



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-



REVISTA DIGITAL

KITZIA

portadora de la verdad

SEGUNDA EDICIÓN 2024



REVISTA DE LA DIVISION DE
CIENCIA Y TECNOLOGÍA-CUNOC

Kitzia

DIRECTORIO

Director General Centro Universitario de Occidente:
Dr. César Haroldo Milián Requena.

Secretario Administrativo:
Lic. José Edmundo Maldonado

Director División de Ciencia y Tecnología:
Ing. Hugo Leonel Rodríguez Loarca.

Coordinador Carrera de Agronomía:
Ing. Fernando Montes Minera.

Coordinador Carrera de Gestión Ambiental Local:
Ing. MSc. Jesús Feliciano de León Wannam.

Coordinador Carrera de Administración de Tierras:
Ing. MSc. Javier Zúñiga Cervantes

EDITORIAL

Para la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente (CUNOC), es un verdadero gusto cumplir con una segunda edición de su revista Kitzia, y cumplir con el objetivo de difundir los proyectos de investigación que se producen no solo en nuestra División sino en otras que igualmente generan conocimiento científico, en nuestra querida Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC).

La multidisciplinariedad en la generación de conocimiento ha abierto espacios importantes en el debate actual en el abordaje de la problemática sectorial. Que la academia se reencuentre con los valores y conocimientos ancestrales, es por demás decirlo, es reconocer que nuestra cultura ancestral ha sido por historia uno de los principales baluartes que la ciencia ha tenido pendiente y, se ha denostado por el conocimiento y prácticas eurocéntricas. Los recursos marino costeros no precisamente han ocupado un espacio importante en la investigación y generación de conocimiento, la vulnerabilidad de los mismos ha estado en debate sin que se tome en serio su conservación y se reduzca la vulnerabilidad, en este número se hacen aportes importantes, y motivamos a un empuje científico constante.

La Ciencia y Tecnología no puede concebirse sin incorporar en su análisis e interpretación el desarrollo económico con una mirada hacia la ruralidad guatemalteca. Las poblaciones locales han generado importantes estrategias de adaptación y participación en la economía local y regional, estos aportes son valiosos en la generación y ordenamiento de algunas experiencias importantes. De igual manera, el discurso de la Economía Circular, para volver hacia los grupos sociales que participan en la generación de riqueza y extienden los ciclos de vida de los materiales y retoma el discurso de la sostenibilidad ambiental en el reúso de los materiales así como la promoción de las prácticas de reciclaje son sus objetivos fundamentales, por tanto, comprenderla y aplicarla es fundamental para la Gestión Ambiental Local, es una demanda que cobra vigencia.

La Ciencia y Tecnología como una constante de cambio, debe saber adaptarse y tomar los aspectos importantes de la Inteligencia Artificial, que sin duda, es una herramienta importante en la generación del conocimiento actual, el debate en cuanto al mecanismo de uso seguirá provocando discusión y análisis, la academia debe adaptarse a su comprensión y, permitir que los usuarios sean responsables, como herramienta tecnológica no se puede ni debe ignorar, seguramente vendrán otras herramientas igual de importantes pues su avance camina pasos agigantados. Por otro lado, la nanotecnología en los estudios del recurso hídrico y en la producción en la industria camaronera nos permite abrir el abanico del conocimiento científico e impulsarlo para mejor comprensión de la diversidad de sistemas. Producto de la variabilidad climática los ecosistemas se han alterado, un ejemplo de ello es el nivel freático a nivel de microcuenca, los aportes tecnológicos basados en sondeos eléctricos permiten dar soporte a los estudios de investigación y comportamiento del recurso hídrico en la zona, los aportes al conocimiento científico se consolidan y permiten que la población habitante de las microcuencas participen en la solución de sus problemas de manera activa y conjunta, el abordaje de manera sistémica y multidisciplinaria, nuevamente toma importancia.

Los bosques desempeñan un papel importante en el manejo y conservación de las cuencas, mantener la población boscosa, recuperarla y restaurarla es el gran reto, como población humana hemos llevado este valioso recurso a niveles críticos. Sin embargo, se reconoce que el bosque es valioso para que las distintas zonas y ecosistemas continúen siendo indispensables para la recarga hídrica y con ello, asegurar que las poblaciones humanas, animales y vegetales tendremos garantizado el abastecimiento de este vital líquido. El abordaje no puede aplazarse.

Con esta segunda edición, esperamos poder contribuir a la difusión de importantes estudios efectuados por nuestros estudiantes, docentes y profesionales que han contribuido con sus valiosos conocimientos compartidos en estas páginas, a cada uno /a de quienes han escrito y contribuido para esta edición, nuestro profundo reconocimiento y agradecimiento, de nada serviría generar conocimiento si este no llega a quienes verdaderamente importa, la sociedad guatemalteca y a aquellos sectores que consideren que contribuimos de manera alguna a la solución de los problemas que enfrenta nuestro territorio. A todos y todas, muchas gracias y esperamos prontamente llegar a ustedes mediante nuestra tercera edición. Por una Universidad de San Carlos de Guatemala al servicio de su sociedad.

Ing. Hugo Leonel Rodríguez Loarca.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

INDICE

→ Directorio	1
→ Editorial	2
→ Índice	3
→ Exploración de la gestión integral de plantas medicinales en nueve comunidades de Santiago Atitlán, Sololá	5
→ Adaptación: acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad de la zona marino-costera del Pacífico de Guatemala ante el cambio climático	9
→ Desarrollo económico rural mediante la estrategia de complejos productivos multisectoriales.....	15
→ La Economía Circular: ¿una alternativa viable para enfrentar la crisis ambiental?.....	20
→ Inteligencia Artificial generativa en la educación.....	26
→ Control de sólidos suspendidos por medio de oxidación de la materia con tecnología de nanoburbuja de oxígeno y ozono en agua de pre-criadero de camarón (<i>Litopenaeus vannamei</i>).....	29
→ Evaluación del comportamiento del nivel freático mediante el método geofísico de sondeo eléctrico vertical de la microcuenca del valle del municipio de Almolonga, departamento de Quetzaltenango	32
→ Determinación de recarga hídrica potencial del bosque municipal El Cebollín, de Aldea las Ventanas, municipio de Cabricán, Quetzaltenango.	36
→ Invitación	41
→ Créditos	42
→ Agradecimientos	42

Exploración de la gestión integral de plantas medicinales en nueve comunidades de *Santiago Atitlán, Sololá*



Autor: Sosof Sisay, Denis Anny Mayalitz. Ingeniera en Gestión Ambiental Local, (CUNOC-USAC 2024).

Asesora de investigación: María Victoria García Quex. Profesora interina, División de Ciencia y Tecnología. Ing. Agr. en sistemas de producción agrícola. (CUNOC, 2000)

Resumen: Las plantas cumplen diversas funciones y los humanos dependemos de ellas. Por ello, esta investigación, se centró en explorar la gestión de las plantas medicinales al identificar las especies de plantas, describir los usos y manejos, y determinar tanto las amenazas como las prácticas de conservación de las plantas, así como los conocimientos. Este estudio se llevó a cabo durante el período 2022-2023, en nueve comunidades del municipio de Santiago Atitlán, Sololá, usando la metodología cualitativa etnográfica. En la cual se realizaron revisiones bibliográficas, recorridos de campo, entrevistas y análisis documental. De los resultados obtenidos, se tiene un total de 88 especies de plantas medicinales, mayormente de la familia Asteraceae. Se utilizan más para tratar enfermedades respiratorias, digestivas y metabólicas. Aunque también para enfermedades culturales como *xin b'iniem* y *xin ruwnaq*.

Además, esto conlleva a una relación más directa, porque las plantas están presentes en diversos ámbitos de su vida, más allá de la sanación física, también se podría decir que implica una sanación espiritual en sus vidas. También, consideran a las plantas como otro ser vivo con el cual se convive, se respeta y que da frutos o beneficios para los humanos, por lo que hay que estar agradecidos. En este sentido, es importante mencionar que la cosmovisión maya se encuentra presente, a pesar de las influencias de un mundo cada vez más globalizado. Por último, se destaca que ciertamente se está teniendo un declive o cambio en cuanto a la generación o transmisión de conocimientos, pero a pesar de ello las plantas aún son relevantes en su diario vivir, entonces instan a conocer más, entender esa relación con la naturaleza en general y así cuidar el entorno en donde se vive.

Palabras Clave: Gestión, plantas medicinales, terapias alternativas, cultura.

Introducción: Santos et al. (2006), consideran que la pérdida de la biodiversidad está ocurriendo debido a la fragmentación y degradación de los hábitats naturales. Incluso, el Informe Planeta Vivo de la World Wide Fund for Nature (2020), afirma que la forma en que producimos alimentos es la principal causa de la disminución de las poblaciones de especies animales y vegetales. Ciertamente, es destacable que el aumento de la población humana también contribuye a dicha fragmentación de los hábitats naturales.

En consecuencia, en diversos lugares se ha visto la importancia de preservar las plantas, como lo indica la Declaración del Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), que busca la conservación, uso sostenible y distribución equitativa de la biodiversidad. Asimismo, Hakeem & Aftab (2021) señalan que es necesario conservar y documentar estas plantas con sus usos tradicionales para protegerlos.

Método: La metodología usada fue de tipo cualitativa etnográfica, pues como es a nivel de exploración, se ha iniciado como una investigación descriptiva, enfocada en las prácticas, el manejo, y los significados hacia las plantas medicinales. Para ello, se realizaron:

Revisiones iniciales de literatura Tanto en físico como en digital; teniendo acceso a documentos en bibliotecas y artículos en línea.

De hecho, Huang (2011) indica que más del diez por ciento de las plantas medicinales se usan en drogas y productos de salud. Pero la distribución no es uniforme, ya que como registró Rafieian-Kopaei (2012), China e India tienen las estimaciones más altas de uso de plantas medicinales.

A nivel nacional, se tiene la Política y estrategia de Diversidad Biológica. En donde se menciona que se debe procurar la preservación tanto de los conocimientos como de las plantas en general. Sin embargo, en el área de Sololá, se han dado estudios generales como el de McVean (2006) y Barreno (2012). Y luego, López-Valenzuela, et al. (2022), hicieron un estudio específico acerca de las propiedades de dos especies de plantas para tratar la diabetes mellitus tipo 2 en el año 2021 en la población específica de Santiago Atitlán. Por ello, en este estudio se fomenta la recuperación de los conocimientos sobre los usos, manejo y conservación de las plantas medicinales.

Identificación de actores clave A través de la observación y conversaciones entre los primeros entrevistados para ir conociendo a otras posibles personas para las entrevistas.

Entrevistas semi formales Teniendo un total de 32 entrevistas a profundidad, de los cuales se tiene un promedio de 20 minutos por entrevista, usando una guía de entrevista.

Recorridos de campo Para conocer las áreas en donde se cultivan las plantas medicinales o en donde se han presenciado a las mismas.

Ubicación de las comunidades y los lugares de recolección A través de Google Earth y otra aplicación llamada UTM Geo Map, obteniendo mapas como resultado.

Recolección de plantas Para producir un herbario, que registra aquellas plantas que ya no se encuentran fácilmente de forma silvestre.

Análisis de los datos A través de la tabulación, la categorización y la triangulación de la información obtenida tanto en campo como lo que se ha escrito en otras investigaciones.

Identificación de actores clave A través de la observación y conversaciones entre los primeros entrevistados para ir conociendo a otras posibles personas para las entrevistas.

Comunidades La elección de estas comunidades se basó en criterios como proximidad, altitud y disponibilidad de información, así como en la obtención de permisos necesarios. Además, se inició con cinco comunidades, pero por la riqueza de los conocimientos y la voluntad de compartir los mismos, se incluyeron cuatro más. Así que las primeras comunidades fueron: Xechivoy, Tzanjuyú, Pachichaj, Panabaj y Chu kmuk. Luego, se incluyeron: Panaj, Tzanchaj, Chacayá y Panul. Las personas participantes fueron: comadronas, vendedores, curanderos, viveristas, docentes, médicos, amas de casa, un naturista, una psicóloga y un huesero.

Resultados: Se identificaron 88 especies de plantas medicinales. Como se observa en la siguiente gráfica, la familia Asteraceae es la predominante en este estudio, seguida de Lamiaceae, Apiaceae y Rutaceae.

uso de las plantas. Aunque, se ha registrado un aumento en enfermedades como obesidad, niveles altos de triglicéridos y problemas con el hígado graso. Más recientemente, se está efectuando un uso estético y cosmético.

Por otro lado, en el pasado se hizo uso de las plantas medicinales para abortos durante el conflicto armado interno, por violaciones sexuales. No existen registros exactos de qué plantas, pero sí se mencionó que desde entonces no se ha tenido un sistema de salud eficiente ni en buenas condiciones, por lo que las personas prefieren hacer uso de plantas medicinales. Además, esa época es traumática en la historia del pueblo, por lo que es un tema sensible y que aún sigue teniendo repercusiones en la actualidad.

Manejo

Las personas entrevistadas mencionaron que al no tener suficiente espacio para cultivar, han optado por mantener sus plantas en macetas y si en dado caso salen plantas silvestres también las utilizan, no las cortan. El manejo que se realiza es de tipo físico-cultural al hacer limpiezas o podas y riego de acuerdo a los requerimientos de las plantas. Entonces, dependen mucho de cómo se va desarrollando la planta, es decir que van observando los cambios y haciendo las respectivas acciones que podrían ayudar en el crecimiento de la planta.

