Tmedia)	(-)	5.7

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. Fuente: Elaboración propia con base en Li et al., (2018, 2020). (R)=Signo del coeficiente de determinación. R² coeficiente de determinación expresado en porcentajes.

Al interpolar las imágenes satelitales se encontró que el AAS se mantuvo en un rango de 127.63 m y 208.51 m⁴. La Región 1, al sureste del área de estudio, es la superficie con el almacenamiento de agua más bajo (GWS = 127.63 a 147.85 metros). En 1992 ocupaba una extensión territorial de 533.76 Km² y en 2020 había aumentado 1,393.78 Km²; es decir se aumentó 2.70% con respecto a 1992. En contraparte, la Región 4 es el área que más agua acumula (GWS = 188.29 a 208.51 metros) 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 13).

Figura 13. Oferta de Agua por regiones para 1992 y 2020

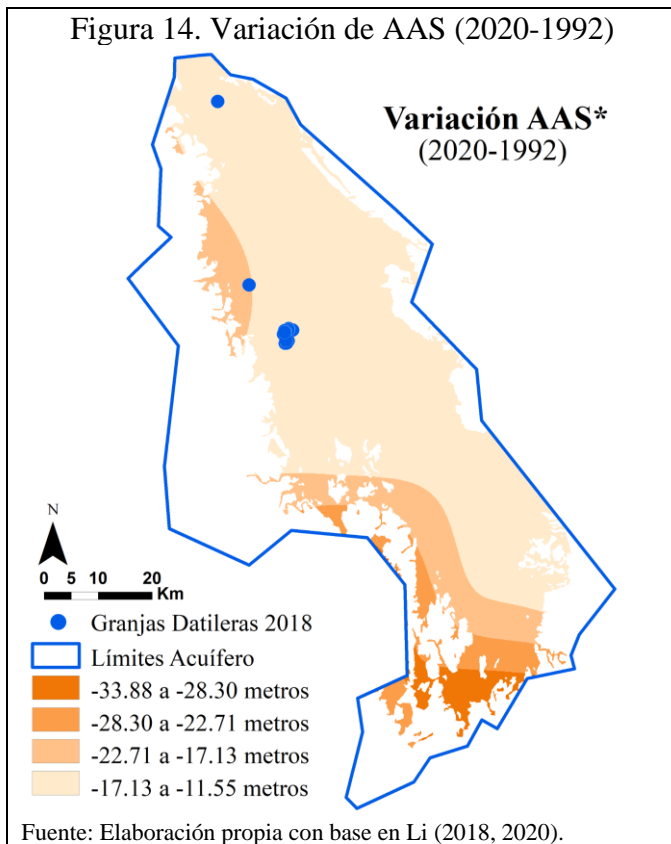


Región	Rango AAS (m)		Superficie (Km ²)		OA Mínimo (Km ³)		OA Máximo (Km ³)		TCMA (%)
	Min	Max	1992	2020	1992	2020	1992	2020	
R1	127.63	a 147.85	533.76	1,393.78	17.03	4.45	19.73	51.52	2.70
R2	147.85	a 168.07	1,021.68	862.95	37.76	3.19	42.93	36.26	-0.47
R3	168.07	a 188.29	875.57	1,100.03	36.79	4.62	41.22	51.78	0.64
R4	188.29	a 208.51	938.99	13.23	44.20	0.06	48.95	0.69	-11.17

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

⁴ El error estándar de la estimación de GWS 1992 fue de 0.042m, en tanto que para 2020 fue de 0.035m.

Figura 14. Variación de AAS (2020-1992)



Por otro lado, de la Figura 14 también se destaca la ubicación estratégica de los cultivos de 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 de 2020. El espesor de AAS 2020 en tal zona varía entre 147.85 y 168.07 metros.

En cuanto a la zona de mayor variación de agua esta se encontró al suroeste del acuífero, colindantes con la Sierra Juárez. Las Granjas datileras están fuera de la zona de menor variación.

V.1.2 Análisis de idoneidad territorial

Según la Figura 15, la superficie expuesta a la expansión datilera abarca 83,511.51 Km² (equivalentes al 24.78% del área de estudio). El noroeste de la Laguna Salada es la ubicación más con mayor aptitud para la expansión datilera. Los ejidos: Felipe Ángeles II, José Saldaña II, Plan Agrario y Jamú (ubicados al sureste de la zona de estudio), presentarán problemas para establecer sus hectáreas, en cambio Tigres del Desierto, General Rodolfo Sánchez Taboada, Guardianes de la patria y Guardianes de la Patria 1 lo harán en menor medida. Varias fueron las variables que intervinieron para obtener este resultado. A continuación, se describe cada una de ellas.

V.1.2.1 La capacidad hídrica

Por espesor de agua subterránea, la zona sureste es la que menor capacidad hídrica ostenta para soportar una

Figura 15. Idoneidad territorial para la expansión datilera en la Laguna Salada

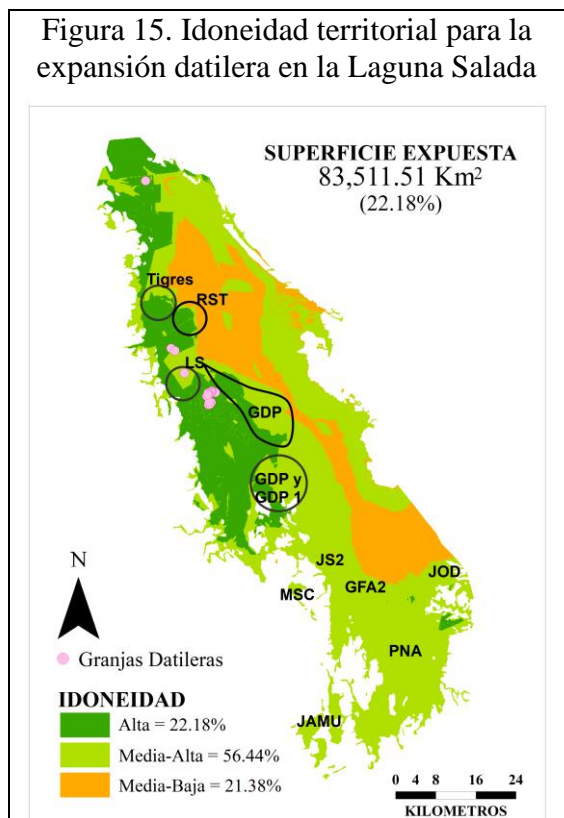
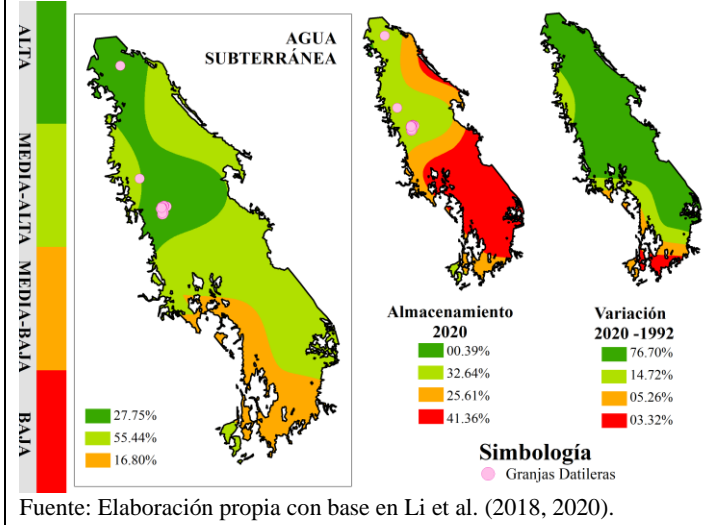


Figura 16. Idoneidad territorial según hidrología subterránea



expansión de la superficie datilera pues posee menor cantidad de agua; mientras que el área más idónea para la expansión es el noroeste del acuífero debido a su acumulación de agua (ver Figura 16 “Almacenamiento”). Esta última zona abarca el 0.91% de la extensión del acuífero.

En cuanto al mapa regionalizado de las variaciones entre volúmenes de agua de 1992 y 2020 señala que, las zonas que tienden a poseer más volumen almacenado de agua

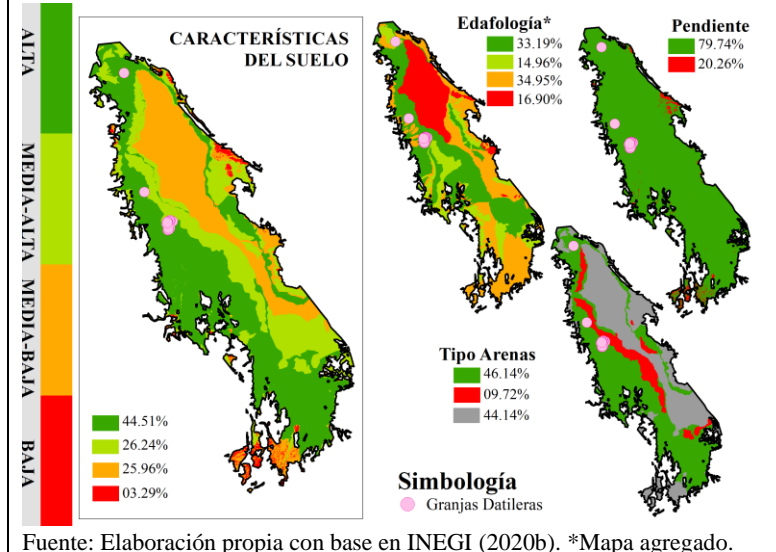
son las que más han disminuido sus volúmenes hídricos respecto a 1992. La combinación de estos mapas (almacenamiento y variación hídrica) indica que solo el 29.25% de la superficie del área de estudio cuenta con una alta idoneidad hídrica para expandir la producción. La mayoría de las granjas datileras actuales se encuentran en tal zona.

V.1.2.2 Características del suelo

En cuanto a la capacidad que conserva el suelo se encontró que cerca de la mitad de la superficie de estudio (44.51%) es idóneamente apta para expandir el área productiva (ver Figura 17). Los factores que intervinieron en dicha aptitud fueron: poseer *pendientes* menores a 10° en el 79.74% 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 apta para la expansión datilera por fertilidad del suelo (*edafología*) (ver Figura 17).