De igual forma, si hacen uso de algunas pesticidas que ellos elaboran. Pero prefieren evitar el uso de pesticidas y fertilizantes sintéticos. En cuanto a la cantidad de agua que aplican para las plantas que tienen, varía de acuerdo a la época del año y también a la necesidad de la planta. Por ejemplo, en época lluviosa no riegan las plantas, pero realizan podas o limpiezas. En época seca, es cuando tratan de hacer riegos constantes y procurando que no sean atacadas por plagas con las mezclas que realizan.

Amenazas

Se ha observado que el espacio en donde cultivan las plantas o donde salen de manera silvestre, es reducido, por lo que optan por comprar las plantas en el mercado. Tampoco tienen terrenos grandes en donde puedan producir más plantas, y también está ocurriendo que los espacios en donde originalmente había plantas se convierten en habitaciones para las familias, porque van creciendo y necesitan su propio espacio.

Otro aspecto es que varios de los entrevistados consideran que está ocurriendo una pérdida de los conocimientos por parte de las nuevas generaciones, pues hay otras influencias y el interés por conservar estos conocimientos es nulo o bajo. Lo cual también ha dado lugar a que su salud se vea afectada al consumir productos dañinos para su cuerpo. Además, otro factor importante, es el papel de la religión, que afecta en la toma de decisiones de las personas.



Uso: A continuación, se presenta el registro de las plantas medicinales, con sus respectivos nombres tanto en tz'utujil, español y su denominación científica. Igualmente, se incluyen los usos de las plantas, el tipo de planta de acuerdo a su acción farmacológica, etc.

TABLA 1 Plantas identificadas: nombres, usos y tipos

No. especie	Nombres común en tz'utujil	Nombres común en español	Nombre científico	Familia a la que pertenece	Uso	Naturaleza ecológica	Tipo de planta medicinal (acción farmacológica)	Tipo de planta, según su tamaño	Cultivo según temporalidad
1	apazote	coj	<i>Piper americana</i>	Lauraceae	relajante, mantiene el calor para dolores estomacales, dolores menstruales	cultivado	antiflatulento, antispasmodico	arbol	perenne
2	angoj	k'ay aq'it'om	<i>Artemisia alba</i>	Asteraceae	para desinflamar, para la tos	cultivado	digestivo, emenagogo, antitumorante	hierba	anual
3	q'aj	alfillo	<i>Alfium sativum</i>	Apiaceae	para dolores estomacales, nervios, presión alta, desinflante de la matriz	cultivado	digestivo, sedante, antispasmodico, emenagogo, galactogogo	hierba	perenne
4	albahaca	-----	<i>Ocimum basilicum</i>	Lamiaceae	para la diarrea, como desinflante de la matriz	cultivado	digestivo, antispasmodico, antitumorante	hierba	perenne
5	algodoncillo	ruaq' ruas'	<i>Asclepias sullivantii</i>	Apocynaceae	para la diarrea, como desinflante de la matriz	arvense	galactogogo	hierba	perenne
6	almanzo	-----	<i>Linum catharticum</i>	Linaceae	para desinflamar, para la menstruación	cultivado	digestivo, antispasmodico, antitumorante	hierba	perenne
7	amaranto glabro	-----	<i>Chenopodium glabrum</i>	Amaranthaceae	para desinflamar, para la menstruación	cultivado	digestivo, antispasmodico, antitumorante	hierba	anual
8	magüita	bu'y	<i>Angelica archangelica</i>	Apiaceae	para infección de oídos, tos, reducción de fiebre	arvense	antidolico, antitumorante, emenagogo	hierba	biannual
9	ato	ato	<i>Pimpinella anisum</i>	Apiaceae	para el estomago, para la tos	cultivado	digestivo, antitumorante	hierba	anual
10	apazote	ak'aj	<i>Dryophanta americana</i>	Asteraceae	para dolores estomacales, para los herpes, y desinflante	arvense	digestivo, antitumorante, analgetico	hierba	anual
11	q'aj	-----	<i>Apium graveolens</i>	Apiaceae	dolores de estómago, diarrea, digestivo	cultivado	digestivo, antitumorante, emenagogo	hierba	biannual
12	acomate amarillo	maghu'	<i>Burkholderia calyciflora</i>	Asteraceae	para la fiebre	ruderal	antitumorante	arbolito	perenne
13	huanzo	aq'uj	<i>Musa paradisiaca</i>	Musaceae	para fortalecer el sistema inmune, controla presión	cultivado	antitumorante	hierba	perenne
14	huevo lengua de	ruaq' ruas'	<i>Bougainvillea glabra</i>	Celastraceae	para inflamación crónica de la palmita para la tos, fiebre	arvense	antitumorante	hierba	perenne
15	hugurilla	-----	<i>Nyctaginia glabra</i>	Nyctaginaceae	como materia de cacao, ya procesado, esoforante	cultivado	antitumorante	arbolito	perenne
16	cacao	lak'ow	<i>Theobroma cacao</i>	Melastomaceae	esoforante de la cura	cultivado	demagogico	arbol	perenne
17	cañi	kpe'	<i>Coffea</i>	Rubiaceae	esoforante de la cura	cultivado	demagogico	arbolito	perenne
18	calabazilla	-----	<i>Passiflora</i> sp.	Passifloraceae	fièvre, infección uraria	arvense	antispasmodico, antitumorante	hierba	perenne
19	cañilla	-----	<i>Cinnamomum verum</i>	Lauraceae	para los resfriados, dolores musculares, fiebre, tos	cultivado	antidolico, antitumorante, descongostante, antitumorante	arbol	perenne
20	cañita	-----	<i>Hordeum vulgare</i>	Poaceae	infección uraria	cultivado	digestivo, diurético, antispasmodico, descongostante	hierba	anual
21	chaya	-----	<i>Chenopodium acuminatum</i>	Euphorbiaceae	para combatir la desnutrición, fuente de vitaminas, diabetes, mejora la digestión	cultivado, arvense	antispasmodico, digestivo, inmunostimulante	arbolito	perenne
22	cañilla	ruak	<i>Alfium cepa</i>	Apiaceae	antiflatulento, para la tos, fiebre	cultivado	antidolico, antitumorante, antispasmodico	hierba	perenne
23	chile paigülo	chaj' ik'	<i>Capiscum annuum</i>	Solanaceae	para los ojos	cultivado	desinflante	arbolito	perenne
24	almanzo	-----	<i>Coriandrum sativum</i>	Apiaceae	para dolores estomacales	cultivado	digestivo	hierba	anual
25	capote	k'is	<i>Capsicum baccatum</i>	Capsicaceae	para desinflamar, descongostante, estimulante de trabajo de parto	cultivado	digestivo, descongostante, antitumorante	arbol	perenne

Fuente: Autoría propia. Basado en las entrevistas realizadas y datos obtenidos en línea de diferentes fuentes. Para ver cuadro completo, visitar: Cuadro-plantas medicinales en SA

Las plantas medicinales más utilizadas son: apazote, té de limón, ruda, pata de lagarto, manzanilla, limón, eucalipto, sábila y aguacate. Y las enfermedades que más se han presentado son: xin b'iniem (infecciones), xin ruwnaq (mal de ojo), dolores de estómago, presión arterial elevada, diabetes, resfriados, dolores de garganta, tos, gripe y fiebre. Estos últimos como parte de los síntomas en la pandemia COVID-19, que a partir de entonces, aumentó el

Prácticas de conservación

Entre las prácticas de conservación, se mencionaron sobre el cultivo de las plantas en sus patios o macetas y también dejar que las plantas se reproduzcan de manera silvestre. En el caso de un vivero, procura mantener sus plantas en buen estado, pero no solamente de uso medicinal, sino también ornamental y alimenticio. Otra práctica es difundir acerca del cuidado de las plantas, ya sea a través de conversaciones informales o a través de la enseñanza en escuelas. Asimismo, en el caso de los curanderos, esto implica valorar los beneficios que se obtienen de las plantas, fomentando el agradecimiento, el respeto y la responsabilidad de usar las plantas y curar a las personas.

Otra de las prácticas más antiguas es el uso del temazcal, pues desde tiempos anteriores se ha usado para purificarse. En este caso, se puede utilizar para tratar problemas respiratorios, al utilizar hojas de eucalipto al momento de tomar el baño de vapor. En el caso de mujeres embarazadas, se les recomienda utilizar hojas de aguacate para regular la temperatura de su matriz. Esto tiene que ver con la vocación de curar personas, a través de sueños, señales o dones que se les presenta a las personas curanderas. Entonces, mencionaron que esto significaba una especie de conexión espiritual con fuerzas inexplicables o la figura de un Dios.

Discusión

De acuerdo a Barreno (2012) y McVean (2003) las asteráceas son las plantas más presentes en la cuenca del Lago de Atitlán, que también se confirma en este estudio. Sin embargo, también se reconoce que algunas de las plantas se encontraban en estado silvestre, lo que dificultó la identificación de las mismas, puesto que al tener un alta biodiversidad, no se puede abarcar todas las áreas, entonces no se tienen registros de estas plantas; además, por las condiciones, está siendo prevalente la degradación de los bosques alrededor de la cuenca.

Así que, es pertinente que se puedan valorar las plantas medicinales y los conocimientos por parte de las comunidades. Esto se promueve en las normativas como la Convención sobre la Diversidad Biológica y a nivel nacional, por medio de la Política y Estrategia de Diversidad Biológica. Pues ante la creciente preocupación por la pérdida de biodiversidad y la falta de registros o documentación de estos conocimientos, que podrían contribuir a la reducción de la pérdida de diversidad biológica, es relevante centrarse en este objetivo principal. Es fundamental reconocer la importancia de un enfoque multidisciplinario, para obtener diversas contribuciones que puedan

marcar la diferencia y generar un impacto real y significativo.

Esto implica que, hay que tomar en cuenta qué significa para las comunidades y qué acciones realizan. Porque también se evidencia que la espiritualidad y la religión son aspectos cruciales en sus vidas, pues eso les permite tener este sentido de colectividad y tomar a las plantas como seres vivos que deben ser respetados. Asimismo, la responsabilidad de sus respectivos dones o trabajos es alta, porque varios mencionaron que no se trata de un juego, que puede ser peligroso si se desvían del camino o de su “destino”. Pero no todas las personas consideran este tipo de ideas o pensamientos, porque han habido varios cambios y entre ellos está la desvalorización de los conocimientos tanto ancestrales como tradicionales.

Además, se ha documentado que a partir del conflicto armado interno, de acuerdo a la Comisión del Esclarecimiento Histórico (1999) y Conrado (2010), hubo una ruptura a nivel comunitario, porque persistía la represión y temor en el pueblo, lo que conlleva a migraciones y desconfianza entre los miembros de la comunidad. Tanto los asesinatos como las desapariciones y el terror psicológico, dejó una marca evidente en la población, al desestructurar los valores culturales que aseguraban la cohesión y la acción colectiva de las comunidades.

Del mismo modo, esto resultó dando mayor protagonismo a la religión cristiana que puede tener diferentes implicaciones, tanto positivas como negativas. Pues, también tuvo un papel fundamental durante el conflicto al apoyar a la población. Y luego, en los próximos años se convirtió en una condición de estatus y división en el pueblo. Esto se puede evidenciar incluso hasta el punto de poner en riesgo sus vidas. Lo cual sucedió durante la pandemia COVID-19, que en las iglesias tomaron la posición de anti vacunas y anti mascarillas.

Igualmente, si no tienen los recursos suficientes para ir al centro de salud, las personas prefieren hacer uso de otras alternativas, entre ellas hacer uso de plantas medicinales, pero también está aumentando la automedicación, ya que en el municipio no se necesita de una prescripción médica para conseguir pastillas como los antibióticos. Que a futuro, puede provocar una resistencia bacteriana, tal como lo cita Rustrián (2019), que ahora hay una nueva lista sobre patógenos prioritarios resistentes a antibióticos. Así que, tal como lo indica el National Center for Complementary and Integrative Health (2023), la medicina natural tampoco está exenta de tener efectos secundarios y resultados desfavorables. La automedicación puede llevar a otros problemas de salud. En ambos casos, es preferible no automedicarse, ya que de una enfermedad puede derivar a otra o no tener ningún efecto positivo a largo plazo.

Conclusiones:

Se logró registrar 88 especies con usos medicinales, principalmente asteráceas. Aunque, algunas especies no fueron identificadas, se determinó que tanto las especies introducidas como las cultivadas son las que tienen mayor uso y según su acción farmacológica, se emplean más de tipo: digestiva, antiinflamatoria, antihipertensiva, analgésica, hipoglucemiante y antihiperoglucemiante. Por otro lado, no solamente se usa para fines medicinales, sino también espirituales, recreativos y alimenticios.

El manejo efectuado es básico, es decir que realizan podas, usan abonos orgánicos, evitan el uso de químicos nocivos y riegan dependiendo de la temporada climática. Aunque, como no hay suficiente espacio para cultivar, se compran las plantas en el mercado. Asimismo, las plantas más usadas

sirven para tratar dolores de estómago, problemas metabólicos, y respiratorios. Además, se registraron enfermedades como xin b'iniem y xin ruwnaq (infecciones y mal de ojo).

En cuanto a la periodicidad del uso de las plantas medicinales, depende de la gravedad de la afección, el estilo de vida y la época del año principalmente. Ahora, hay un incremento de enfermedades metabólicas en la población joven-adulta, como las dislipidemias, la hipertensión y la diabetes. Incluso, es notable la tendencia hacia la automedicación y el uso arbitrario de antibióticos para tratar resfríos o infecciones virales, lo cual podría desencadenar una resistencia microbiana a largo plazo.

Se identifican amenazas potenciales, entre ellas se encuentra principalmente el aumento en el cambio de uso del suelo, que limita el crecimiento de las plantas medicinales, de hecho, tampoco es una prioridad en general el cultivo de las mismas en el municipio. Otra de las amenazas que son evidentes, son los cambios sociales que han sustituido varios conocimientos tradicionales, por lo que hay un declive en las prácticas y los valores comunitarios, que induce a una ruptura en la cohesión de la comunidad.

Respecto a las prácticas de conservación, de tipo in situ: cultivar en patios o macetas; si son silvestres, se dejan crecer. De tipo ex situ: continuar y mejorar el manejo de las plantas medicinales en viveros, cultivando y

haciendo un uso sustentable, al aplicar abono y riego de acuerdo a sus requerimientos. Ahora, en cuanto a otras formas de conservación, se tiene la transmisión oral de persona a persona o la difusión por otros medios sobre las plantas medicinales. No obstante, hace falta mayor dispersión de estos conocimientos.

Referencias Bibliográficas:

Barreno Ortiz, F. M. (2012, marzo). Estudio etnobotánico medicinal en 11 municipios de la Reserva de Usos Múltiples Cuenca del Lago de Atitlán, Sololá [Informe de Tesis. Universidad de San Carlos de Guatemala]. Biblioteca Farmacia USAC. <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/tesis/B238.pdf>

Comisión para el Esclarecimiento Histórico (1999). Guatemala Memoria del Silencio. <https://memoriavirtuaguatemala.org/wp-content/uploads/2020/12/Guatemala-Memoria-del-Silencio.pdf>

Conrado, M. (2010). Violencia y memoria en Santiago Atitlán, Guatemala (1980-1990). En Instituto Nacional de Antropología e Historia & CONACULTA & Escuela Nacional de Antropología e Historia (Eds.), La construcción de la memoria colectiva (pp. 161-169). Instituto Nacional de Antropología e Historia. <https://www.enah.edu.mx/publicaciones/documentos/51.pdf>

Escobar de MacVean, A. L. (2003). Comparación de la diversidad florística y las plantas utilizadas por los indígenas Kaqchikel y Tz'ujiles del bosque húmedo montano bajo subtropical de Sololá. Universidad del Valle Guatemala. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Hakeem, K. R., & Aftab, T. (2021). Medicinal and Aromatic Plants: Healthcare and Industrial Applications. [Springer International Publishing.]. (Eds.). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58975-2>

López-Valenzuela, F. W., Vargas Ponce, J. M., & Marroquín Tinti, M. N. (2022). Etnofarmacología de plantas utilizadas por pacientes diabéticos tz'ujiles en Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala. Revista Científica, 31(1). <https://doi.org/10.54495/Rev.Cientifica.v31i1.290>

MacVean, A. (2006). Plantas Útiles de Sololá. Universidad del Valle de Guatemala.

NCCIH. (2023). Natural no necesariamente significa seguro o mejor. National Center for Complementary and Integrative Health. <https://www.nccih.nih.gov/health/espanol/conozca-la-ciencia/natural-no-necesariamente-significa-seguro-o-mejor>

Organización de las Naciones Unidas. (1992, junio 5). Convenio sobre la Diversidad Biológica [relativo a la conservación de la biodiversidad]. <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>

Rafieian-Kopaei, M. (2012, septiembre). Medicinal plants and the human needs. Journal of HerbMed Pharmacology, 1(1), 1-2. <http://eprints.skums.ac.ir/4790/1/2.pdf>

Royal Botanic Garden. Plants of World Online. <https://powo.science.kew.org>

Rustrián López, J. P. (2019). Estudio etnobotánico de plantas medicinales de San Andrés Semetabaj, Sololá, Guatemala y determinación del efecto biocida de extractos acuosos, etanólicos y recetas tradicionales de ruda (*Ruta graveolens* L.), hierba buena (*Mentha spicata* L.) y hierba mora [Tesis de grado. Universidad del Valle de Guatemala]. Repositorio UVG. <https://repositorio.uvg.edu.gt/handle/123456789/3457>

Santos, T., & Tellería, J. L. (2006). Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. Ecosistemas, 2006(2), 3-12. https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-33471/2006_Ecosistemas_2_3.pdf

World Flora Online. Plant List. <https://wfpantlist.org/>

WWF. (2020). Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss (R.E.A., Grooten M. and Petersen, T. ed.). https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/lpr20_full_report.pdf



Adaptación: Acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad de la **zona marino-costera** del Pacífico de Guatemala ante el cambio climático

Autores:

- María Alejandra Paz-Velásquez, Licda. En Acuicultura, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, USAC.
- María José Pérez de León, Ing. En Gestión Ambiental Local, USAC.
- Carlos Javier Chicojay-Morales, Maestría Internacional en Análisis Ambiental, Huella de Carbono y Huella Hídrica, Universidad del Valle de Guatemala.

Resumen:

La Zona Marino-Costera -ZMC- del Pacífico de Guatemala es muy vulnerable ante de los efectos e impactos provocados por el cambio climático, esto derivado a que con el paso de los años la situación de pobreza, la baja escolaridad, el limitado accesos a servicios básicos, la poca seguridad alimentaria, la necesidad de las personas de asentarse en terrenos poco estables son cada vez mayor, asimismo los comunitarios no cuentan con el apoyo necesario para generar nuevas fuentes de ingresos por lo que deben recurrir al uso excesivo de los bienes y servicios que brinda esta zona. Estas prácticas antropogénicas incrementan los efectos e impactos que genera el cambio climático, es

evidente que la zona costera del Pacífico guatemalteco no tiene la capacidad de responder ante los eventos meteorológicos extremos, afectando significativamente a nivel ambiental, social y económico. Este ensayo busca conocer la importancia de la zona marino-costera, como se ha visto afectada por el cambio climático, su grado de vulnerabilidad, pero principalmente conocer que acciones y medidas se han realizado para implementar los procesos de adaptación y por qué después de 15 años de creación de la Política Nacional de Cambio Climático aún no se logra que la zona marino-costera del Pacífico guatemalteco se encuentre adaptada y tenga la capacidad de responder ante los impactos generados por el cambio climático.

Palabras Clave: Impactos, Pacífico, adaptabilidad, marco regulatorio.

Introducción:

Situada en el Istmo Centroamericano, la República de Guatemala tiene una posición entre los 14° y los 18° de latitud norte y los 88° y 92° de longitud oeste. Está limitado por México al norte, Belice al oeste, el Mar Caribe y Honduras al este, El Salvador al sudoeste y el Océano Pacífico al sur (Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación, 2024). Su extensión territorial marina abarca 120,229 km² y la costa del Pacífico abarca 254 km (Ramírez & Ortiz, 2019). La zona marino-costera -ZMC- en el Pacífico comprende seis departamentos, siendo estos: San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa. Aproximadamente, 300 comunidades se encuentran asentadas en la ZMC y al menos 300,000 personas dependen y disfrutan beneficios que brindan los ecosistemas costeros (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2017).

Entre los bienes y servicios que brinda la ZMC del Pacífico de Guatemala se encuentra el amortiguamiento del impacto de los fenómenos naturales, abastecimiento de agua, regulación del clima, gran diversidad de hábitats y especies de flora y fauna, abastecimiento de materias prima como madera o alimentos y servicios para la recreación y turismo (Arteaga et al., 2013). Esta gran diversidad de bienes y servicios influye a que se desarrollen actividades económicas como la pesca, el transporte marítimo, el turismo, la agricultura, ganadería, la acuicultura, producción de sal entre otras (Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino Costeras de Guatemala [Acuerdo Gubernativo 328-2009], 2009).

Derivado del crecimiento poblacional en estas comunidades, existe el menester de los comunitarios de utilizar y aprovechar los recursos naturales

para suplir diversas necesidades básicas de un hogar (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2000). Pero este uso constante está provocando presiones a los ecosistemas presentes en la zona costera, se ha identificado que existe un cambio de uso de suelo, alta deforestación del bosque de mangle por la demanda de materiales de construcción, pesca incidental, pesca ilegal y sobrepesca provocando el declive de poblaciones de especies de valor comercial, comercio ilegal de fauna silvestre y crecimiento urbanismo (López-Selva, 2022). Aunado a estas presiones ocasionadas por actividades antropogénicas en la ZMC se le suman aquellos efectos que provoca el cambio climático en el equilibrio del medio ambiente y clima.

Es importante entender que el cambio climático son todas aquellas variaciones o alteraciones en el clima que se suman a la variabilidad natural del clima y que persiste durante un periodo prolongado (Díaz, 2012). Se considera que las actividades antropogénicas son las que tienen mayor responsabilidad en estas variaciones (Abbass et al., 2022; Comité Científico COP25, 2019), en parte, el cambio climático es fruto del aumento de las emisiones de los gases de efecto invernadero, asimismo es una alteración de los equilibrios del medio ambiente entre el ser humano y la naturaleza (Portillo-Sorto, 2020).

La suma de estos efectos provoca que la zona marino-costera del Pacífico del país se vea altamente impactada a nivel ambiental, social y económico. Es por ello, que Guatemala en los últimos años ha priorizado el tema de cambio climático, creando Políticas y una diversidad de instrumentos que norman ciertas actividades económicas y guían el quehacer de instituciones por medio de acciones y medidas para minimizar los impactos de las actividades antropogénicas, disminuir la vulnerabilidad de las comunidades y así

adaptarse a los efectos del cambio climático. Sin embargo, se han identificado ciertas dificultades o limitaciones institucionales que impiden que esta zona pueda adaptarse al cambio climático, por lo que es necesario abordar estas limitaciones para que la normativa actual del país logre los ajustes y cambios planificados en el tema de cambio climático.

Método: Para elaborar el ensayo se realizó una búsqueda bibliográfica de la importancia de la zona marino-costera del Pacífico de Guatemala, y como ha afectado el cambio climático y los principales impactos identificados. Asimismo, se identificó el marco normativo relacionado a cambio climático, medio ambiente y recursos naturales. Para

obtener información más actualizada se realizó un acercamiento con personal técnico del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología y de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres.

Resultados:

Identificación de actores clave

La zona terrestre marino-costera es la superficie que se encuentra tres kilómetros a lo largo de los océanos a partir de la línea superior de la marea alta; mientras que la zona marina se encuentra comprendida desde la línea de marea baja hasta las 200 millas náuticas de la zona económica exclusiva -ZEE- (Ley Reguladora de las Áreas de Reservas Territoriales del Estado de Guatemala [Decreto 126-97], 1997; López-Selva, 2022). Asimismo, la costa es un espacio geográfico en el cual existe una interacción entre los ecosistemas marinos y terrestres (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] & Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN], 2009).

La zona marino-costera del Pacífico guatemalteco tiene una extensión de 255 kilómetros y abarca 6 departamentos y 17 municipios del territorio nacional (Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología [SENACYT] et al., 2018). La ZMC se encuentra en tres ecorregiones terrestres, siendo estas: 1. Manglares de Tehuantepec-Manchón, 2. Manglares del Norte de la Costa Pacífica Seca y 3. Bosques Secos de Centroamérica (López-Selva, 2022). Derivado a ello, esta zona es de mucha importancia ya que alberga una alta diversidad biológica, se estima un aproximado de 1,505 especies de flora y fauna terrestre (MARN & PNUD, 2017). En relación con la diversidad marina se conoce que las aguas tropicales del Pacífico cuentan con la presencia de 177 especies de peces y elasmobranchios, 64 especies de moluscos y 9 de equinodermos (López-Selva, 2022). Asimismo, esta zona brinda bienes y servicios a las comunidades que habitan en la zona, además se desarrollan actividades productivas como la pesca artesanal, acuicultura, extracción de madera y leña, salineras, agricultura y ofrece servicios para la recreación y turismo (Dávila et al., 2014). Por lo que la valoración económica de los bienes y servicios de las zonas marino-costeras de Guatemala asciende a los USD 344 millones (Ramírez & Ortiz, 2019).

Escenario actual del cambio climático en la zona marino-costera del Litoral Pacífico de Guatemala y sus principales impactos

Se denomina cambio climático a las variaciones del clima derivadas principalmente por las actividades humanas (Vide, 2009). Estos cambios pueden desencadenar factores ambientales que originan la desestabilización del equilibrio ambiental (Red de Investigación Marino-Costera [REMARCO], 2023). Los cambios en variables climatológicas tienen efectos en los procesos biológicos y geofísicos del océano e impacta a los ecosistemas (Rojas-Higuera, Pabón-Caicedo, 2015). Para conocer los efectos que ha provocado el cambio climático en Guatemala y analizar cuanto a afecta al

país es importante conocer el estado actual de variables físicas y químicas de la calidad del agua de mar como la temperatura, acidificación, nivel del mar y oleaje, también es importante conocer la frecuencia de los eventos océano-atmosféricos y la frecuencia de recurrencia del Fenómeno del Niño (MARN et al., 2020).