En cuanto a la zona menos apta, esta representó el 3.29% del área de

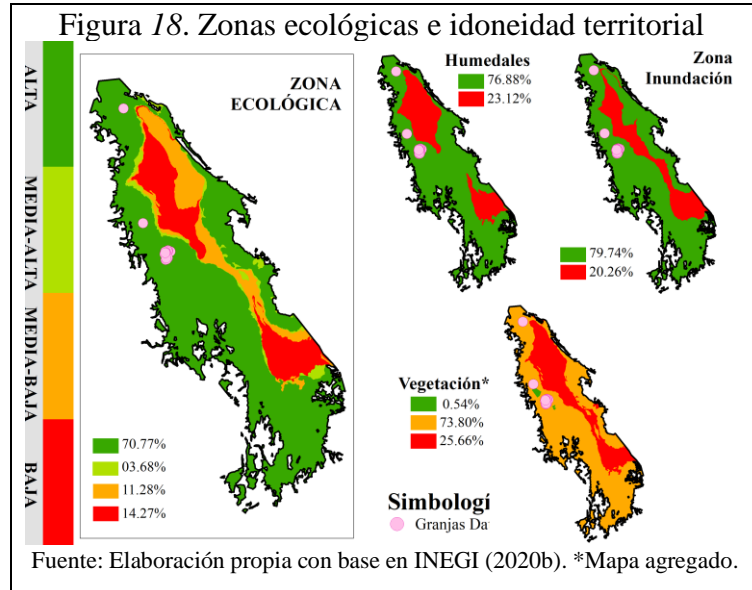
Figura 17. Idoneidad territorial según características del suelo



estudio y se ubica a las faldas de una Sierra, ya sea la Juárez o la Cucupá. A pesar de todo ello, las granjas datileras actuales se encuentran en la zona con mayor idoneidad.

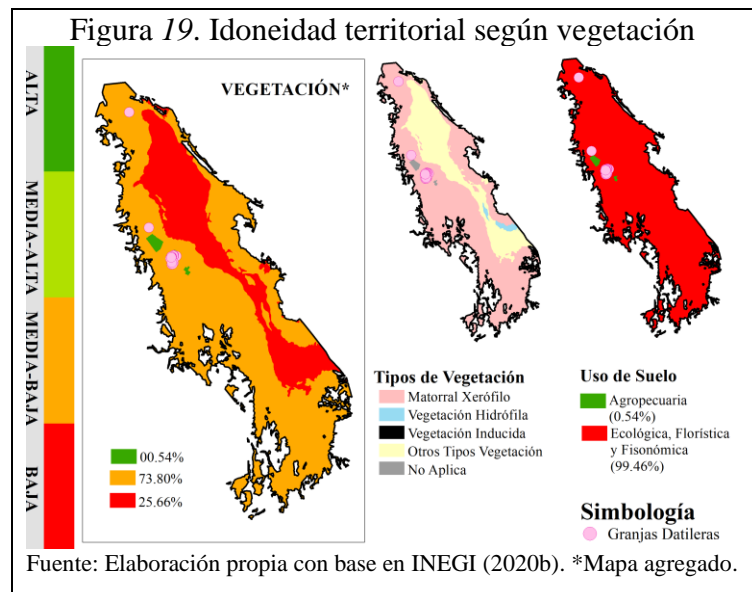
V.1.2.3 Zonas a evitar

En el territorio de la Laguna Salada se encontraron zonas que se deben evitar sembrar, estas son: la **Zona de Humedales**, la **Zona que tiende a Inundarse** y las **Zonas con Vegetación**. La superficie se concentra en la zona central del área de estudio y que representan una superficie aproximada de 985.05 Km² (29.23% del área de estudio). En sí, la zona con humedales representa el 23.12%, la zona que tiende a inundarse representa el 20.26%, mientras que la zona con vegetación endémica representa el 99.38% (ver Figura 18).



Al combinarse estas tres capas de información se obtiene que: 1) solo el 15.58% del área de estudio posee una idoneidad baja pues, es la superficie donde convergen los valores más bajos de las tres capas; 2) un 13.65% posee una idoneidad media porque al menos posee dos capas con idoneidad media, o bien, una combinación de idoneidades, 3) el 70.74% del área de acuífero posee una idoneidad alta para la producción datilera pues se encuentra sobre el área sin humedales y zonas de inundación.

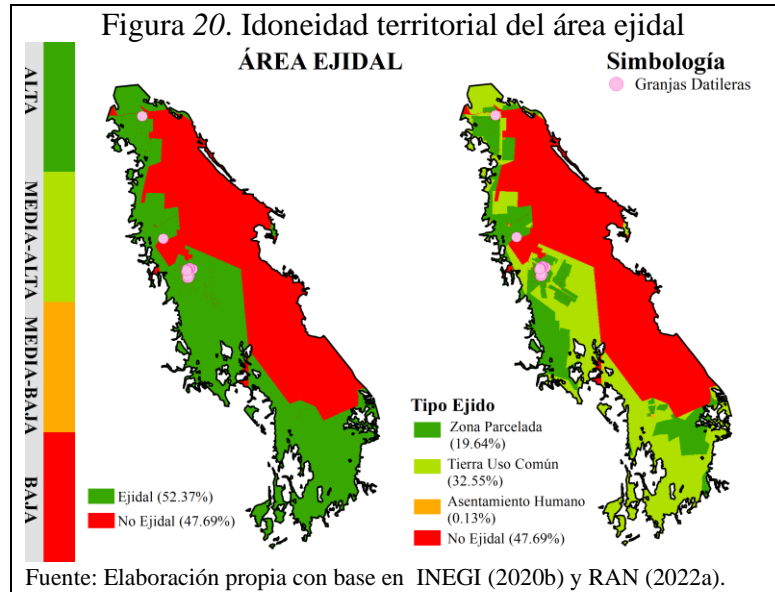
Cabe destacar que la capa de **Vegetación** solo el 0.54% de la superficie es apta para llevar a cabo una actividad económica, la demás superficie ostenta un uso de suelo Ecológico, Florístico y Fisonómico (ver Figura 19),



V.1.2.4 El área ejidal

En lo que respecta al área ejidal, la Figura 20 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. Dicha área se encuentra junto a la Sierra Juárez.

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 47.99%.



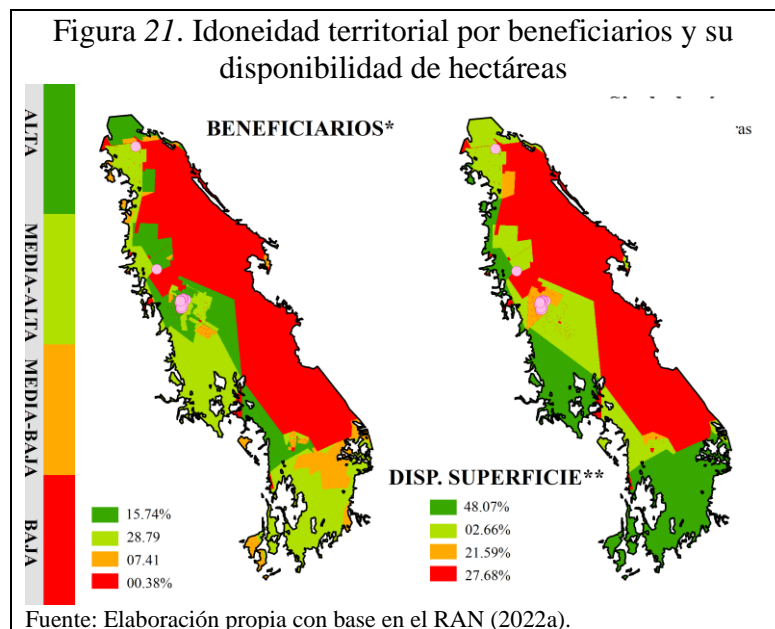
La zona de mayor idoneidad para expandir la superficie datilera representa el 19.64% del área de estudio (zona parcelada), la zona de idoneidad media-alta representa el 32.55% (tierras de uso común), la zona con idoneidad media-baja que representa el área con asentamientos humanos y abarca un 0.13%, en tanto que la zona de idoneidad baja es un *área no ejidal* que representa el 47.99%.

V.1.2.5 De los beneficiarios ejidales

Al especializar los datos de los *beneficiarios por hectárea* se obtienen que: 1) los ejidos en la parte central del acuífero (15.74% del área de estudio) generarán mayores beneficios sociales si expanden su superficie productiva, 2) las granjas actuales se encuentran en las zonas con mayores beneficiarios por hectárea (ver Figura 21).

Los beneficiarios que disponen de mayor cantidad de hectáreas, sus predios se ubican en el suroeste y sureste de la zona de estudio (ver Figura 21). La suma de esta hectárea equivale al 48.07% de la superficie de acuífero.

Dichas hectáreas convergen con la zona montañosa de la Sierra Juárez, y la zona de inundación o intrusión salina. Aunado a ello, se encontró que la mayoría de las granjas se encuentran en una zona de idoneidad media-baja,



V.1.2.6 Disponibilidad de la mano de obra

La Figura 22 muestra que la mayor parte del territorio ejidal (23.45%) tiene dificultades para hacerse de mano de obra pues posee una idoneidad media-baja. Los ejidos del centro del área de estudio tendrán mayores dificultades para encontrar mano de obra disponible en comparación con los del norte y oeste.

En cuanto a la distancia a la mano de obra, en la Figura 22 se observa que el 64.41% del área de estudio se encuentra a una distancia

de entre 20 y 40 Km con el centro de población más cercano. En escala de idoneidad esto representa una capacidad media-baja del área de estudio. Según las zonas de influencia, los ejidos más cercanos al centro serán los que mayores dificultades tengan.

Figura 22. Idoneidad territorial según distancia y disponibilidad de mano de obra

Fuente: Elaboración propia con base en el RAN (2022a).

V.1.2.7 La infraestructura existente

En lo que respecta a la **distancia hacia los insumos** se encontró que solo una granja actual se encuentra en el área de influencia con mayor idoneidad, las demás se encuentran en la segunda (ver Figura 23).