El aumento de la temperatura del mar es uno de los estresores marinos más importantes ocasionados por el cambio climático (Tabuyo, 2018). Este aumento se encuentra influenciado principalmente por el intercambio de calor entre la atmósfera y el océano (Iglesias, 2010). Otro factor que interviene en el aumento de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) es la fase de El Niño, ya que el cambio climático provoca que esta fase incremente su frecuencia e intensidad (Latif & Keenlyside, 2008). En Guatemala la fase de El Niño ha predominado en los últimos años (Timmermann et al., 2018).

En el 2020, se registró para el Pacífico guatemalteco un rango de TSM de 30.3-30.6 °C, para el 2022 aunque se presentaron condiciones de La Niña la media de la TSM se mantuvo entre los 28.5 a 30.0 °C (Sistema de la Integración Centroamericana [SICA], 2020; Asturias et al., 2023). Asimismo, en el 2023 predominó la fase de El Niño, por lo que la TSM se mantuvo arriba de la media de la climatología, con una media anual de 29.52 °C (Portillo et al., 2024). Para inicios del 2024, se estimó la persistencia de las condiciones de El Niño con una intensidad fuerte, prediciendo una anomalía de la TSM de 1.6°C para el trimestre enero-marzo y una anomalía de 1.2°C para trimestre febrero-abril (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH], 2024).

Otra de las variables que está siendo influenciada por el cambio climático en las zonas costeras es la acidificación de los océanos. Esta variable se puede entender como la reducción del pH. Asimismo, a nivel mundial el pH del agua de mar ha disminuido en un rango aproximado de 0.017 a 0.027 unidades de pH por decenio desde finales de la década de 1980 (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2019). Lamentablemente, Guatemala no cuenta con registros si esta variable está sufriendo variaciones con el tiempo, actualmente el pH del agua de mar se encuentra entre los 8.1 (Ramírez & Ortiz, 2019). Por otro lado, el aumento del nivel del mar derivado del derretimiento y adelgazamiento de glaciares se ha acelerado aumento el nivel del mar de 0.61 ± 0.08 mm/año-1 en el período 2006-2015 (IPCC, 2019). En Guatemala se ha registrado un aumento de 1.17 a 2.5 mm, y se prevé que para el 2050 aumente un centímetro (MARN & PNUD, 2017).

En relación con las anomalías atmosféricas, se ha registrado un aumento en los eventos océano-atmosféricos a nivel país, para el 2022 se registró el ingreso de 28 ondas del este, 20 frentes fríos para la temporada de octubre de 2022 a abril 2023 y tres ciclones tropicales Celia, Julia y Lisa. El 2022 fue un año muy húmedo con un acumulado de precipitación anual de 2443.1 mm (Asturias et al., 2023). En el 2023 se registraron 22 frentes fríos para la temporada de octubre de 2023 a abril de 2024, así como el ingreso de 29 ondas del este u ondas tropicales, se registró un acumulado de precipitación anual de 1944 mm. En relación con los ciclones tropicales, Idalia generó un acumulado de precipitación entre 100 mm a 115 mm, mientras que con Pilar se registraron acumulados de precipitación entre 50 mm a 400 mm (Portillo et al., 2024).

Es un hecho que en el Pacífico de Guatemala estas variables están sufriendo modificaciones, por lo que el equilibrio ambiental se está viendo afectado provocando un alto impacto en los ecosistemas. Uno de los principales impactos registrados en la ZMC del Pacífico del país es que al aumentar la TSM se ve afectada principalmente la productividad de los océanos, disminuyendo la productividad planctónica por el hundimiento de la termoclina, inhibiendo el afloramiento de los nutrientes y modificando las relaciones trofodinámicas (Maturana et al., 2000; Barange & Perry, 2009). Las especies marinas también se ven afectadas ya que existe una migración a aguas mucho más frías y por consiguiente existe una predominancia de especies con mayor rango de tolerancia a los cambios de la TSM (Valdivia & Wolf, 1985). Asimismo, mientras más aumenta la temperatura de los océanos, más disminuye la disponibilidad de oxígeno, provocando crecimientos lentos, disminución de tamaño, baja reproducción y fecundidad de las especies y en casos extremos aumentando la ocurrencia de mortalidad (Comité Científico COP25, 2019). Estudios demuestran que la abundancia y presencia de especies marinas ha disminuido considerablemente en el país (Ixquiac, 2018). Asimismo, el aumento del nivel del mar provoca la erosión de las playas, por lo que la superficie de estas puede aumentar o disminuir, modificando así la estructura de la costa y por consiguiente afectando la interacción entre los ecosistemas marinos y terrestres (Ramírez & Ortiz, 2019). Los ecosistemas de mangle también se verán afectados, la erosión y las variaciones en los sistemas de playa provocará una migración de los manglares a tierra adentro. El aumento de la temperatura del mar y del aire influirá a que especies de mangle se distribuyan a nuevas latitudes, lo cual también depende de los cambios de salinidad en los cuerpos de agua, derivado de la intrusión de agua salada a los acuíferos costeros (Ramírez & Ortiz, 2019; IPCC, 2019).

Es indudable que el cambio climático impacta al planeta entero, desde sus ecosistemas hasta todas sus sociedades (Pardo, 2007). Se han registrado impactos a nivel social y económico. En la ZMC se realizan diversas actividades económicas que pueden verse afectadas. En el litoral Pacífico la producción anual de los recursos pesqueros ha disminuido un 75%, las tallas y pesos han disminuido en un 40 a 75% capturando organismos de menor tamaño, esto derivado de los cambios de distribución de las especies, aumento de la temperatura del mar, malas prácticas de pesca y la sobreexplotación de los recursos (Ramírez & Ortiz, 2019). El turismo es otro sector económico que se verá afectado principalmente por el deterioro de los ecosistemas, fragmentación del bosque de manglar, contaminación de las playas por desechos sólidos, disminución de fauna (CONAP et al., 2016). Al afectar estas actividades se obtiene como resultado una baja en las ganancias y en los ingresos de las familias. De los departamentos que conforman la ZMC del Pacífico del país, Jutiapa en los municipios de Moyuta y Pasaco presentan los porcentajes más altos de pobreza, siendo 45 y 55% respectivamente (MARN & PNUD, 2017).

Vulnerabilidad de la de la zona marino-costera del Litoral

Pacífico de Guatemala ante el cambio climático

Las poblaciones en situación de pobreza, con poca o escasa escolaridad, limitado accesos a servicios básicos, poca seguridad alimentaria y comunidades asentadas en terrenos poco idóneos son mucho más vulnerables a eventos meteorológicos y se les dificulta afrontar y recuperar su calidad de vida tras un evento climático extremo (Rosales, 2019; Ramírez & Ortiz, 2019).

En la ZMC muchos de los municipios que la integran tienen baja capacidad de respuesta a eventos climáticos extremos. Según la categoría de vulnerabilidad, Sipacate, Tiquisate, Ocós, San Lorenzo presentan una categoría muy alta, mientras que Santo Domingo Suchitepéquez, Pasaco, San José, Nueva Concepción presentan una categoría alta. Moyuta, San Andrés Villa Seca, Retalhuleu y Guazacapan presentan una categoría de vulnerabilidad media (SENACYT et al., 2018).

Esta baja capacidad de respuesta y alta vulnerabilidad ante los efectos del cambio climático se puede ver reflejado en los daños que puede provocar la temporada de lluvia. A nivel nacional en el mes de junio dio inicio la temporada de lluvia 2024 y se ha podido evidenciar cómo esto ha afectado la ZMC. A Julio del 2024 se ha reportado un total de 362 incidentes en la zona marino-costera del Pacífico, siendo Santa Rosa el departamento que registra los mayores incidentes con un total de 88, estos incidentes pueden estar relacionados con inundaciones, crecidas de ríos, deslaves entre otros. Asimismo, se ha registrado un total de 1,001,356 personas que han sido afectadas por la temporada de lluvia, siendo Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa los departamentos que reportan la mayor cantidad de personas afectadas (CONRED, 2024)

Guatemala también se encuentra muy vulnerable respecto a enfermedades provocadas por el cambio climático, en el país las de mayor afectación son el dengue y la malaria (IPCC, 2019). A nivel nacional se ha reportado un aproximado de 27,000 casos de dengue, se registró un incremento de 5.2 veces más casos en comparación del 2023, con una tasa de incidencia de 82.4 casos por 100.0 habitantes (Dirección de Epidemiología y Gestión del Riesgo, 2024). Se ha identificado que este vector ha afectado en mayor proporción a la población menor de 15 años y a mujeres entre los 25 y 39 años. Se ha registrado que dos de los tres departamentos que presentan el mayor registro de casos de dengue se encuentran en la ZMC, siendo estos: Jutiapa y Santa Rosa (Dirección de Epidemiología y Gestión del Riesgo, 2024).

Acciones y medidas para reducir la vulnerabilidad de la zona

marino-costera del Litoral Pacífico de Guatemala

El 13 de junio de 1992, el Gobierno de la República de Guatemala ratificó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, la cual fue aprobada por el Congreso de la República por medio del Decreto Legislativo 15-95 el 28 de marzo de 1995 (MARN, 2001). Desde esta ratificación el país a realizado una serie de acciones que ayuden a reducir la vulnerabilidad del país ante el cambio climático.

En 1997 nace el Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC) conformado por el Sector Gobierno, Sector Privado, ONG's y Academia, siendo un ente regulador que supervisa la implementación de acciones enfocadas en temas de cambio climático (MARN, 2001). En el 2009 se crea la Política Nacional de Cambio Climático (Acuerdo Gubernativo 329-2009), la cual

tiene como objeto que el Estado de Guatemala, por medio del gobierno central, municipalidades, sociedad civil y la ciudadanía en general adopte prácticas de prevención de riesgo y reducción de la vulnerabilidad y mejora de la adaptación al cambio climático. Ese mismo año se crea la Política para el manejo integral de las zonas marinas y costeras (Acuerdo Gubernativo 328-2009), la cual busca que los ecosistemas marino-costeros y sus cuencas hidrográficas se protejan y manejen adecuadamente.

Asimismo, en el 2014 crea el Sistema Guatemalteco de Ciencias de Cambio Climático (SGCCC), encargado de realizar investigaciones científicas sobre Ciencia climática, Adaptación y Vulnerabilidad, y Mitigación e Inventarios de GEI (SGCCC, 2024). En el diciembre del 2015 Guatemala se unió al acuerdo de París, siendo su principal fin que los países puedan mejorar su capacidad de adaptación, reforzar su resiliencia y disminuir su vulnerabilidad ante el cambio climático (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas [PNUD], 2022). Por otro lado, en octubre del 2016 por medio del Consejo Nacional de Cambio Climático y la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia [SEGEPLAN] se elabora el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático el cual tiene como objetivo principal es definir las acciones y lineamientos que las instituciones de gobierno y otros sectores del Estado deben seguir para reducir la vulnerabilidad en la que se encuentran la mayoría de la población nacional (Consejo Nacional de Cambio Climático, 2016).

Se ha identificado que el país cuenta con una base legal sustentada en leyes, planes y estrategias para la acción climática, aproximadamente se han elaborado 20 instrumentos normativos los cuales deberían de facilitar la implementación de acciones y medidas que ayuden a disminuir la vulnerabilidad del país (Barrios, 2024).

Limitaciones ante los procesos de adaptación al cambio climático en la zona marino-costera del Litoral Pacífico de Guatemala

Guatemala hace más de 20 años que desarrolla una agenda relacionada a temas de cambio climático. Aunque existe un amplio marco normativo nacional vinculado a ambiente y acción climática se han identificado limitaciones que ponen en riesgo la adaptación al cambio climático en las ZMC del Pacífico de Guatemala.

A nivel de gobierno existe un limitado interés político a temas relacionados con el medio ambiente. Además, las entidades de gobierno poseen capacidades muy básicas para abarcar la ZMC del país, a esto se le suma la escasa o nula coordinación institucional, lo que conlleva a una pérdida de credibilidad de las instancias (López-Selva, 2022). Esto puede estar muy relacionado a los presupuestos asignados a entidades que lideran temas de cambio climático a nivel nacional, estos presupuestos son insuficientes para abordar cada problemática y la tendencia es que cada año los presupuestos asignados disminuyen. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, se le ha asignado el mismo presupuesto en los últimos 15 años, el Sistema de Prevención y Control de Incendios Forestales carece de presupuesto, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas y el Instituto Nacional de Bosques perciben presupuestos sumamente limitados, desestabilizando y desmotivando a su personal y disminuyendo su efectividad (MARN, 2016).

Conclusiones:

La zona marino-costera del Pacífico de Guatemala es altamente vulnerable y posee baja capacidad de respuesta ante eventos atmosféricos extremos provocados por el cambio climático, esta vulnerabilidad es resultado de factores como la baja gobernanza, deficiente planificación del presupuesto asignado, falta de programas educativos respecto al cambio climático y de programas de capacitación en prácticas sostenibles, además existe poco interés de los comunitarios en aceptar medidas de adaptación por aspectos culturales e ideológicos.

Es importante fortalecer los procesos de gobernanza, es decir, que exista una adecuada coordinación entre las instancias gubernamentales y los comunitarios de la ZMC del Pacífico de Guatemala. Como se ha mencionado existen una amplia base de normativos, estrategias y Políticas relacionados a Cambio Climático, es transcendental realizar procesos de seguimiento y evaluación para identificar qué logros se han obtenido y qué acciones son necesarias corregir para alcanzar los objetivos deseados.

Agradecimientos:

Agradezco de antemano a Araely Ovidio Reyes-Carrillo a Carlos Joel Ixcamparij-López técnicos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología y el apoyo recibido por Daniel Sánchez y Juan Carlos Mayorga del Consejo Nacional de Áreas Protegidas, por el apoyo brindado.

Referencias Bibliográficas:

- Abbass, K., Qasim, M., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022).** A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution*, 29, 42539–42559. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19718-6>
- Arteaga, R., Said, A., Vásquez, O., & Ortiz-Lozano, L. (2013).** Caracterización de los bienes y servicios ambientales que se utilizan en la zona costera de La Mancha. (Maestría, Universidad Veracruzana).
- Asturias, L., Portillo, L., Martínez, P., & Soto, C. (2023).** 2022 Estado del Clima en Guatemala. Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH].
- Barange, M., & Perry, R. (2009).** Repercusiones físicas y ecológicas del cambio climático en la pesca de captura marina y continental y en la acuicultura. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO].
- Barrios, G. (2024).** Guatemala y las acciones ante el cambio climático. *Diálogos Soberanía e Clima*, 3 (1), 1-14.
- Comité Científico COP25. (2019).** *Océano y cambio climático: 50 preguntas y respuestas*. Chile: Autor.
- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres [CONRED]. (2024).** Saturación de Suelos en Departamentos del Territorio Guatemalteco (Boletín Informativo 203-204). Guatemala: CONRED
- CONRED. (2024).** Informe General Temporada de Lluvias 2024. Guatemala: CONRED.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] & Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2009).** Biodiversidad Marina de Guatemala: Análisis de Vacíos y Estrategias para su Conservación. Guatemala: The Nature Conservancy.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], Cooperación Alemana [KFW], Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación [FUNDAECO] & MAR Fund. (2016).** Documento técnico - proceso de actualización del plan maestro del Refugio de vida silvestre Punta de Manabique (RVSPM) departamento de Izabal, Guatemala.
- Consejo Nacional de Cambio Climático. (2016).** Plan de Acción Nacional de Cambio Climático [Decreto 7-2013].
- Dávila, C., López, A., & García, M. (2014).** Utilidad de la biodiversidad como indicador de sostenibilidad para la evaluación de la calidad ambiental de la Costa Este del Pacífico de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Díaz, G. (2012).** El cambio climático. *Ciencia y Sociedad*, 37 (2), 227-240.
- Dirección de Epidemiología y Gestión del Riesgo. (2024).** Actualización de Alerta Epidemiológica por Dengue (Alerta VIGyCON/Ref.-No.09-2024). Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS].
- Dirección de Epidemiología y Gestión del Riesgo. (2024).** Situación Epidemiológica de las Arbovirosis en Guatemala 2024. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS].
- Iglesias, I. (2010).** Interacción océano-atmósfera: Influencia de la SST y de la circulación termohalina. (Doctorado, Universidad de Vigo).
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH]. (2024).** Perspectiva Climática Mensual Enero 2024 (PCM-202401). Guatemala: INSIVUMEH.
- INSIVUMEH. (2024).** Cápsula informativa (#36-2024). Guatemala: INSIVUMEH.
- INSIVUMEH. (2024).** Perspectiva Climática Mensual Abril 2024 (PCM-202404). Guatemala: INSIVUMEH.
- Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC]. (2019).** El océano y la criosfera en un clima cambiante. Suiza: Autor.
- IPCC. (2019).** Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Suiza: Autor.
- Ixquiac, M. (2018).** Proyecto: plan de manejo de la pesca y plan piloto de ordenamiento pesquero para el Área de Uso Múltiple Río Sarstún. Guatemala.
- Latif, M., & Keenlyside, N. (2009).** El Niño/Southern Oscillation response to global warming. *PNAS*, 106 (49), 20578–20583.
- Ley Reguladora de las Áreas de Reservas Territoriales del Estado de Guatemala [Decreto 126-97]. Art. 1. 30 de diciembre de 1997.
- López-Selva, M. (2022).** Zona marino-costera. Guatemala: Universidad Rafael Landívar, Editorial Cara Parens.
- Maturana, J., Bello, M., & Manley, M. (2000).** Antecedentes históricos y descripción del fenómeno El Niño, Oscilación del Sur (Paper 254). Chile: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2017).** Versión Mediada del Plan para la Reducción de la Vulnerabilidad e Impactos del Cambio Climático en la Zona Marino Costera del Litoral Pacífico de Guatemala. Guatemala: MARN/CONAP/PNUD-GEF)-Rainforest Alliance.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN], Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] y Rainforest Alliance. (2020).** Sistema de monitoreo, evaluación y reporte (MER) para zonas marino-costeras de Guatemala. Guatemala: PNUD.
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales [MARN]. (2001).** Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático. Guatemala: Fondo Mundial para el Medio Ambiente.

- MARN. (2016).** Documento Base del Pacto Ambiental en Guatemala 2016-2020. Guatemala: Autor.
- Ministerio de Asuntos Exteriores, Unión Europea y Cooperación. (2024).** Ficha de país: Guatemala. Guatemala: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Programa de las Naciones Unidas [PNUD]. (2022).** Integración de la Agricultura en los Planes Nacionales de Adaptación: Estudio de Caso de Guatemala. Roma: FAO.
- Pardo, M. (2007).** El impacto social del cambio climático. Panorama Social, (5), 22-35
- Política para el Manejo Integral de las Zonas Marino Costeras de Guatemala [Acuerdo Gubernativo 328-2009]. (2009).
- Portillo, L., Solórzano, I., Cardona, D., Gómez, V., Icó, L., Contreras, M., & Rodríguez, J. (2024).** 2023 Estado del Clima en Guatemala. Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología [INSIVUMEH].
- Portillo-Sorto, E. (2020).** Impacto del Cambio Climático en la salud en El Salvador. Crea ciencia, 12 (2), 64-78.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP]. (2000).** Situación y presiones del medio ambiente marino y del litoral mediterráneo. Copenhague: Agencia Europea de Medio Ambiente.
- Ramírez, S., & Ortíz, J. (2019).** Océanos y ecosistemas marino-costeros. Guatemala: Editorial Universitaria UVG.
- Red de Investigación Marino-Costera [REMARCO]. (2023).** Estresores Marino-Costeros. [Página Web]. Recuperado de <https://remarco.org/estresores-marino-costeros/>
- Rojas-Higuera, P., & Pabón-Caicedo, J. (2015).** Sobre el calentamiento y la acidificación del océano mundial y su posible expresión en el medio marino costero colombiano. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 9 (151), 201-217. <http://dx.doi.org/10.18257/raccefyfyn.135>
- Rosales, M. (2019).** Cambio climático: ¿cómo nos afecta y qué estamos haciendo en Guatemala?. Revista Yu'am 3 (6), 37-45.
- Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología [SENACYT], Rainforest Alliance & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2018).** Estrategia Nacional de Investigación Marino-Costera para Guatemala. Guatemala: SENACYT.
- Sistema de la Integración Centroamericana [SICA]. (2020).** Temperatura Superficial del Mar (TSM), Clorofila, Vientos, Blanqueamiento de Corales (Nota Informativa 47). El Salvador: Autor.
- Sistema Guatemalteco de Ciencias de Cambio Climático [SGCCC]. (2024).** Que es el Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). <https://sgccc.org.gt/informacion-general/>
- Tabuyo, E. (2018).** Análisis pasado y futuro de la temperatura superficial del mar en el Atlántico Norte. (Licenciatura, Universidad de Vigo). https://ephyslab.uvigo.es/wp-content/uploads/2019/06/TFG_Quique.pdf
- Timmermann, A., An, S., Kug, J., Jin, F., Cai, W., Capotondi, A., Cobb, K., Lengaigne, M., McPhaden, M., Stuecker, M., Stein, K., Wittenberg, A., Yun, K., Bayr, T., Chen, H., Chikamoto, Y., Dewitte, B., Dommenges, D., Grothe, P., Guilyardi, E.,... Zhang, X. (2018).** El Niño–Southern Oscillation complexity. Nature, 1 (559), 535-545. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0252-6>
- Valdivia, E., & Wolf, E. (1985).** Incidencia del Fenomeno El Niño sobre los Mariscos en el Litoral Peruano. (Paper 11). Perú: Instituto del Mar del Perú.
- Vide, J. (2009).** Conceptos previos y conceptos nuevos en el estudio del Cambio Climático reciente. Investigaciones Geográficas, 1 (49), 51-63.

Desarrollo económico rural mediante la estrategia de complejos productivos multisectoriales.

Autor: Dr. Rolando Alonzo-Gutiérrez.

Sobre el autor: Doctor en Pensamiento Complejo, Multiversidad Edgar Morín, México; Lic. En Economía, CUNOC-USAC y MSc. en Administración pública INAP-USAC. Profesor-Investigador de FLACSO-Guatemala.



Resumen: A partir de la experiencia del autor, llevada a cabo durante 2017, como co-facilitador del proceso de formación a jóvenes (hombres y mujeres) de comunidades rurales del Altiplano Occidental de Guatemala como agentes de desarrollo económico rurales y bajo la estrategia de complejos productivos comerciales –con

valor añadido- multisectoriales de economía colaborativa, se presenta el marco conceptual de la estrategia y sus principales componentes; y se hacen valoraciones sobre su potencialidad para fomentar el desarrollo económico rural en y desde la región del Altiplano Occidental de Guatemala.

Palabras Clave: Desarrollo económico rural, complejos productivos multisectoriales, emprendimientos comunitarios, Altiplano Occidental de Guatemala.

Introducción: Los indicadores recientes vinculados al ámbito rural en Guatemala, presenta una situación precaria en donde una gran mayoría de la población guatemalteca reproduce sus condiciones de vida material y espiritual. El porcentaje de incidencia de la pobreza en la población, muestra para el 2014 y para el área urbana un 45.3% y para el área rural un 87.5%, (PNUD, 2017). Por otra parte, el 45 % de la población vive en zonas rurales y la tasa de crecimiento poblacional es alrededor del 3 %. A nivel nacional el nivel de pobreza llegó al 59% y la pobreza extrema al 23% en ese mismo año, el coeficiente de Gini es de 55.9%, siendo Guatemala es el quinto país más desigual de América Latina y el Caribe (INE, 2014).

En lo económico, la economía guatemalteca muestra un Producto Interno Bruto estancado en la franja del 3% al 4% anual. En términos de la diferenciación de los ámbitos urbano y rural, existe un sector moderno de alta productividad y de exportación (la agro exportación de monocultivos) y otro sector de pequeños productores campesinos, sin recursos productivos como tierra, capital y tecnología. En las franjas intermedias de esta economía dual, crece a pasos agigantados la economía informal que no ofrece perspectivas de futuro a la gran cantidad de personas inmersas en ella. El porcentaje de trabajadores informales para finales de 2014 era de 65.8% (INE). La paradoja es que ha habido crecimiento económico con aumento de la pobreza.

En cuanto a su población, Guatemala se ha caracterizado por tener una población eminentemente joven, 67% de la población tiene menos de 30 años de los cuales el 53.5% vive en el área rural y el 38.4% es indígena. Aproximadamente un 54% de la población juvenil vive en condiciones de pobreza, sin acceso adecuado a los servicios básicos que presta el Estado y sin poder acceder a fuentes de ingresos que mejoren sus condiciones de vida (INEI, 2014).

A parte de ello, el desempleo golpea a esta población, al respecto Villacorta (2018: 01) señala que:

Cada año se gradúan 250 mil jóvenes del ciclo diversificado, menos de un 10% encuentra empleo. 225 mil tendrán que soportar el no tener ingreso o vincularse al mercado informal en donde jamás podrán tener las garantías mínimas laborales que todo ser humano aspira y a las cuales tiene derecho. Adicionalmente a lo anterior, los principales problemas manifestados en el área rural son: migración interna y externa, violencia y delincuencia juvenil, desempleo, desnutrición crónica que afecta la vida adolescente y juvenil, trata de personas para prostitución, territorios adueñados por el narcotráfico, atomización del minifundio, impactos del cambio climático, etc. Esto como efectos de estructuras sociales, económicas y políticas injustas establecidas históricamente y que han favorecido y privilegiado a sectores y grupos de la élite económica del país y que han impulsado desde mediados de los años ochenta el modelo de desarrollo neoliberal que en nuestros días se muestra agotado y sin perspectiva.

La experiencia de los complejos productivos multisectoriales

El enfoque y experiencia de la estrategia de complejos productivos multisectoriales, se deriva del proyecto de FAO-ICA-MINECO ejecutado por la Asociación Enlace en un período de 3.5 meses (del 01 del mes de abril al 15 de julio de 2017) más una fase denominada puente (de octubre a diciembre de 2017) y que se centró en la formación de un grupo de jóvenes (hombres y mujeres) como Agentes Promotores Rurales de Mipymes, y otro grupo como Agentes de Desarrollo Económico Local. El proceso de formación fue más allá, al contemplar la elaboración de iniciativas de proyectos integrales de desarrollo rural sostenible bajo la estrategia de complejos productivos multisectoriales.

¹ Esta sistematización fue elaborada en el año 2018 por lo que los indicadores que se presentan están referidos al 2017 o años previos.

² El grupo de jóvenes hombres y mujeres que participaron en el proceso de formación y elaboración de iniciativas pertenecían a los municipios de Olintepeque, La Esperanza, San Mateo, Concepción Chiquirichapa, San Martín Sacatepéquez, Cantel y Quetzaltenango del departamento de Quetzaltenango; y San Cristóbal Totonicapán del departamento de Totonicapán; San Miguel Istahuacán, Sipacapa, Tejutla, Tacaná del departamento de San Marcos; Chiantla y Aguacatán del departamento de Huehuetenango. En términos cuantitativos, al inicio, fueron más de 100 jóvenes hombres y mujeres, y al final, terminaron 42 jóvenes, cada uno de ellos logró avanzar en la construcción de insumos y materiales para formular su perfil de proyecto bajo el enfoque de complejo productivo.