El 70.21% de la superficie está catalogada con aptitud media-baja a baja respecto a la distancia existente con el empaque. Además, se encontró que el 56.23% de la superficie está cerca de un camino, lo cual merma la calidad del dátil. Los ejidos al norte del área de estudio dispondrán de una carretera (ver Figura 23).

Figura 23. Idoneidad territorial según la distancia a insumos, empaque y vialidades

Fuente: Elaboración propia con base en el INEGI (2020b).

V.2.- Fase II. La Fragilidad Productiva Territorial

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 (ver Figura 24). Las variaciones son muy diferentes.

Figura 24. Delimitación territorial de la Laguna Salada

Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2020a), RAN (2022b) y SADER (2019b). *Registro Agrario Nacional.

Con base en los títulos de propiedad del RAN (2022b) se estima que en el Valle de Laguna Salada existe 813.5 familias ligadas legalmente a este, de las cuales el 34.5% se asocia a ejidos datileros. (ver Tabla 24). 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 449 personas podrían depender de los beneficios que la producción datilera.

Tabla 24. Beneficiarios ejidales en la Laguna Salada 2022

Ejidios	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
16 de Septiembre	708.04	99.93	32.28	9,140.86	12.91
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. Heriberto Jara	118.08	89.79	0.03	4.82	0.04
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
Gustavo Aubanel Vallejo	168.06	94.00	20.92	6,926.03	41.21
Jamaú	1,288.95	99.98	26.55	11,294.23	8.76
José María Pino Suarez	500.16	100.00	9.10	2,413.49	4.83
José Saldaña II	301.32	97.94	100.00	19,069.32	63.29
Laguna De Hanson	287.63	86.57	17.02	2,936.79	10.21
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
Sierra de Juárez	739.25	67.10	11.55	13,403.06	18.13
Tigres del Desierto	121.26	74.43	100.00	6,548.03	54.00
			TOTAL	329,883.68	813.55

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

V.2.1.1 Evolución productiva de la Laguna Salada

Recopilando información estadística se encontró que la población del territorio de la Laguna Salada había establecido un hectareaje de olivos y dátil entre los años 2000 y 2018. Las producciones de dátil iniciaron en 2005 y dentro del periodo 2005-2018 los ejidatarios han abandonado las hectáreas de olivo. En este sentido la Tabla 25 expone lo que ha pasado en desde 2010.

Tabla 25. 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

Fuente: Elaboración propia con base en Nemesio Laguna (2017), OEIDRUS-BC (2013), SADER (2018a), SEDAGRO (2018a)

V.2.1.2 Características de la producción datilera

Según la Tabla 26, la superficie datilera total de la Laguna Salada ($S_{total} = 93.86$ hectáreas) se divide en predios de 0.1 a 30.0 hectáreas ($SSens_{predio}$). 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 Manatu.

Tabla 26. 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	0.00	1.45	4.36
	Otros	3	3		7.30	7.30		2.43	2.43
FMM	Baez	2	3		3.86	3.86	0.00	1.29	1.93
FMM	Orozco	3	3		2.88	2.88	0.00	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	0.00	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 Fuente: Con base en SADER (SADER, 2018a) y SEDAGRO (2018c). RST = Gral. Rodolfo Sánchez Taboada, FMM = Dr. Federico Martínez Manatou, LS = Ej. Laguna Salada.

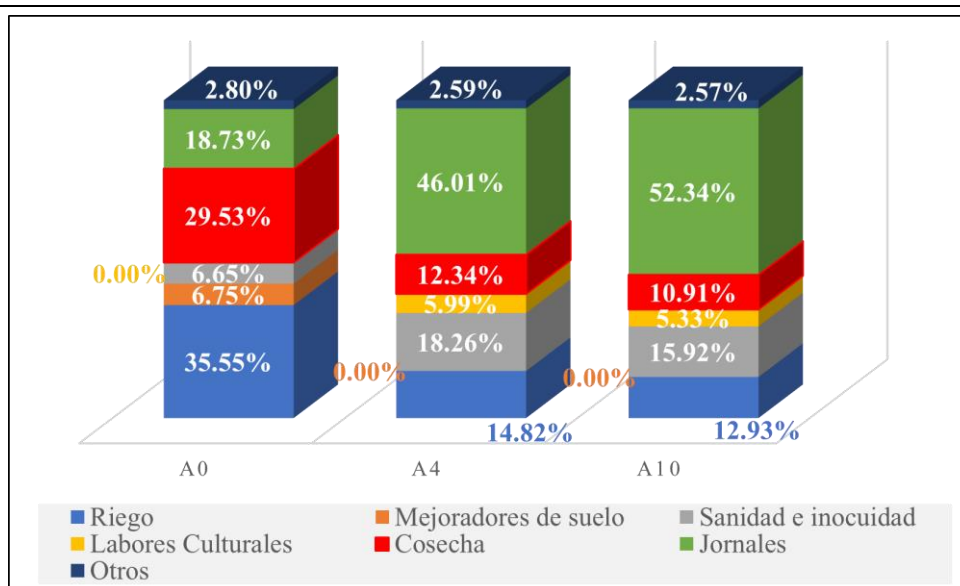
En total son 28 productores (ver Tabla 26). El 17.85% de ellos son asociaciones (empresas), mientras que el 3.57% es liderado por una mujer (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las mujeres pueden tener mayor participación porque la información oficial no desagrega

los integrantes que conforman las empresas productoras y algunos de los registros se abrevia el nombre del productor.

Actualmente, el 82.14% de los productores posee una escala de producción ($SSens_{predio}$) menor a la media: 3.35 hectáreas ($SSens_{media}$) (ver la Tabla 26). 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 26).

Los ingresos recibidos son en dólares porque el destino de la producción es el mercado internacional. La estructura de costos (ver Figura 25), indica que conforme pasen los años menor será la proporción del costo de riego en el total; y que los jornales incrementarán su participación en dicha estructura.

Figura 25. Estructura de costos de la Laguna Salada



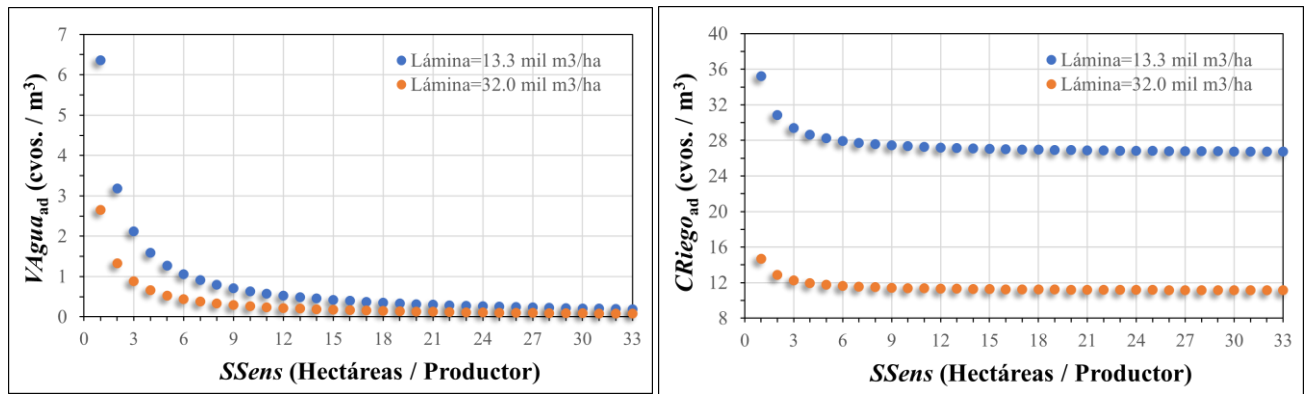
Fuente: Elaboración propia con base en resultados de la MCD.

V.2.1.3 La demanda de agua por $SSens$

Con base en las láminas de riego aquí tomadas en cuenta (Mexicali y Estados Unidos), el volumen de agua consumido por las 93.86 hectáreas se estima entre: 1.2 a 3.0 $hm^3/año$. Según la Figura 26, el valor del agua aumenta $V_{Agua_{ad}}$ si se siembran menor cantidad de hectáreas y si se riega una lámina menor. A partir de la hectárea 15, los decrementos en $V_{Agua_{ad}}$ serán menores a 0.1 y la lámina de riego de 32 mil m^3/ha habrá producido un $V_{Agua_{ad}}$ casi similar al producido por la Lámina de riego de 13 mil m^3/ha .

En cuanto al costo de regar ($CRiego_{ad}$), una lámina de agua menor siempre será mayormente costosa. Si la escala de producción incrementa más allá de 15 hectáreas, los incrementos en el costo serán menores a 0.01 centavos m^3 .

Figura 26. El valor del agua ($VAgua_{ad}$) y el costo de regar ($CRiego_{ad}$) según escala de producción datilera ($SSens$) y lámina de agua aplicada (L)

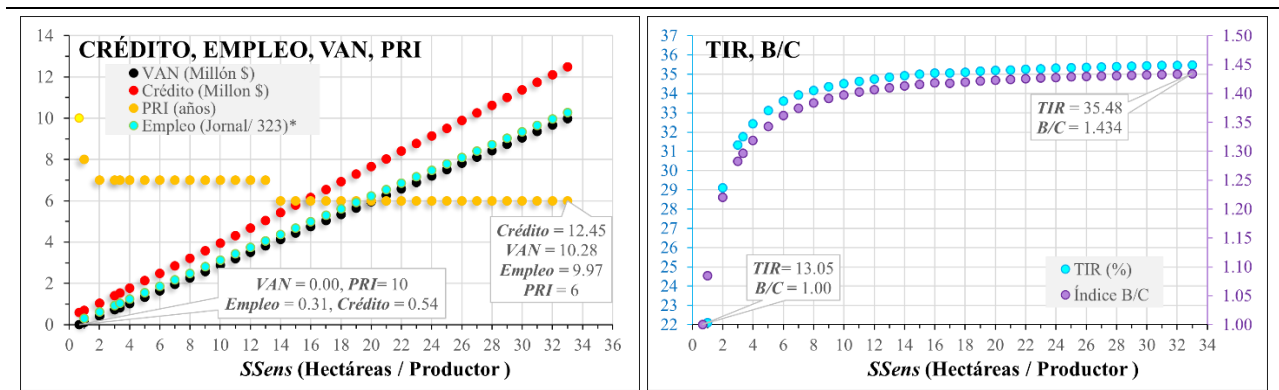


Fuente: Elaboración propia con base en MCD actualizada y adaptada de Vieyra Martínez (2012). cvos. =centavos (en moneda nacional). ha=hectárea.