El objetivo general del proyecto era fomentar el desarrollo económico local en el área rural, buscando preferentemente la generación de empleo digno para los jóvenes y el resto de la comunidad. Los componentes del proyecto fueron cuatro: Formación a jóvenes mujeres y hombres de la región del Altiplano Occidental; elaboración de proyectos empresariales bajo la modalidad de complejos productivos; gestión de financiamiento para los complejos productivos; y, la coordinación interinstitucional para favorecer la elaboración de las iniciativas empresariales.

La metodología aplicada fue la andragogía vinculado al enfoque del aprender-haciendo combinado con el método participativo de visualización mesocárd, con el cual se formó y fomentó en los y las jóvenes cualidades, habilidades y conocimientos para convertirse en agentes de desarrollo económico rurales, que apoyaran a sus comunidades en la gestión integral de proyectos económicos y sociales articulando y coordinarán esfuerzos y aportes de entidades públicas, privadas y de cooperación internacional y dejar instaladas en las comunidades Agencias de Desarrollo Económico Rurales cuya estructura, recursos y funciones fueron tomadas en cuenta en la formulación de las iniciativas ya mencionadas.

La metodología fue sistemática e interactiva en la construcción de instrumentos y productos entre la comunidad, estudiantes y facilitadores del proceso de formación. Un vaivén entre teoría, ejercicios prácticos en el salón de formación y aplicación de instrumentos en la comunidad y con la comunidad. Los productos logrados: inventario de recursos, censo de familias, mapeo de organizaciones, diagnóstico territorial, árboles de problemas y objetivos, línea base, etc.

El enfoque del complejo productivo multisectorial³

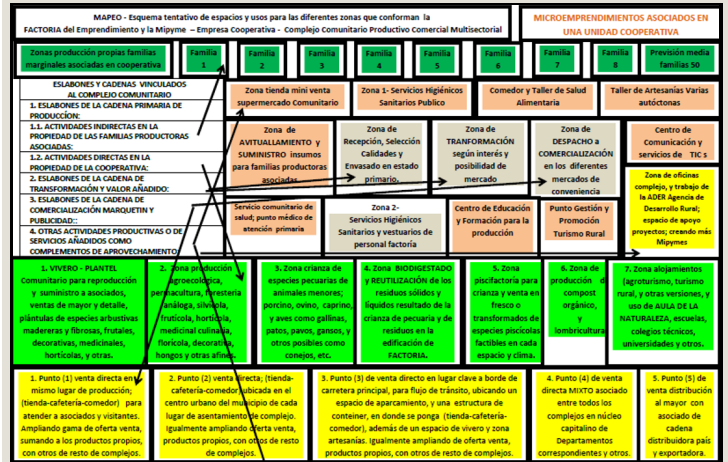
El complejo productivo multisectorial es un emprendimiento innovador para el Altiplano Occidental de Guatemala, el cual consiste en un sistema económico que integra recursos productivos tangibles e intangibles de las familias, para la generación de valor añadido mediante productos innovadores cuya comercialización y venta satisface con calidad y eficiencia necesidades de consumo y, a la vez, genera empleo e ingresos entre los y las participantes y contribuye a un desarrollo humano sustentable. Es decir, es un sistema que integra una multiplicidad de micronegocios individuales y familiares vinculados alrededor de dos o más productos líderes con valor añadido y que son destinados a diferentes mercados: local, regional, nacional e internacional (ver figura 1).

El complejo productivo multisectorial contempla una infraestructura construida en un terreno de al menos 8 cuerdas y donde se instalan módulos o zonas dedicadas a la transformación, acopio, comercialización, etc., y, además, módulos para la prestación de servicios al proceso productivo del complejo y de mantenimiento, proyección y promoción de este, y otros servicios que puedan prestarse a la comunidad en ausencia de éstos (ver figura 1). Físicamente el complejo se conforma por un edificio central donde albergará los módulos internos al mismo; y, externos o fuera del edificio tales como: minizoológico, de salud comunitaria, de parcelas demostrativas, piscicultura, apicultura, plantas medicinales, etc. El complejo integra lo que es la cadena de valor al establecer en el edificio central los eslabones que van desde los insumos hasta los mercados y consumo. Esto es una ventaja reto a la comunidad de productores que promueven el complejo, puesto que son los dueños de toda la cadena de valor.

Por otro lado, tiene un enfoque territorial al considerar la comunidad y familias con sus recursos productivos existentes vinculado a ello el establecimiento de las redes de cooperación que transversaliza todo el complejo productivo y la comunidad donde se instala. Estas redes

vienen a formalizarse al plantearse el carácter de la organización que administrará el complejo: la cooperativa. El complejo tiene como fundamento la forestería análoga y la permacultura lo cual relaciona aspectos ambientales con económicos y sociales.

Figura 1. Esquema complejo productivo multisectorial.



Fuente: Elaborado por Juan Antonio Hernández, Consultor de FAO.

La promoción y gestión del complejo productivo como emprendimiento innovador para el ámbito rural se justifica, primero, por la necesidad de pasar de economías de subsistencias a economías de mercado⁴. Hasta ahora la gran cantidad de microemprendimientos con financiamientos pequeños de 3,000 a 5,000 quetzales (para negocios como tiendas, talleres, panaderías, etc.) no hace más que administrar la pobreza, dejando a la gente en un estado de subsistencia que no resuelve necesidades vitales y con una visión y prácticas individualistas.

El complejo productivo multisectorial requiere un financiamiento de entre US\$ 250,000 a US\$ 300,000 para su implementación integral. Y esto es uno de sus aspectos innovador, la cuantía de inversión, cosa que en Guatemala no se acostumbra a invertir en iniciativas rurales de esta magnitud. Precisamente el monto de financiamiento ha sido una de las limitantes para la implementación de los complejos productivos, el equipo de Enlace promoviendo ahora el proyecto de la Factoría⁵ del emprendimiento y la Mipymes, hemos diseñado la estrategia de promover los complejos productivos por etapas (ver figura 2 que presenta el caso del complejo de la comunidad de Linda Vista, Tacaná, San Marcos).

El segundo aspecto, de la estrategia de los complejos productivos es su carácter multisectorial. Es decir, la articulación de actividades productivas, de servicios, sociales y ambientales en el complejo; por ejemplo, si en la comunidad no hay servicios de salud, el complejo puede prestar este servicio. Lo multisectorial también se observa en la multiplicidad de actividades productivas que se pueden articular, se plantean que pueden ser entre 12 a 18 actividades.

³ Este enfoque o estrategia de complejo productivo multisectorial lo desarrolló el Consultor Internacional Español Juan Antonio Hernández de FAO, facilitador principal para el proceso de formación de jóvenes hombres y mujeres en el proyecto FAO-MINECO-ICA. El autor de este artículo, fue uno de los co-facilitadores. El modelo principal de complejo seguido por Hernández (s/f) y que aquí se cita en varias ocasiones, fue el complejo productivo de la comunidad de Iita Zapara Aitivasra en Puyo, Ecuador (ver referencia en bibliografía), aunque se tuvo acceso a otros documentos de otras experiencias en América Latina.

⁴ Economías de mercado no se refiere al enfoque neoliberal donde predomina la máxima ganancia y el cálculo económico, sino, a la posibilidad de acceder a mercados formales para obtener mejores ingresos y utilidades por la venta de productos con valor añadido de comunidades de pequeños productores y esta manera mejor ostensiblemente el nivel de vida.

⁵ La Factoría es un proyecto de seguimiento a los complejos productivos, gestionado por la Asociación Enlace y que ha integrado recursos diversos de las siguientes entidades: INTECAP, MAGA, PROECODI, FAO, MINECO entre otras.

Desde el enfoque de empleo rural no agrícola –ERNA–, el complejo productivo sería una estrategia bajo este enfoque; dada la importancia que está tomando el ERNA relacionado a la diversificación económica y sus efectos en generación de empleo e ingresos y en la disminución de la pobreza (Schetjman, 1999). En IARNA-IDIES (2013, p.21) se demuestra el crecimiento de los hogares agrícolas pluriactivos en comunidades rurales del Altiplano Occidental.

El tercer aspecto se refiere a las redes de cooperación que plantea la estrategia de complejo productivo. Estas se interpretan como los lazos invisibles que van tejiendo y amarrando las relaciones y potencialidades del territorio con los actores y entre éstos. De esta forma, la multiplicidad de actividades productivas o micronegocios no quedan aislados sino conformando un todo: el complejo productivo. Este articulado a los enfoques de forestaría análoga, permacultura y agricultura orgánica que le da el carácter ecológico, territorial y social a los emprendimientos y carácter artesanal en la parte de generación de productos con valor añadido. Como ejes transversales se considera la equidad de género, pueblos indígenas y etaria. En Guatemala la forestería comunitaria y permacultura viene siendo recuperado e implementándose en el ámbito comunitario rural como diferentes expresiones de la forestería análoga.

- » Mejora en los ingresos por la venta de productos y servicios, en donde la venta tanto de los productos del huerto, la granja, servicios de medicina, de alojamientos y servicios turísticos con conciencia de respetuosidad y ambientalistas, artesanías, cultura y otros, puede contribuir notablemente a mejorar los ingresos de la familias, ayudar a cubrir necesidades básicas (salud, educación, vivienda, recreación y otros), y mejorar sus condiciones de vida comunitaria mediante la estabilidad de empleos y trabajos.
- » Desarrollo del espacio territorial, mediante el huerto y/o granja para las familias comunitarias, viveros, semilleros, y pies de cría, con el fin de utilizarlos con posterioridad, para la expansión de los cultivos, para el procesamiento y conservación de semillas, y para incrementar la producción pecuaria y otros.
- » Suficiente cantidad de alimentos variados para toda la familia, durante todo el año. Estos alimentos pueden también constituir parte de las provisiones adicionales de alimentos que requiere conservar la familia como reserva para emergencias, tales como: pérdida de la cosecha (inundaciones, heladas, u otros fenómenos naturales), pérdidas post cosecha, enfermedad del agricultor que le impida trabajar normalmente, y otros problemas.
- » Aprovechamiento sostenible y sustentable de los recursos de la naturaleza con la utilización a bajo costo de tecnologías apropiadas, tales como el empleo de energía solar, producción de gas metano con base en biodigestores, técnicas artesanales de preparación de alimentos y otros productos a comercializar que, adecuadamente manejadas, contribuyen a un desarrollo y bienestar económico y social de las familias campesinas.

Figura 2. Complejo productivo de comunidad Linda Vista por fases.

MODULOS	COMPONENTES					FASE
	NUUEVAS CAPACIDADES PRODUCTIVAS COMUNITARIAS	FORTALECER LA PRODUCCIÓN PEOQUARIA, AGRICOLA Y FLORICULTURA Y AUMENTO DEL AREA ECOTURISTICA	PROMOVER EL AREA ECO-TURISTICA, SENDERISMO, APICULTURA	RECICLAR, REUTILIZAR Y NO CONTAMINAR.	AGENCIA DE DESARROLLO ECONOMICO RURAL	
Módulo de producción de hongos resecación	Módulo de leguminosas y granos básicos para transformarlos.	Módulo de gestión y promoción.	Módulo de BIODIGESTORES para residuos líquidos y sólidos de viviendas y cocinas (aguas servidas) y residuos de animales de crianza.	Módulo de educación, formación y capacitaciones	Fase I (corto plazo)	
Zona turística con cabañas para restaurant.	Módulo de floricultura y otras especies.	Módulo cabañas como eco-hotel.	Módulo de compostaje orgánico y elaboración de bio-fertilizantes.	Módulo de administración	Fase II (corto y mediano plazo)	
Zona de atención e implementos para el canopy.	Módulo de semillas de todas las especies de plantas.	Módulo de Senderismo y rotulación.	Módulo de depuración y purificación de agua para uso humano.		Fase III (mediano y largo plazo)	
Módulo de agro-transformación vegetal, hongos y animales.	Módulo de cafetería/cajedor tienda municipal.	Módulo de apicultura.	Módulo para producción de energía limpia.		Fase IV (largo plazo)	
Módulo de producción primaria agrícola.	Módulo de orquídeas	Módulo de manejo de bosques y recursos naturales.				
Módulo de tratamiento de plantas medicinales	Módulo de cafetería/cajedor tienda a orilla de carretera.					
Módulo de producción pecuaria menor.	Módulo de procesamiento del café.					
Módulo de capacitación y formación	Módulo de comunicaciones TICs.					
Módulo de edificación central transformación y administración.	Módulo de taller de salud comunitaria.					

Fuente: Elaboración propia.

Potencialidades y limitantes del complejo productivo para las comunidades rurales del Altiplano Occidental de Guatemala

La región del Altiplano Occidental de Guatemala⁶, presenta las siguientes características: concentración de la mayoría de población indígena, niveles altos de pobreza y pobreza extrema, población mayoritariamente joven, existencia de recursos y potencialidades para el desarrollo económico. Así también le afecta características de tipo estructural como: la forma y tenencia de la tierra, la migración, vulnerabilidad y riesgo ambiental, desnutrición y conflictividad social por procesos como el narcotráfico, migración y minería.

Aunado a estas características de la región, a continuación se analiza brevemente las principales potencialidades de la estrategia de complejos productivos. Primero, la cultura y tradiciones de pueblos indígenas existentes en la región ofrecen una diversidad de posibilidades de nuevos productos desde las artesanías, medicinales tradicionales, gastronomía, etc., hasta los conocimientos ancestrales de acuerdo a sus sistemas aún vigentes. Segundo, la región aun cuenta con recursos naturales para aprovecharse de manera sustentable, entre ellos, el bosque, agua, flora y climas. Que pueden aprovecharse y conservarse mediante los enfoques de forestería análoga que promueve el complejo productivo. En esta línea, la cultura y cosmovisión de los pueblos mayas ofrece un conocimiento fructífero en relación a la sustentabilidad de los territorios.

Tercero, en diferentes territorios del Altiplano Occidental existen jóvenes hombres y mujeres, que han recibido capacitaciones y formación a nivel formal e informal y muchos cuentan con experiencias de diverso tipo, esto constituye un caudal enorme en relación a

⁶ Para una caracterización de esta región véase IARNA/URL (2006), Ordoñez (1997).

fomentar las redes de cooperación y grupos cooperativos que necesite el complejo productivo. Cuarto, la existencia de diversos tipos de organización en los territorios, como asociaciones de desarrollo, cooperativas, comités, grupos, COCODES, etc., esto se ha traducido en experiencias de organización social y aprendizaje para sus miembros, así como conocimientos sobre proyectos económicos y sociales.

Quinto, en los últimos años ha habido un fuerte crecimiento económico y urbano en las cabeceras municipales de las principales ciudades de la región del Altiplano Occidental. Uno de los principales factores han sido: la remesas familiares, que volcadas a sufragar gastos de educación, salud y vivienda, han dinamizado las economías locales y fomentado la demanda en consumo, construcción, servicios, etc. En estos espacios, se observa una oportunidad de mercado para los productos de los complejos productivos, que vayan en la línea de productos frescos y naturales, productos artesanales, medicinales, orgánicos, entre otros. En la ciudad de Quetzaltenango, a la par de un mercado moderno (representado por los grandes supermercados) y de mercados tradicionales de tipo barrial, existe un sector nuevo que ha emergido como alternativo, donde se comercializan productos orgánicos, ecológicos y naturales de la región, son 15 establecimientos de este tipo (Alonzo-Gutiérrez, 2017).

De esta cuenta, en la lógica de emprendimientos de complejos productivos multisectoriales existen en la región del Altiplano comunidades que presentan avances novedosos y que ha sido un recorrido de varios años. Una de éstas es Linda Vista del municipio de Tacaná, San Marcos; y la otra, Quixayá, municipio de San Lucas Tolimán, Sololá. La primera cuenta con una gran diversidad de productos, entre los que destaca, la producción de hongos ostra, convertida a pizza combinado con hospedaje ecológico, sendero de turismo. La pizza se distribuye ya en el casco urbano del municipio de Tacaná. La segunda comunidad, también cuenta con diversos productos donde se destaca la tilapia, berro, malanga, etc., y sus fuentes de agua que atrae a turistas nacionales y extranjeros, es una de las más avanzadas en la implementación de la permacultura y agroecología.

La comunidad Nueva Alianza, es una tercera experiencia, ubicada al norte del municipio de Retalhuleu, cuyo proceso ha tenido como resultados: la diversidad productiva y de servicios que ofrece la comunidad a los visitantes, que va desde la producción y procesamiento de café, macadamia, maní, producción y distribución de agua pura, hasta el servicio de hospedaje, senderos, comedor, etc. La comunidad nueva alianza tiene como base la organización social, la cooperación y la identidad de 37 familias que impulsan el proyecto.

No obstante, la región del Altiplano presenta procesos que limitan la potencialidad y aprovechamiento de los recursos existentes en los territorios. Se analizan cuatro factores: cambio climático y deterioro ambiental, atomización del minifundio, desconfianza a nuevas iniciativas e individualismo, y acceso a financiamiento.

El cambio climático está deteriorando aún más la calidad de los recursos naturales en el Altiplano, principalmente la tierra, bosque, agua, etc., esto visto con los procesos de erosión del suelo, sequías, incendios, heladas, inundaciones, deslaves, etc. Esto causa mayores costos en la recuperación y conservación de estos recursos. Sin embargo, ante estos problemas la forestería análoga que promueve el complejo puede contribuir grandemente. Por su parte, la atomización del minifundio tiene que ver con un problema estructural de régimen de tenencia de la tierra, aunado al crecimiento poblacional y especulación de la tierra en la región del Altiplano como efecto del crecimiento de las remesas y las economías ilícitas (narcotráfico,

corrupción, lavado de dinero). En Torres (2008, p.6) se demuestra el crecimiento de fincas menores a una manzana con base en análisis de los censos agropecuarios disponibles.

Para el caso de las necesidades de infraestructura y de tierra disponible para el complejo productivo, el minifundio es una limitante, primero, porque no hay mucha disponibilidad de terrenos en las comunidades que reúnan los requisitos en cuanto a tamaño, servicios, vías de acceso, etc., sino también los precios, en muchas comunidades estos precios son altos, llegando a Q. 200,000.00 por una cuerda. Ante esta situación, la organización cooperativa y red de cooperación al interior del complejo se convierten factores que podrían superar esta limitación.

Por su parte, la desconfianza e individualismo manifestado ante el proceso de promoción de los complejos productivos ha sido latente. Una constante ha sido los engaños hechos por otras entidades y las prácticas paternalistas y asistencialistas de otros proyectos. Esto ha socavado la iniciativa local y fomentada la desconfianza en la gente local. Esto ha sido un valladar que lentamente ha dado paso a concretar la constitución de las cooperativas de los complejos productivos. Este aspecto social vinculado a la certeza de normas y reglas de juego de y entre los participantes del complejo, es crucial para su sostenibilidad y sustentabilidad. Este es un tema a seguir con estudios más profundos que den propuestas de intervenciones sociales eficaces hacia esa consolidación y cohesión social.

Finalmente, el acceso a financiamiento. Este ha sido un problema inveterado que se manifiesta principalmente porque los pequeños productores rurales no tienen garantías para acceder a financiamiento que ofrecen entidades bancarias y muchas veces cooperativas; pero también, se ha visto, en el proceso de gestión de financiamiento para los complejos productivos, que de parte del sector público no hay mecanismos adecuados para este tipo de iniciativas. Y queda nada más, las posibilidades que pueda tener los programas, proyectos de ONG y de las entidades de cooperación internacional, que son mínimas y más orientadas a la asesoría, asistencia técnica y estudios de pre inversión, no así para necesidades de inversión real que puedan crear las condiciones económicas y sociales para fomentar el desarrollo económico rural.

Conclusiones:

Las experiencias existentes de comunidades del altiplano occidental de Guatemala, que han logrado un desarrollo rural diversificado tal como la comunidad Nueva Alianza, y las comunidades avanzadas en el proceso de constitución de complejos productivos, dan cuenta de lo potencial y conveniente que es esa estrategia para los territorios de la región. Si bien existen limitantes enumeradas como el cambio climático y deterioro ambiental, desconfianza e individualismo y acceso a financiamiento, los componentes de la estrategia del complejo productivo y sus enfoques pueden contrarrestar estas limitantes.

Queda en las autoridades de entidades públicas, privadas y de cooperación la posibilidad de apoyar estas iniciativas innovadoras de emprendimiento rural que van en búsqueda de superar la problemática económica y social existente y que golpea duramente a la población joven de la región del Altiplano Occidental. Y a los actores de los complejos productivos, principalmente, a los agentes de desarrollo económico rural formados, la lucha constante y solidaria por sus territorios en un proceso de reapropiación desde lo endógeno.

Referencias Bibliográficas:

Alonzo-Gutiérrez, R. (2017). Expansión del capital comercial y tercerización de la economía regional. Guatemala: (Inédito)

Hernández, J. (s/f). Proyecto de desarrollo integral eco sostenible: Centro productivo ecológico estación de medicina alternativa comunidad Zapara. Ecuador.

IARNA/URL. (2006). Distribución sectorial del crecimiento del empleo en el altiplano guatemalteco. Guatemala: IARNA/URL.

IARNA/IDIES. (2013). Impacto económico de la agricultura de pequeña escala sobre mujeres en el Altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala: URL.

INE. (2016). Encuesta nacional de condiciones de vida. Guatemala: INE.

Ordoñez, C. (1997). Estudio básico del Altiplano Occidental de Guatemala. Guatemala: Movimiento Tzuk Kim Pop.

PNUD. (2017). Más allá del conflicto, luchas por el bienestar. Informe nacional de desarrollo humano 2015/2016. Guatemala: PNUD.

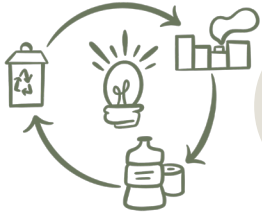
Schetjman, A., y Reardon, T. El empleo rural no agrícola y los proyectos como política rural. Presentado en el Seminario sobre “Desarrollo del Empleo Rural No Agrícola” BIDCEPAL-FAO-RIMISP, Santiago de Chile, 6-8 de septiembre 1999.

Torres, E. Pobreza campesina y acceso a la tierra. Una aproximación. En: El Observador, año 3, No. 15, noviembre de 2008.

Villacorta, M. (2018). Juventud desempleada: el camino para el cambio. Guatemala: Prensa Libre. Accesado el 19-02-2018 y disponible en: <http://www.prensalibre.com/opinion/opinion/juventud-desempleada-el-camino-para-el-cambio>

La Economía Circular:

¿Una alternativa viable para enfrentar la crisis ambiental?



Autor: Eduardo Rafael Vital

Sobre el autor: Lic. en Economía, MSc. en Economía y Planificación del Desarrollo; Docente investigador de la División de Ciencia y Tecnología, CUNOC-USAC.

Resumen:

En este artículo se presentan algunas contradicciones del actual desarrollo del capitalismo mundial que imposibilitan el éxito de una economía circular como alternativa para enfrentar la crisis ambiental. Se presenta en este ensayo inicialmente un

resumen de los principios de la Economía Circular para luego exponer las principales contradicciones del Sistema Capitalista Mundial y cómo éstas imposibilitan la práctica de una Economía Circular cuyo objetivo sea la reducción de la crisis ambiental.

Palabras Clave: Contradicción, crisis ambiental, economía circular.

Introducción:

En el transcurso de los diferentes procesos de desarrollo de los países a nivel mundial se ha generado una diferenciación que se caracteriza por la brecha que se ha creado entre países desarrollados y países subdesarrollados, términos éstos que se fueron insertando teórica y prácticamente para justificar las acciones de depredación que los países colonialistas hicieron en diferentes partes del mundo para sostener sus propios procesos de desarrollo. Las teorías del desarrollo económico y social jugaron este papel de caracterizar el subdesarrollo para que, a partir de esta caracterización, se recurriera a las recetas que cada una de estas teorías generó en su momento y que fueron puestas en práctica en la mayoría de los países pobres de Asia, África y América, especialmente la América Latina.

Desde finales de los años 50 del siglo pasado se exigió a todos los países a que formularan sendos Planes de Desarrollo Económico Sociales como requisito para acceder a los préstamos que ofrecieron los grandes bancos de los países desarrollados. Y a la par del surgimiento de Fondo Monetario Internacional (FMI), del Banco Mundial (BM) del BIRF (Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento),

el BID (Banco Internacional de Desarrollo) surge la deuda externa que ha sido un lastre para todas las economías que han tenido acceso a dichos créditos, convirtiéndose hoy en una deuda impagable y que se ha constituido en una barrera insalvable para el avance de los países pobres.

Ante el fracaso absoluto de las prácticas derivadas de las teorías del desarrollo, surgen nuevas recetas que están siendo impulsadas por empresas o por países para detener el deterioro del medio ambiente y la depredación de los recursos naturales y humanos que el capitalismo ha impulsado.

Explicar por qué la propuesta de la Economía Circular es inviable para afrontar la actual crisis ambiental desde las contradicciones internas y externas del capitalismo es el objetivo de este ensayo, que es, desde la perspectiva del autor, una motivación para profundizar en estudios de esta panacea que se asemeja a la de la revolución verde que prometió exterminar la pobreza del mundo a través del uso de productos químicos provenientes de las industrias de los países ricos.

Método:

El método que se empleará es el método dialéctico materialista que consiste en investigar un problema partiendo de la realidad concreta, luego del análisis de esta realidad llegar a las abstracciones que permitan identificar las relaciones esenciales entre el fenómeno a estudiar y sus causas y finalmente, una síntesis para retornar a esa realidad mediada por sus determinaciones esenciales. (Juan Brom O. Aspectos básicos del Materialismo dialéctico. Consultado el 7 de junio de 2024. Google Académico)

Resultado:

Las preguntas de investigación son las siguientes:

- ¿Qué es la economía circular?
- ¿Es la economía una alternativa para enfrentar la crisis ambiental?
- ¿Cuáles son las actuales contradicciones del capitalismo mundial?
- ¿Cómo esas contradicciones limitan el éxito de la economía circular para afrontar la crisis ambiental?

Inicialmente responder la pregunta: ¿Qué es la economía circular? Para responder a esta pregunta es necesario identificar de dónde viene esta propuesta.