V.2.1.4 La factibilidad económica de la expansión

Según los resultados de la Memoria de Cálculo Datilera (MDC) actualizada, todas las inversiones arriba de 0.6547 hectáreas ($SSens$ mínima) son factibles porque generan: un $B/C > 1$, una $TIR > TREMA$ y una $VAN \geq 0$. Esta situación es expresada en la Figura 27 en donde la $SSens_{media}$ de 0.6547 hectáreas genera una $VAN = 0$, una TIR de 13.05 y un B/C de 1; además el PRI se obtiene dentro del periodo y requiere de 0.31 empleados máximos y una línea de crédito de 0.54 millones de pesos.

Figura 27. La factibilidad de la expansión datilera por indicador clave

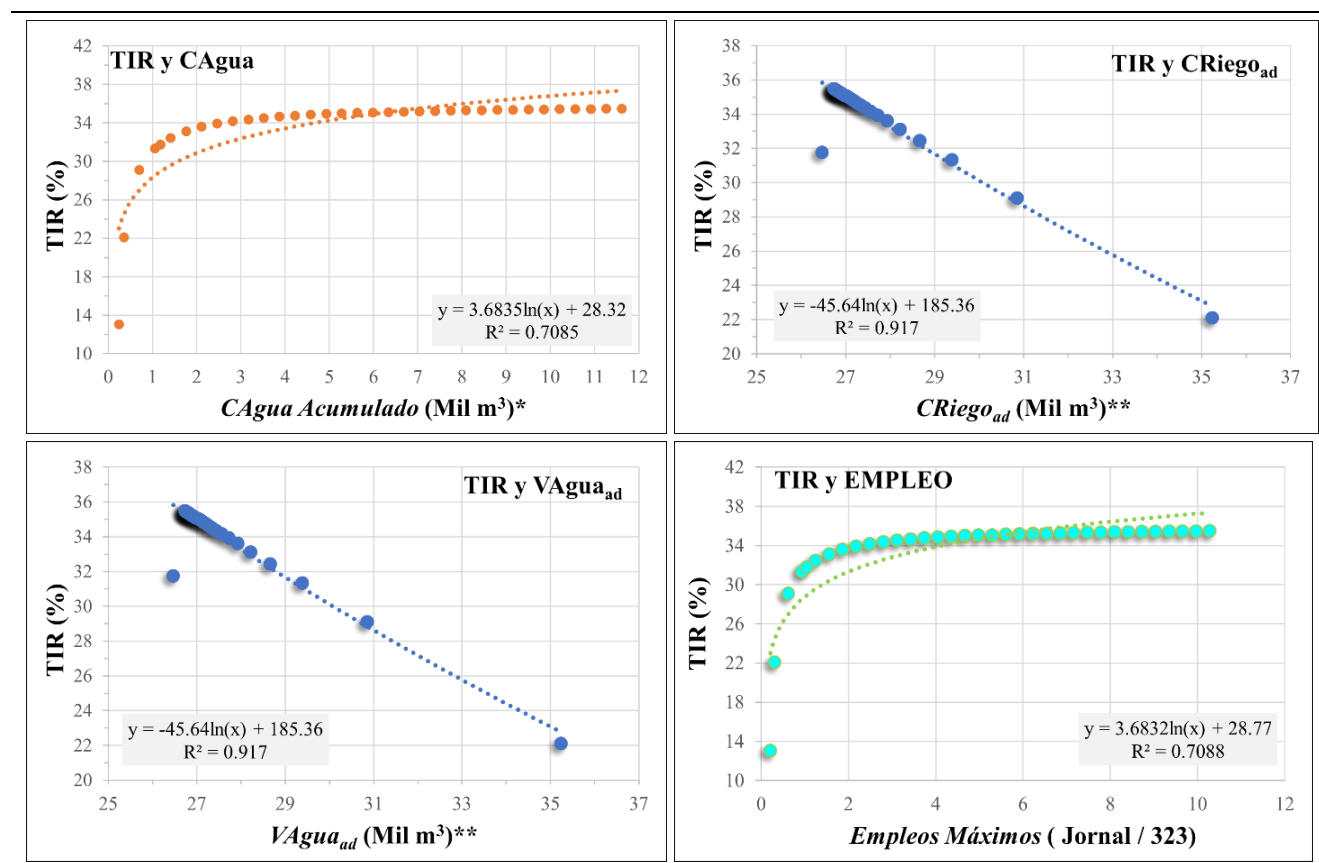


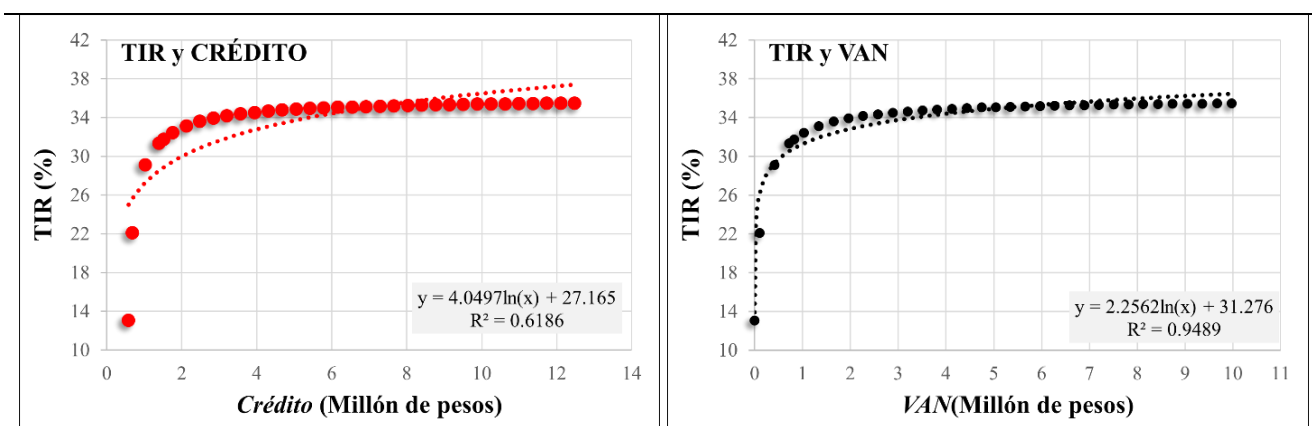
Fuente: Elaboración propia con base en la MCD actualizada y adaptada de Vieyra Martínez (2012).

Por otra parte, la Figura 27 también señala que para asegurar como mínimo un empleo se debe establecer 2 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 donde la TIR=35.48% (+22.48 puntos porcentuales que TREMA), VAN = 10.28 millones de pesos, y B/C = 1.434. Si el productor tiene una línea pequeña o no quiere depender del crédito, requerirá de establecer la *SSens* mínima (0.6547 hectáreas); en tanto que si quiere recuperar su inversión en el menor tiempo este deberá de sembrar 14 hectáreas o más. Cabe destacar que por cada aumento de una hectárea el crédito incrementará 369,655 pesos.

La relación entre TIR, la $V_{Agua_{ad}}$, $CRiego_{ad}$, Empleo, Crédito y VAN está graficada en Figura 28. Dicha relación nos presenta que como es que una decisión basada en la TIR impacta el territorio.

Figura 28. La relación de la TIR con los indicadores claves





Nota. El CA_{agua} acumulado es la suma de CA_{agua} desde el año de inversión (A_0) hasta el año 10 (A_{10}), en otras palabras: 11 años. Fuente: Elaboración propia con base en la MCD actualizada y adaptada de Vieyra Martínez (2012). *Con base en la lámina máxima de agua. **Con base en la lámina mínima de agua

Destaca la pendiente, significancia y relación inversa entre $VA_{agua_{ad}}$ y $CR_{riego_{ad}}$. Las variaciones de estas variables llegan a explicar entre el 91.70% de las variaciones en la TIR. Es una relación logarítmica que por cada incremento en una unidad de dichas variables la TIR disminuirá 45.64 veces. La pendiente negativa tiene que ver con la lámina de riego utilizada y la escala de producción. El empleo, que es otro costo, posee una relación significativa ($R^2 = 70.08\%$) y positiva debido a la escala de producción. Al igual que el empleo se encuentra la relación con el Crédito y la VAN. Se distinguen por la magnitud de su pendiente (que va de 2.25 y 4.049 de su logaritmo natural) y la fuerza de su relación. Con base en la fuerza asociativa la VAN es la que explica más las variaciones de la TIR ($R^2 = 94.89\%$), posteriormente le sigue el empleo ($R^2 = 70.08\%$) y por último la línea de crédito ($R^2 = 61.86\%$).

V.2.1.5 Peligros de expandir la superficie datilera

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 ($S_{Exp} = 83,511.51 \text{ Km}^2$) 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,

- no todas las granjas ofrecen seguro social a sus empleados (Nemesio Laguna, 2017),
- 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 27).

Tabla 27. 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	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 28 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 28. 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
Social y Económico	08. Se utiliza para controlar y mitigar la desertificación.	No	1.00	Si	7.00
	09. Proporciona materiales y subproductos.	Tal vez	4.50	Si	7.00
Económico	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		46.15%		75.00%	
Capacidad de producción (Media)		2.81		4.77	

Fuente: Elaboración propia con base en MDC actualizada y adaptada y lo reportado por: GobBC (2020), Krueger (2015), INEGI (2020a), Nemesio Laguna (2017), SADER (2018a, 2019a), y SIAVI (2019). 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).

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

La Tabla 29 expone los Umbrales Superficiales (*USup*) del Empleo, el PRI, la TIR, el *CRiego_{ad}* y el *VAgua_{ad}*. El *USup* elegido como *SSust* fue el del *VAgua_{ad}* (=7 hectáreas). Ser el más pequeño *USup*, ser mayor que *SSens mínima*, tener una línea de crédito menor y asegurar cierto valor del agua fueron las razones principales por las cuales se eligió. Cabe destacar que, actualmente el 89.28% de los productores poseen una *SSens* menor a 7 hectáreas.

Tabla 29. Los Umbrales Superficiales según indicadores seleccionados

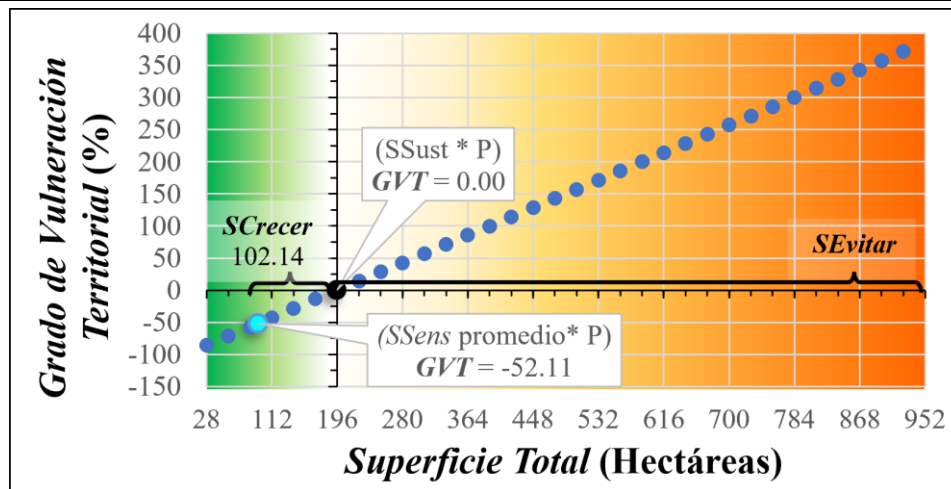
Ámbito de la Sustentabilidad	Variable	<i>USup</i>	Crédito*
	<i>SSens mínima</i>	0.6475	
Social	Empleo	11.0000	4.2
Económico	PRI	14.0000	5.3
	TIR	13.0000	5.0
Ambiental	<i>CRiego_{ad}</i>	15.0000	4.2
	<i>VAgua_{ad}</i>	7.0000	2.8

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

V.2.3 Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)

En la Figura 29 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 la superficie sustentable por el número de productores ($SSust * P$); en este caso, las hectáreas totales que se pueden sembrar en la Laguna Salada son 196. Como actualmente hay sembradas 93.86 hectáreas y estas son menores que 196, se puede expandir la superficie datilera en 102.14 hectáreas ($SCrecer$). La superficie para evitar ($SEvitar$) sembrar son todas las superficies mayores a $SSust * P$. Estas incrementarán el GVT.

Figura 29. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) por expansión del hectareaje de dátil



Fuente: Elaboración propia con base en la ecuación (5) y la información de la SADER (2018a).

Las regresiones simples entre el GVT y las variables de la Tabla 29 señalan que los cambios en el $CAgua$ Acum, el Empleo Máximo, el VAN y el Crédito son las variables que más influye en el GVT. El cambio en estas variables llega a explicar el 100% de la variación en GVT. Ambas tienen una asociación positiva con GVT. Otra de las relaciones más significativas fue el $VAgua_{ad}$ ($R^2=99.96\%$), el PRI ($R^2= 86.14\%$), y el índice de B/C ($R^2=73.12\%$). El Costo de Regar ($R^2=68.16\%$) y la TIR ($R^2=67.03\%$) explican con menor medida las variaciones en el GVT.

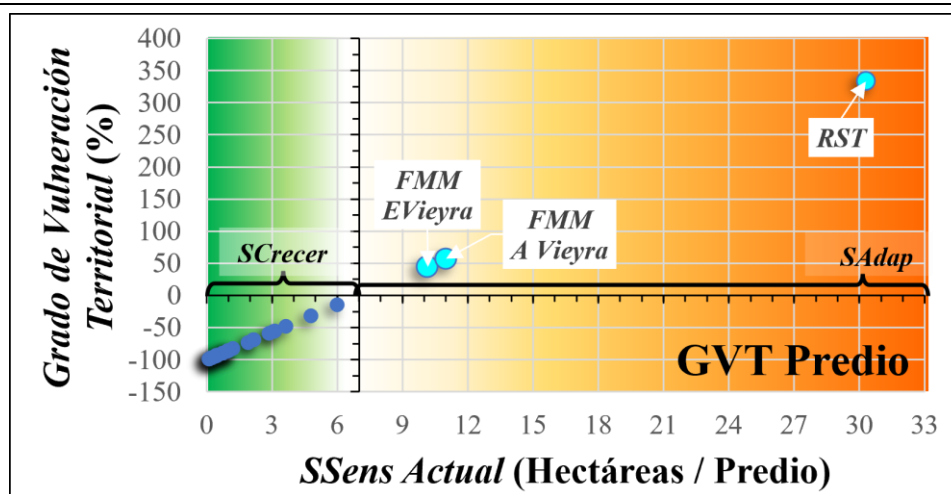
Tabla 30. Variables que explican más los cambios en GVT

VARIABLES explicativas	Mejor Ecuación	R ²	R
Consumo de Agua Acumulado (<i>CAgua</i> Acum.)	$GVT = -99.9888 + 40.483 * x$	100.00	100.00
Empleos Máximos Generados (Empleo Max)	$GVT = -99.9604 + 45.8382 * x$	100.00	100.00
Valor Actual Neto (VAN)	$GVT = -90.7787 + 464625 * x$	100.00	100.00
Línea de Crédito (Crédito)	$GVT = -110.256 + 38.5221 * x$	100.00	100.00
Valor del Agua (<i>VAgua_{ad}</i>)	$GVT = -1100.242 + (90.9935/x)$	99.93	99.96
Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI)	$GVT = -1290.57 + (9187.19/x)$	74.21	86.14
Índice Beneficio Costo (B/C)	$GVT = -579.509 + 0.611773 * x^3$	53.47	73.12
Costo de Regar (<i>CRiego_{ad}</i>)	$GVT = -17558.91 + (52260.8/x)$	46.46	68.16
Tasa Interna de Retorno (TIR)	$GVT = -579.509 + 0.611773 * x^2$	44.93	67.03

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

Por otra parte, la Figura 30 representa el GVT que producen las actuales granjas datileras según la escala de producción que manejan (*SSens* actual). Se destaca que al menos tres predios poseen una *SSens* por encima de la *SSust*. Estas se encuentran en los ejidos Rodolfo Sánchez Taboada (RST) y el Dr. Federico Martínez Manatu (FMM); se asocian con un productor con apellido Vieyra, la empresa Vieyra y una empresa del ejido.

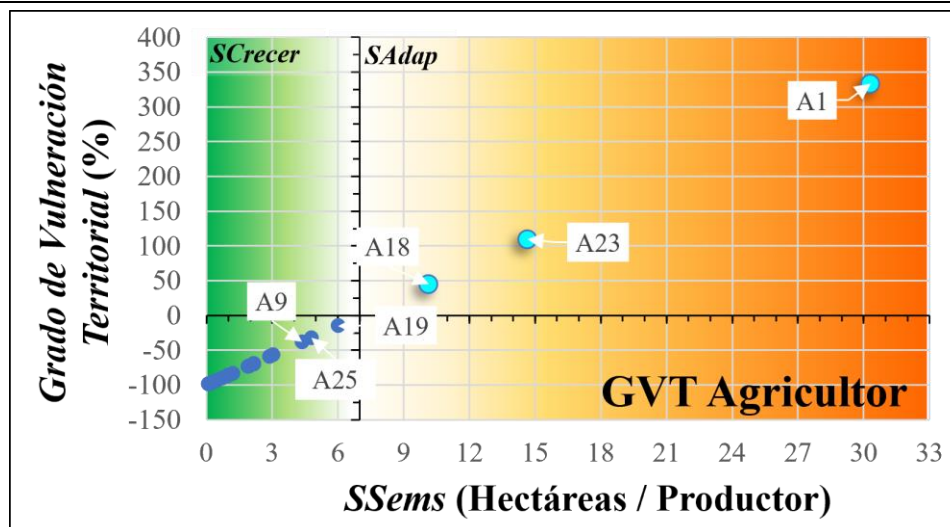
Figura 30. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) según predios actuales.



Fuente: Elaboración propia en ecuación (7) y la información de la SADER (2018a).

Como un agricultor puede poseer distintos predios, la Figura 31 expone el GVT por agricultor según su *SSens* actual.

Figura 31. Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT) según hectáreas del agricultor



Fuente: Elaboración propia en ecuación (8) y la información de la SADER (2018a).

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 La Sensibilidad de la Inversión

La Tabla 31 recoge la sensibilidad de la VAN, la TIR y el Crédito ante un cambio en los parámetros productivos base de la MCD actualizada. 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 cuya variación puede repercutir más 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 y no incrementar la superficie productiva.

Entre 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 31. Análisis de la sensibilidad de indicadores al cambio de parámetros productivos

Parámetros productivos	Valor Base	Sensibilidad al +1% el Parámetro base					
		VAN*	Rank	Crédito*	Rank	TIR**	Rank
SSens (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 (%)	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 (Palma / 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. Aportación Social hace referencia a un término de contabilidad que hace referencia a las aportaciones en especie o moneda que el productor debe comprobar que tiene. Fuente: Elaboración propia con base en la actualización de la MDC de Vieyra Martínez (2012). *El primer valor es en pesos. **Puntos porcentuales adicionales al escenario base. ***Pesos Reales hace referencia al poder adquisitivo que se tenía en julio 2019.

Entre las variables que menos capacidad tienen para alterar la TIR están: el precio del jornal, el rendimiento del combustible de la unidad de transporte, la carga que pueda transportar la unidad de transporte y el precio del hijuelo; mientras que las del crédito se encuentran: el precio de hijuelos vendidos, el precio del jornal, la TREMA, la relación de siembra de hembras por macho, el rendimiento y precio del combustible.

V.3.2 El análisis de la capacidad de gestión

V.3.2.1 Del marco jurídico

La Tabla 32 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 es del 56.67%. Entre más local, la 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%.

Tabla 32. Condiciones del marco jurídico sobre expansión datilera sustentable aplicables

Escala	Marco jurídico aplicable	Abordaje	Contradicción	Actualizado con regularidad	Claridad	Efectividad (%)
Federal	1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.	1.00	0.50	1.00	0.00	62.50
Federal	2. Ley de Aguas Nacionales.	1.00	0.00	1.00	0.00	50.00
Federal	3. Ley de Desarrollo Rural Sustentable.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Federal	4. Ley Agraria.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Federal	5. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.	0.50	0.00	1.00	1.00	62.50
Federal	6. 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	7. Plan Nacional de Desarrollo.	0.50	1.00	1.00	0.00	62.50
Federal	8. 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	9. 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	10. Constitución Política Del Estado Libre y Soberano de Baja California.	0.00	0.00	1.00	0.00	25.00
Estatal	11. Ley de Desarrollo Agropecuario de Baja California.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Estatal	12. Plan Estatal de Desarrollo.	1.00	1.00	1.00	0.00	75.00
Estatal	13. Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California, México.	0.00	0.00	0.00	1.00	25.00
Estatal	14. Programa Hídrico del Estado de Baja California.	1.00	0.00	1.00	1.00	75.00
Mexicali	15. 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

Nota. Abordaje hace referencia a si se tiene algún comentario sobre expansión datilera sustentable. Contradicción se refiere a si están a favor de la expansión o no. Claridad se relaciona con los términos de sustentabilidad, capacidad productiva y si el marco es congruente. Fuente: Elaboración propia con base en CEABC (2018), Gobierno de Baja California (2014, 2020), POEBC (2000, 2014a, 2014b, 2020), SEGOB (2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b) y SPABC (2011). No = 0.00, Si = 1.00, Otro = 0.50.

Las leyes con mayor efectividad (75%) 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)*. Posteriormente se encuentran (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 (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)*.

V.3.2.2 De las estadísticas e información hidro-productiva

En cuanto a las estadísticas e información hidro-productiva existente se encontró que son deficientes en un 62.02% pues suelen: 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%). Las estadísticas e información hidro-productiva que es más deficiente es la relacionada con el factor Suelo (92.86%). Posteriormente se encuentra la hídrica (71.43%),

Tabla 33. Condición de la estadística e información hidro-productiva datilera

Condición	Hídrica	De producción	Suelo*	Financieras	Comercio	Ejidal	Participación (%)
Estadística inexistente	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	66.67
Escasez de información	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	91.67
Información divergente	1.00	1.00	1.00	n.a.	1.00	1.00	100.00
Información agregada	1.00	1.00	1.00	n.a.	1.00	1.00	100.00
Cambio de metodología	1.00	1.00	1.00	n.a.	0.50	1.00	90.00
Errores de cálculo	1.00	0.50	1.00	n.a.	0.50	0.05	61.00
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. Fuente: Elaboración propia con base en CONAGUA (2015, 2018, 2020a, 2020b), INEGI (2020b), OEIDRUS-BC (2009, 2010, 2013), RAN (2022a, 2022b), SADER (2018a, 2019a), SE (2019), SEDAGRO (2018b, 2018c) y SIAP-SADER (2019). No = 0, Si = 1, Otro = 0.5.

En resumen, la Capacidad de Adaptación del Territorio es media-baja (ver Tabla 34).

Tabla 34. Evaluación de la Capacidad Adaptativa del Territorio

Área	Variable	De acuerdo	Calificación
Marco	01. El marco legal deficiente.*	Si	1.00
Jurídico	02. No se ha delimitado las áreas protegidas.	Si	1.00
Estadísticas e Información	03. Las estadísticas e información hidro-productiva son divergentes y están desactualizadas	Si	1.00
	04. Estadísticas deficiente (inexistente o escasa, con cambios de metodología y con errores de cálculo).*	Si	1.00
De la Organización Territorial	05. No hay planes de contingencia productiva ante el fracaso.	Si	1.00
	06. No hay un manual de prácticas regionalizado.	Si	1.00
	07. No hay un comité ejidal.	No	7.00
	08. No hay un comité hidrológico.	Si	1.00
Financiamiento	09. Financiamiento inexistente	No	7.00
	10. Financiamiento limitado	Si	1.00
	11. Financiamiento escaso	Si	1.00
Capacidad Adaptativa Territorial (promedio)			2.09

Fuente: Elaboración propia con base en CEABC (2018), CONAGUA (2015, 2018, 2020a, 2020b), Gobierno de Baja California (2014, 2020), INEGI (2020b), Nemesio Laguna (2017), OEIDRUS-BC (2009, 2010, 2013), POEBC (2000, 2014a, 2014b, 2020), RAN (2022a, 2022b), SADER (2018a, 2019a), SE (2019), SEDAGRO (2018b, 2018c), SEGOB (2017, 2018a, 2018b, 2018c, 2019, 2020a, 2020b), SIAP-SADER (2019) y SPABC (2011). Capacidad Alta = 7 < Calificación > 5, Media-Alta = 5 < Calificación > 3, Media-Baja = 3 < Calificación > 1, Baja = Calificación < 1. *Respecto a Tabla 32 y Tabla 33.

CAPÍTULO VI.

DISCUSIÓN

Varios de los hallazgos ya han sido retomados por otras investigaciones. Otros están por referenciarse. Algunos concuerdan otros divergen. En este capitulado se fundamentan tanto los hallazgos como los análisis que se desarrollaron.

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 (CONAGUA, 2020a) y la densidad de siembra (Nemesio Laguna, 2017); de hecho, si se sembrara toda el área de estudio, el hectareaje consumiría 0.10 Km³ anuales,
- la OA anual estimada con la ecuación (4) es 44,890 veces mayor que la demanda anual de agua estimada por la MCD (ver Tabla 22 y la sección V.2.1.3),

- 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 13 y Figura 14).

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 negativa lo cual indica que cada vez el territorio es menos capaz de ofertar agua pues las imágenes satelitales no contemplan variaciones antropogenéticas;
- 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: 1) los periodos de secos y húmedos de la cuenca del Río Colorado; 2) la tendencia a la sobreexplotación de los acuíferos y cuecas aledañas (Cuenca Río Colorado, Acuíferos: Valle de Mexicali y *Coyote Wells Valley*) y 3) la dinámica hídrica de los ecosistemas desérticos datileros (Lezzaik & Milewski, 2018; Sanchez et al., 2016; Scanlon et al., 2015; Voss et al., 2013)
- 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, 2015, 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 territorial 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 permitió: identificar las zonas de mayor aptitud para la expansión datilera según variables ambientales y sociales, delimitar matemática y espacialmente la superficie expuesta (*SExp*), identificar cómo la aptitud se ve afectada o promovida por las variables integradas en el análisis, por tanto, identificar las problemáticas de no establecer la superficie datilera en una buena ubicación.

A grandes rasgos concluyó que *SExp* abarca un total de 83,511.51 Km², lo que representa un 24.78% del área de estudio. Tal área se encuentra en el noroeste de la Laguna Salada (ver sección V.1.2). Gran parte de su idoneidad se debe a que:

- el 95.45% del área de estudio posee pendientes menores que 10°,
- la presencia de humedales y las zonas de inundación se localicen en la porción central del acuífero,
- la distancia existente a caminos y
- que el área ejidal altamente idónea converja con los ejidos que mayor disponibilidad de superficie tienen para crecer.

El principal problema para expandir la superficie datilera en la Laguna Salada se asocia con el AAS y la tenencia de la tierra pues, gran proporción de área en tales temáticas ha sido clasificada como que ostenta una idoneidad baja para la expansión. Otras problemáticas se relacionan con: edafología (ej. fertilidad del suelo), disponibilidad y distancia a la mano de obra y distancia a carreteras (ej. escasez de mano de obra, dependencia a precios del combustible, aumento de mermas en postcosecha).

Hasta ahora, solo Nemesio Laguna (2017) es quién reporta un problema de mermas y menciona una dependencia al combustible. 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 converge con lo anteriormente expuesto.

Por otra parte, gracias al análisis de idoneidad se estima que el 33% de los ejidos que presentarán problemas para expandir sus hectáreas. Entre ellos se encuentran: Felipe Ángeles II, José Saldaña II, Plan Agrario y Jamú; quienes casi el 100% de sus hectáreas poseen una aptitud media-alta por localizarse al sur del área de estudio donde las variaciones de agua son mayores, hay zonas de inundación y humedales, tienen menos acceso a mano de obra y los mercados locales contiguos son pequeños.

En: Guardianes de la Patria, Guardianes de la Patria 1 y General Rodolfo Sánchez Taboada el porcentaje es menor pero aún siguen estando cerca de suelos salinos, zonas de inundación y humedales, por lo que su expansión debería estar condicionada al análisis de suelo y agua. A estos ejidos se le suma

Tigres del Desierto, pues sus granjas se encuentran cerca de suelos salinos, zonas de inundación y humedales y, según la Figura 15, actualmente posee hectáreas que están ubicadas fuera de la región más idónea.

Los 16 ejidos restantes no tendrían problemas para expandir su superficie productiva debido a que se encuentran en la zona de más alta idoneidad; sin embargo, También se recomienda hacer un análisis de suelo y agua en los ejidos del área de estudio pues el tema de salinidad por falta de estadísticas y la cartografía utilizada se encuentra a una escala de 1:250 000.

En otro orden de ideas es importante destacar que se detectaron 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 hasta 52.31% del área de estudio; sin embargo, si sucede tal hecho estarán degradando la aptitud ecológica, florística y fisonómica en un 51.77%.

VI.2.- Fase II: La Fragilidad Productiva Territorial

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*)

Desarrollar un análisis sobre la superficie productiva fue importante porque expuso las condiciones productivas actuales y la factibilidad de expandir la superficie datilera; así como también contribuyó a:

- despejar dudas acerca de la capacidad productiva del cultivo de generar beneficios sociales fuera de la principal zona de producción a nivel mundial,
- exponer evidencias sobre la disminución del valor del agua mientras se incrementa la escala de producción,
- visualizar el riesgo que existe de ostentar un concepto del territorio meramente socioeconómico.

Empezó señalando que la Laguna Salada *no tiene una jurisdicción propia*, lo cual es importante porque nadie se hace responsable de las decisiones tomadas y, consecuentemente, podría incrementar la vulnerabilidad del territorio. Luego, recopila la *información productiva* y expone que las 1,271.26 hectáreas han dejado de ser una actividad económica. Dicho hallazgo resulta relevante porque, mientras que las hectáreas de olivo han pasado a ser parte del ecosistema de la Laguna Salada, los balances hídricos de CONAGUA (2020a, 2020b) siguen contabilizando su consumo de agua como parte de la extracción del sector agrícola. Este hecho aumenta el riesgo de un posible conflicto social futuro.

Posteriormente, las estadísticas productivas destacan que la producción datilera es familiar (mismos apellidos), de índole comercial (destina su producto al mercado internacional), que está iniciando (solo el 11.71% de las hectáreas han sido cosechadas) y tiende a ser monopolística (concentrar en pocos agricultores gran cantidad de hectáreas). Aquí cabría destacar que la característica de la agricultura familiar en México se relaciona con escalas de producción pequeñas, problemas de rentabilidad y mala calidad del producto (FAO & SAGARPA, 2014a), mientras que la agricultura comercial es característica de la industria frutícola mexicana (FAO & SAGARPA, 2014a; FIRA, 2014). Este tipo de agricultura es intensiva en el uso de los recursos naturales, requiere menos mano de obra, menor cantidad de tierras, el rendimiento económico es su objetivo, las transnacionales tienen el dominio de la tierra vía demanda de mercado (FIRA, 2014; Macías Macías, 2010).

En este sentido, el agricultor datilero y la economía familiar se encuentran en total incertidumbre. No solo tienen que enfrentarse a los vaivenes del tipo de cambio, sino que también a agentes internacionales que controlan la cadena de suministro desde lejos. Si la perspectiva de estos agentes internacionales es el rendimiento económico (lo común según Macías (2010)), la superficie agrícola es vulnerada social y físicamente. Poseer la mejor información en tiempo se vuelve indispensable para evitar lo más posible el riesgo. Siendo que la información productiva en el continente americano es escasa y el 89% de los productores apenas comenzará a producir, es necesario en invertir en la generación de bases de datos.

En cuanto a la *demanda de agua* 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 26), el problema no necesariamente es el consumo anual, sino más bien cuánto se paga o valora ese hm³ utilizado. Según la Figura 26, el valor del agua ($V_{Agua_{ad}}$) disminuye si se siembran mayor cantidad de hectáreas y si se riega con una lámina menor. Tal disminución lleva a que a partir de la hectárea 15, el costo de regar ($CR_{iego_{ad}}$) sea el nuevo

precio. La problemática que se suscita por que el $CRiego_{ad}$ 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 $VAgua_{ad}$ y $CRiego_{ad}$ 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 hm^3 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 $VAgua_{ad}$ se resolvería integrando a la “cuota fija” el poder adquisitivo perdido en el tiempo, o bien, que esta sea una proporción del hm^3 consumido; sin embargo, esto no significaría un mayor ahorro de agua. El agua es un bien público 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.

Teniendo los resultados de Pfeiffer & Lin (2010) y la perspectiva dinámica que plantea la sustentabilidad antropocentista, la única solución es jugando (dinámica) con las vulnerabilidades (física y social) en el tiempo espacio. Ello requerirá un estudio profundo de hasta qué nivel de vulnerabilidad soporta la sociedad (pues la política hidro-agrícola siempre ha sido social (Barbier, 2015)), estadísticas hidroagrícolas puntuales eficientes, la construcción de modelos de gestión dinámica y la implementación eficaz de los mismos.

En cuanto a la ***factibilidad de la expansión datilera*** concluye de que por lo menos todos los productores deben poseer una superficie de 0.6747 hectáreas ($SSens$ mínima); sin embargo, según el directorio de productores datileros de la Laguna Salada de la SADER (2018a) señala que el 35.7% de estos ostentan una $SSens$ menor. Por otra parte, expone que una decisión basada en el aspecto económico del territorio solo contribuye a incrementar el consumo de agua ($R^2=70.85\%$), disminuir el $VAgua_{ad}$ y

CRiego_{ad} ($R^2=91.70\%$), endeudar a productores (Crédito $R^2=61.84\%$) y generar una pequeña cantidad de empleo (no más de 10) ($R^2=70.08\%$). Aunque es pequeño el número de empleos, el análisis la disponibilidad de mano de obra de alrededor es escasa (INEGI, 2020a).

En este sentido, las autoridades no deberían hacer tanto énfasis en la TIR para apoyar un proyecto, sino que también en las condiciones, derrama económica y *riesgos* que genera. En tanto que, es importante que al productor se le haga saber que, para obtener los retornos de inversión de 13.05-35.0% (según TIR):

- debe pasar entre seis y ocho años en incertidumbre financiera (PRI),
- debe ostentar una línea de crédito mayor a 600,000 pesos (según Figura 27), y
- que por cada hectárea que trate de adicionar la línea de crédito incrementará 369,655.74 pesos.

De no plantear este escenario a los tomadores de decisiones (gobierno, productores), aumenta la posibilidad de que se vulnere el territorio.

Por las consecuencias de la pandemia (logística, inflación, tasas de interés incrementales) y las consecuencias de la guerra contra Ucrania (devaluación del dólar frente a otras monedas, aumento de los precios de petróleo), la expansión de la superficie debe llevarse a cabo ahora. En cuanto a que por la derrama que genera, es mejor pensar en otro cultivo a expandir (ej. el aguacate) o combinarlo con hortalizas, los cuales también ostentan gran demanda en el mercado pero consumen menos agua (FIRA, 2014).

En cuanto a los *beneficios que puede generar el cultivo*, la Tabla 35 expone el por qué el cultivo datilero solo está generando el 50% del total y quizá pueda generar el 75%.

Tabla 35. 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 dado lo retirado que se encuentra de 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 el costo 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, 2018a).

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	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 25). 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, 2018a), 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*)

Otro de los más grandes avances de este trabajo fue la estimación de la superficie sustentable. Anteriormente, solo había metodologías para delimitar la superficie idónea (aquí = *SExp*), superficie óptima (aquí = *SSens*) y la superficie de vulneración al cambio climático (Luers, 2005; Luers et al., 2003). Esta última dependía de establecer un umbral de la temperatura, el cual se obtenía promediando la temperatura promedio. Como esta tesis no está midiendo la vulnerabilidad al cambio climático, sino la del territorio; el umbral que definiría la vulnerabilidad de la superficie productiva era lo equilibrada social, económica y ambientalmente que estuviera, en otras palabras, su sustentabilidad.

El insumo principal para calcular la superficie sustentable fueron los *USup* (umbrales superficiales) de: Empleo Máximo, PRI, TIR, *CRiego_{ad}* y *VAgua_{ad}*. No se contempló la *SExp* porque la *SSens*P* representa el 0.00004% de esta. Aunado a ello, en vez de promediar los valores como lo hacen Luers (2005) y Luers et al., (2003), se decidió elegir el más pequeño pues no existía 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.

Un *USup* pequeño aumenta la probabilidad de que un productor pueda acceder al crédito y mantenga su ingreso familiar y de que el incremento superficial no vaya a consumir mucha agua. La condición más importante fue que el *USup* fuera más grande o igual a *SSens* mínima pues esta asegura cierta rentabilidad económica y cierta cantidad de empleos. La Tabla 36 expone las razones por las cuales se eligieron los *USup* de la Tabla 29.

Tabla 36. De la selección de los Umbrales Superficiales

Ámbito de la Sustentabilidad	Variable	<i>USup</i>	Razón de importancia	Crédito*
	<i>SSens</i> mínima	0.6475		
Social	Empleo	11.0000	En 11 hectáreas se generarían 2 empleos formales, en vez de 1.3 empleos generados por establecer 7 hectáreas (<i>VAgua_{ad}</i>).	4.2
Económico	PRI	14.0000	14 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 son menores al 0.1 puntos porcentuales.	5.0
Ambiental	<i>CRiego_{ad}</i>	15.0000	Los incrementos en el costo de riego que son menores a 0.01 centavos/m ³ se alcanzan sembrando 15 hectáreas (ver Gráfica 2);	4.2
	<i>VAgua_{ad}</i>	7.0000	A partir de 7 hectáreas, la diferencia en el valor del agua (según láminas implementadas) es casi imperceptible (menor que 0.1 centavos/m ³) (ver Gráfica 1).	2.8

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

Dados la Tabla 36 se eligió el *USup* de *VAgua_{ad}*. Con tal escala, también se conserva el valor del agua y disminuye el impacto al ecosistema.

Cabe destacar que según la Tabla 36, el *SSust* podría estar en un rango entre 7 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 27)], 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).

Según el directorio de productores de la SADER (2018a), el 89.28% de los productores posee *SSens* por debajo de 7 hectáreas y 3.57% de los productores poseen *SSens* por encima de 16 hectáreas.

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

El *Grado de Vulnerabilidad Territorial (GVT)* aquí desarrollado permite: 1) visualizar las consecuencias de expandir o no la superficie productiva (en este caso la datilera) sobre el territorio estudiado (Laguna Salada); 2) discernir en qué medida es recomendable expandir la superficie, 3) definir la fragilidad del territorio con cierta superficie productiva y lo alejado que se encuentra del escenario deseado (*SSust*), así como 4) adecuar el escenario deseado según las perspectivas de los tomadores de decisiones (agentes del desarrollo) e información disponible.

Supone que, todas las *SSens* por debajo de *SSust* pueden expandir la superficie productiva porque el territorio aun es resiliente; en cambio, todas las *SSens* por encima de *SSust* indican que el territorio es frágil y que la expansión productiva aumentará la vulnerabilidad. Dada la capacidad de modificación del escenario deseado, su implementación no debe de ir separado del análisis de *SSens* y los *USup* que definen *SSust*.

La construcción como tal dependió en gran medida del modelo matemático de Luers et al., (2003) sobre la superficie de vulneración en zonas áridas de México. Otros factores que intervinieron fue que: los tomadores de decisiones no se hacen responsables de estas y generan amenazas a escalas planetarias (UNISDR, 2015; PNUD, 2020), la recién conceptualización de la sustentabilidad de la superficie agrícola en función de las prácticas resilientes (ONU, 2015), el dinamismo que ha de tomar la gestión territorial en el siglo XX para hacerle frente a los cambios (PNUD, 2020) y que todas las investigaciones sobre vulnerabilidad supongan que la capacidad de un territorio es inverso a la vulnerabilidad del mismo (expuesto en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Habiendo dicho esto, los resultados comprueban que a medida que crece la superficie sembrada de palma datilera, mayor será el grado de vulnerabilidad del territorio (GVT). Con base en $SSust * P = 196$ definen el *Stotal* que se puede a sembrar 196 hectáreas. Como actualmente hay sembradas 93.86 hectáreas, la *SCreecer* (Superficie a crecer) es de 102.14 hectáreas (*SCreecer*). El *CAgua Acum*, el Empleo Máximo, el VAN y el Crédito las variables que más explican el GVT ($R^2 = 100\%$); debido a ello, el GVT está asociado con el porqué se expande la superficie productiva, las consecuencias de expandir la superficie. La gestión hídrica no se queda atrás, pues el *VAgua_{ad}* explica un 99.96% de la variación en GVT.

Por otra parte, el que el PRI se relacione positivamente ($R = 74.21$) y significativamente con el GVT ($R^2 = 86.14$); expone el nivel de incertidumbre y desesperación financiera en el que se somete el agricultor; en tanto que la asociación con el índice de B/C ($R^2 = 73.12\%$) refleja la importancia de generar beneficios sociales. 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.

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.

Dado estos resultados es muy probable que estos productores tengan problemas administrativos, estén desesperados porque su recuperación de la inversión no llega, y el flujo de efectivo sea menor al que desean; sin embargo, se debe hacer un análisis social más preciso del porqué necesitan expandir la superficie datilera.

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

La Fase III responde a: qué tan capaz son los actores del desarrollo de mejorar su situación actual, cuáles son los impedimentos que no permiten adaptarse y qué estrategias/políticas se deben seguir para fortalecer la resiliencia territorial. En este sentido, se llevó a cabo un análisis de la sensibilidad de los indicadores de la inversión y un análisis de la capacidad de gestión. Ambos comprueban que en lo local confluyen todas las escalas territoriales (ver Tabla 31 y Tabla 32) y que si los modelos actuales no se atienden es muy posible que se vulnere el territorio por ignorancia.

En el caso del *análisis de sensibilidad*, 3 de las 6 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. Bajo este aspecto, los efectos de la pandemia de COVID-19 actualmente elevan la inflación y tasas de interés, 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. 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). En México, estos mercados de nicho se caracterizan por personas que valoran su salud y conservan un poder adquisitivo.

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) que un productor en Valle de Mexicali perdió el 100% de sus hectáreas sembradas por este motivo. Lo paradójico es que se ostenta una cédula de cultivos (manual productivo) para tal localidad (SEFOA, 2014).

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 Hijo (Pesos). En este sentido, no ha habido mayor degradación productiva a nivel granja porque existen problemas en estos temas. 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. 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.

Hasta ahora, ninguna ley visualiza a la expansión de la superficie agrícola como un problema. Aunado a ello, la carta magna mexicana define la sustentabilidad en función de ingreso, empleo y competitividad en el mercado (SEGOB, 2020a, p. Art. 25). Como la competitividad involucra los recursos disponibles, supone que si es competitivo no hay problemas con la escasez de recursos naturales. No obstante, las escasas estadísticas hidroagrícolas nacionales señalan que: a mayor

competitividad en el mercado, mayor agua se extrae y mayor escasez hídrica se genera (CONAGUA, 2020b; SADER, 2019a).

La no representatividad del componente ambiental en el Art. 25 constitucional conlleva a que cada dependencia ostente su propia definición de sustentabilidad (las cuales divergen entre sí). También a 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 28 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 otra parte, 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. Aunado a ello han promovido el análisis de impacto ambiental, el ordenamiento territorial y la evaluación de vulnerabilidad como herramientas para ser resilientes. Bajo este tópico, cabría señalar que el más reciente plan de ordenamiento territorial de Baja California data del año 2014, y 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).

En 2011, la FAO reconoce que los territorios agrícolas están en riesgo (FAO, 2011); mientras que el PNUD (2020) busca introducir el aspecto sistémico en el análisis territorial. En este sentido, por lo que 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;
- 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.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIÓN

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 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.

Los resultados concluyen en que, bajo la estructura productiva actual y con la información disponible, es posible expandir la superficie sembrada hasta 196 hectáreas (7 hectáreas/productor) dado que el grado de vulnerabilidad territorial (GVT) es de -57.14 ($SSens$ promedio < $SSust$). 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 de los productores y degradar el ambiente.

Tal expansión debe generarse en la zona noroeste del área de estudio, sino correrá el riesgo de vulnerar el bolsillo de los productores y degradar el ambiente. Aunado a ello, se encontró que existen problemas de índole administrativa que si no se atienden pueden debilitar la capacidad territorial. Por ejemplo, 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.

En este sentido, para mejorar la capacidad productiva territorial se necesita que el gobierno analice las tarifas de agua en los ejidos, otorgue mejores planes de financiamiento en los primeros años (que eviten la necesidad de querer expandir la superficie productiva), capacitar a productores en la administración de la granja y a los jornaleros en habilidades productivas; pero sobre todo en la actualización de los planes y la mejora de las leyes sobre sustentabilidad agraria

Teniendo en cuenta la dependencia de la TIR al Crédito y el PRI, los productores podrán expandir su superficie después del año 10. De esta manera se evitan la acumulación de deudas por una nueva

inversión. Si se quiere disminuir la dependencia al crédito, en los primeros años se debe vender los hijuelos, cuidar la calidad del producto y vender otros subproductos de la palma.

Gran parte de estos resultados se debió a que: se encontró que hay suficiente agua para expandir la superficie datilera, se utilizó rendimientos productivos ajustados para la zona de estudio, se utilizaron técnicas de interpolación de datos espaciales por la escasez de datos puntuales y no se contempló la aptitud climática de la superficie (dados las proyecciones de Shabani et al. 2016); por ende, la química de agua, la relación fertilizante-rendimiento, la información hídrica del subsuelo y las características del suelo a escalas menores de 1:250 000 son algunas variables que pueden cambiar los resultados sobre el grado de vulneración. Debido a ello, se recomienda que la academia trabaje bajo estos aspectos.

Teóricamente, esta tesis expande el conocimiento sobre vulnerabilidad, territorio, capacidades productivas, sustentabilidad y resiliencia. A través de una evaluación de la vulnerabilidad logra:

- 1) estimar la oferta de agua subterránea del territorio (análisis de OA)
- 2) definir las zonas de mayor vulneración (análisis de idoneidad)
- 3) identificar que sucede con el territorio si se contempla una política social o ambiental (regresiones lineales entre TIR y otras variables explicativas productivas).
- 4) diferenciar entre potencial y capacidad (análisis de beneficios sociales)
- 5) destacar los conflictos de uso de suelo (análisis de idoneidad -vegetación) y otros peligros asociados con la expansión productiva (análisis de SSens)
- 6) unir conceptos aislados: vulnerabilidad, sustentabilidad y resiliencia en un mismo indicador (cálculo de GVT)
- 7) identificar las variables que aumentan la vulnerabilidad del territorio (evaluación de GVT)
- 8) comprobar que a medida que aumenta la superficie productiva más incapaz es el territorio de recuperarse (cálculo de GVT).
- 9) identificar problemas monopólicos asociados con la producción datilera (cálculo de GVT Agri)
- 10) identificar qué productores pueden expandir su superficie (cálculo de GVT Agri)
- 11) comprobar que en el territorio local confluyen todas las escalas territoriales (análisis de sensibilidad),
- 12) identificar las estrategias más importantes para el territorio por tipo de agente del desarrollo (análisis de la capacidad adaptativa territorial)

Dada la escasez de información incita a su debate.

En este sentido concluimos que la evaluación de la vulnerabilidad territorial permite abordar todos los ejes temáticos que la componen: productividad, la rentabilidad, la resiliencia, la tierra y el agua, el trabajo decente y el bienestar (FAO, 2020); no solo eso, también permite vislumbrar los efectos de la toma de decisiones. Por ende, el indicador de vulnerabilidad territorial aquí usado para calcular la escala de producción (GVT), pudiera ser usado como indicador de sustentabilidad en otros territorios. Su aplicabilidad dependerá de realizar comprobaciones en territorios con más de un cultivo.

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>
- Alabdulkader, A. M., Al-Amoud, A. I., & Awad, F. S. (2016). Adaptation of the agricultural sector to the effects of climate change in arid regions: Competitive advantage date palm cropping patterns under water scarcity conditions. *Journal of Water and Climate Change*, 7(3), 514–525. <https://doi.org/10.2166/wcc.2016.096>
- 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>
- 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>
- 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). Evaluación del riesgo sísmico: Un modelo basado en la teoría 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. (2015). *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. (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
- 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>
- FAO, & UN-Water. (2021). *Progress on the level of water stress. Global status and acceleration need for SDG indicator 6.4.2*. <https://doi.org/10.4060/cb6241en>
- 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.
- GobBC. (2014). *Actualización del Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019*. [http://www.copladebc.gob.mx/PED/documentos/Actualizacion 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. *Ijltemas*, 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>
- 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

- 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>
- 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. Kasperson & 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 mexicana: 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 datil 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., Goepfert, 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>
- 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>
- 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_GLDAS2.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. (2018a). *Directorio de productores de palma datilera. Ciclo Otoño Invierno 2017-2018. Laguna Salada*.

- SADER. (2018b). *Directorio de productores de palma datilera ciclo otoño-invierno 2017-2018. Valle de Mexicali*.
- 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>
- 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/>
- 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/>
- 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 interpretation. 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>
- 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. (2015). *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.v0i131.496>
- 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>
- 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>
- 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

*Yo!, era un objeto esperando a ser ceniza.
Un día decidí hacerle caso a la brisa [...]
no me convenció nadie, me convenció tu sonrisa
Y me fui tras de ti persiguiendo mi instinto
Si quieres cambio verdadero pues, camina distinto
Dame la mano y vamos a darle la vuelta al mundo.
Darle la vuelta al mundo. Darle la vuelta al mundo
(Calle 13, La vuelta al mundo, 2010)*