“La idea de economía circular ya aparece en el libro de Pearce y Turner (1989) sobre Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. De hecho, el capítulo 2 del libro lleva por título «La economía circular». Esta idea ha ido adquiriendo cada vez más importancia, no sólo en el ámbito académico sino también en los ámbitos político, económico, empresarial y social.” (Cerdá & Khalinova, 2016)

De acuerdo a los documentos consultados, entre los economistas que destacan en esta propuesta están los siguientes: Walter Stahel, arquitecto suizo (1946-), que en la década de los años 70 fue quien propuso la opción de una economía cerrada con la idea de extender la vida útil de los productos. Es autor de varias obras entre las que destacan: *The circular economy*, *Auser's guide*, *The Performance economy*, *The product life factor* y otros sobre el mismo tema. Kenneth Boulding, economista inglés, (1910-1993) que en 1966 introdujo la idea de una economía cíclica en su ensayo “The economics of the Coming Spaceship Earth” en el que indica que la humanidad debe vivir dentro de los límites de los recursos finitos de la tierra. Michael Braungart (Químico Alemán 1958) y William McDonough (Arquitecto estadounidense 1951) que publicaron el libro “Remaking the way we make things” en el año 2002 en el que proponen un diseño productivo que imita los ciclos de la naturaleza, en el que los desechos se convierten en nutrientes de otros. Ellen Mac Arthur, (1976) ex navegante británica que en 2010 fundó la Ellen Mac Arthur Foundation y que ha sido una de las principales impulsoras de la economía circular a nivel global.

Como se aprecia en las anteriores referencias, el concepto y la práctica de la economía circular no es nuevo. (Google Académico) Al hacer una revisión sobre los países que han adoptado políticas públicas impulsando la economía circular, se identifica especialmente a China, cuyos tres últimos planes quinquenales contienen los principios de la economía circular; luego está la Unión Europea, que igualmente han adoptado los principios de la economía circular para hacerle frente a la economía lineal que genera enormes desperdicios, destacándose los países bajos, Francia, Finlandia y en el Asia, se destaca Japón, Taiwán, Corea del Sur, Singapur y la India.

En América Latina, se pueden mencionar algunos brotes de políticas públicas para implementar la Economía Circular, tales como Ecuador, Perú, México, Chile y Colombia, destacándose entre ellos el caso de Costa Rica. En los Estados Unidos, no hay políticas públicas federales relacionadas con el Economía Circular, sin embargo, algunos Estados la están practicando, tal el caso de California, New York, Oregón, Texas y algunas empresas privadas que la están impulsando.

En Rusia, hay vestigios de aplicación de la E.C. en políticas y estrategias, leyes de gestión de los residuos sólidos urbanos e iniciativas empresariales que están en procesos de aplicación de los principios de la E.C. En África son Ruanda, Sudáfrica, Kenia, Nigeria y Marruecos, los países que han avanzado en la propuesta de leyes para la aplicación de la E.C.

En todos los casos, la profundidad y amplitud de la cobertura de la Economía Circular es diversa y hay algunos países que, como China, la impulsan desde el Estado y desde la planificación quinquenal, en tanto que en el resto de los países se han establecido como políticas públicas que pueden ser obligatorias o voluntarias, en dependencia del nivel de presencia del Estado en la econo-

mía de cada país. En este sentido, la E.C. es viable únicamente en donde la planificación es normativa, es decir, se convierte en ley y que debe ser observada por todos los agentes económicos, tal como ocurre en China y en algunos países de economías mixtas.

En el caso específico de Guatemala la aplicación de los principios de la E.C., está en sus etapas iniciales, impulsados especialmente por la iniciativa privada y por ONG'S y algunas iniciativas gubernamentales que se han quedado en sugerencias y que no se han transformado en verdaderas políticas públicas.

Previo a responder la pregunta ¿Es la economía una alternativa para enfrentar la crisis ambiental?, se hace necesario describir qué es la Economía Circular.

El siguiente es un resumen de los principios de la Economía Circular, propuestos por los economistas y otros profesionales que la han divulgado a través de artículos científicos de revistas o trabajos para acceder a grados académicos.

La EC se basa en los siguientes principios fundamentales:

1. Diseño para la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad de la producción. Esto significa diseñar productos que tengan una vida útil más prolongada; la opción de reparar los productos finales para extender su vida útil, y asegurar que los productos y sus componentes puedan utilizarse en otros procesos al fin de su vida útil.

2. Mantenimiento y reparación, para extender la vida útil de los productos.

3. Reutilización y redistribución: promover la reutilización de productos materiales en lugar de descartarlos y facilitar la redistribución de productos que dejaron de ser útiles en un contexto pero que pueden ser usados en otro.

4. Reciclaje de materiales, que significa recuperar materiales al final de la vida útil para introducirlos como insumos en nuevos procesos productivos.

5. Economía de servicio en lugar de propiedad. Cambiar el modelo de propiedad final por la oferta de servicios como el alquiler o leasing en donde el productor conserva la propiedad y la responsabilidad del producto.

6. Uso de energías renovables, que es el fomento del uso de energías renovables para reducir la dependencia de recursos no renovables y disminuir la huella del carbono.

7. Ciclos biológicos y técnicos, que es diseñar productos de base biológica que puedan ser devueltos al medio ambiente, a través de procesos como el compostaje; diseño técnico para el reciclaje, reutilización y manufactura

8. Minimización de residuos y prevención de la contaminación.

9. Innovación y diseño circular

10. Colaboración y participación. Que implica la colaboración entre las empresas y la participación de todos, especialmente de los consumidores para reducir los efectos de la contaminación.

Aunque esta exposición de los principios de la economía circular no profundiza en propuestas concretas, se muestra de manera general sus características.

Esta E.C. se opone a la tradicional forma y esencia de la denominada Economía Lineal.

Lineal en el sentido en que el proceso económico se desarrolla en una ruta lineal y que se ejemplifica como los eslabones de una cadena: Insumos, producción, distribución y consumo, y que al final de esta línea, los desechos o desperdicios no interesan.

Esta es la característica del modo de producción capitalista y que se genera a través de dos órbitas fundamentales: la órbita de la circulación y la órbita de la producción.

La órbita de la circulación pasa por dos momentos que forman parte del ciclo del capital:

► El momento de la adquisición de insumos (materias primas, maquinaria, equipo) que el productor capitalista adquiere para producir, y que constituye la parte objetiva del proceso, así como la adquisición de la fuerza de trabajo, que es la parte subjetiva del proceso (porque el trabajador es un sujeto) que son los elementos del proceso de trabajo. El segundo momento de la circulación corresponde a la venta de la producción y el respectivo consumo, el que puede ser: consumo productivo o consumo final.

Para poder valorizar el capital, el propietario capitalista debe salirse de la órbita de la circulación e insertarse en la órbita de la producción. Aquí, conjuga los elementos objetivos (materias primas, maquinaria y equipo) y los elementos subjetivos (los trabajadores) y en este proceso es en donde se transfiere y se crea el valor que va a permitir al propietario capitalista convertir su dinero en capital. Debe entenderse que el capital es la relación social que establece el productor con el trabajador, no es el resultado en sí, sino que la posibilidad de convertir en valor el trabajo del obrero (del campo o de la ciudad) y que la razón fundamental del capitalista es apropiarse de este valor adicional creado por el trabajador para luego desarrollar lo que se conoce como la reproducción ampliada del capital, cuya finalidad es la acumulación y la concentración del capital.

► La acción del trabajador en el proceso productivo tiene dos momentos: el momento en el que transfiere total o parcialmente el valor de los medios de producción y el momento en el que agrega valor a esos productos resultado de su acción. Es importante indicar que el concepto de valor no está directamente asociado con el precio, con la expresión monetaria de un producto, sino con la cantidad de esfuerzo físico y mental que el trabajador agrega a los productos que elabora. Por eso es que el valor final del producto contiene el valor que el capitalista pagó en el mercado de medios de producción, transferencia que el obrero hace durante toda la jornada de trabajo, pero además, en una parte de esa jornada de trabajo, el obrero crea el valor de la fuerza de trabajo, es decir, su salario, pero en la otra parte que resta de la jornada sigue transfiriendo el valor de los medios de producción pero crea un nuevo valor, la Plusvalía, que es apropiada por el capitalista. Esta es la explotación del trabajo por el capital, y como se sabe, es parte del contrato de trabajo, y como contrato es ley y por lo tanto, explotar a los trabajadores no es delito. Es la esencia del modo de producción capitalista. (Marx, El capital. Crítica a la Economía Política. Tomo I, Cap. I)

En una acción previa a la salida del proceso productivo se desarrolla la distribución de lo producido: al capitalista le corresponde la

ganancia (parte de la plusvalía), a los que prestaron capital les corresponde el interés (parte de la plusvalía), al propietario de la tierra (entiéndase tierra, locales, etc.) le corresponde la renta (parte de la plusvalía) y al obrero le corresponde el salario. Incluso, cuando el capitalista no vende directamente sus productos a los consumidores finales, una parte de la plusvalía creada por el obrero se traslada como ganancia a los comerciantes. (Ibidem)

Pero, para realizar el valor, el capitalista sale de la esfera de la producción y realizar o vender sus productos en la esfera de la circulación. Es en el intercambio mercantil, en donde esos valores creados en el proceso productivo, se transforman en precios expresados a través del dinero. De manera general puede concluirse que el precio no es otra cosa que el valor de un producto cuando el equivalente general es el dinero, sea cual sea la expresión física de este.

Pero el modo de producción capitalista se ha desarrollado y de un capitalismo inicial de competencia entre propietarios se ha ido transformando en un capitalismo monopolista, en donde los capitalistas débiles que no logran competir con otros, van cediendo su espacio y hoy en día, la expresión básica del desarrollo del capitalismo es la gran empresa multinacional, que concentra los capitales a nivel mundial y monopolizan los procesos de circulación y de producción, definiendo precios monopólicos de todas las mercancías que ofrecen al público. No hace falta ejemplos de esto.

Y la lógica del gran capital es producir en masa para el consumo de las masas. Y en la medida en que se apropian monopólicamente de todos los espacios productivos y del mercado, el único interés es que la población en general consuma sus productos, sin importar el destino de los residuos, de los desechos, y sin importar el consumo de energía con sus respectivas consecuencias. En su libro “El Imperialismo, fase superior del Capitalismo”, V.I. Lenin (V.I. Lenin. 1917) describe el proceso de acumulación y centralización del capital que hoy se percibe a través del dominio de las grandes empresas transnacionales, que dominan el mercado de insumos, el mercado de trabajo, los procesos productivos industriales, así como los canales de distribución de los productos a través del monopolio de los mercados de toda clase de productos. Y a través de los procesos de acumulación y concentración de capital en todos los ámbitos de la economía, se ha generado en los países industriales un proceso de avances tecnológicos que en este siglo XXI, en menos de 25 o 30 años, ha superado con creces los avances tecnológicos habidos en el desarrollo del capitalismo de los siglos anteriores desde su aparición en Europa en el siglo XVII. Uno de los signos fundamentales del desarrollo industrial de los siguientes siglos fue la producción de bienes de larga duración, especialmente en lo referente a máquinas para producir máquinas, equipos de producción, herramientas, productos industriales del hogar, etc. Pero a partir del avance tecnológico, marcado especialmente por el desarrollo de los procesos computarizados, y por el aumento sin precedentes de la población mundial, las grandes empresas han cambiado el paradigma de productos de larga vida útil por el de productos con períodos de vida cortos y programados para garantizar la recuperación del capital en períodos cada vez más cortos. A esto se le ha llamado la programación de la obsolescencia.

Y en este contexto de la realidad actual del desarrollo del capitalismo, y derivado de las acciones empresariales para obtener ganancias de los recursos, las grandes empresas transnacionales se han lanzado a la depredación de los recursos naturales del mundo. Hidroeléctricas, minas para explo-

tar el suelo y el subsuelo, plantaciones, y sobre todo, fuerza de trabajo, han sido el objetivo de los conglomerados empresariales para acumular y concentrar el capital en cada vez menos empresas, con el daño irreversible al medio ambiente y que ha generado las crisis ambientales que hoy azotan al mundo entero. Y dentro de esa crisis ambiental debe incluirse la crisis humanitaria de la migración. Pueblos enteros del sur viran hacia el norte con la esperanza de una mejor oportunidad para la vida, constituyéndose ahora en cinturones de miseria en los propios países del norte industrializado.

Y derivado de este breve análisis de esta realidad, se generan las contradicciones de la E.C. con el actual sistema capitalista, especialmente el de las economías no planificadas. Es importante ver el enfoque de la E.C. que propone China, en comparación con el resto de las economías capitalistas. El objetivo explícito en los planes quinquenales de China es mejorar las condiciones de vida de toda la población.

En tanto que en el resto de países, las opciones de la economía circular se asumen como negocios para acrecentar la acumulación y la concentración del capital, y en ninguna de las políticas públicas se observa que haya un objetivo orientado a mejorar las condiciones de vida de los trabajadores.

A partir de este breve análisis se puede responder la primera pregunta:

¿Es la economía una alternativa para enfrentar la crisis ambiental?

La respuesta es no, porque se opone a la lógica del capital. Al propietario capitalista no le interesa que los resultados de la producción (en los procesos industriales, agropecuarios, mineros, etc., de producción de energías renovables o no renovables) tengan consecuencias o “externalidades” que se expresen en términos de daño ambiental y que trasciendan a la crisis ambiental como lo han señalado importantes autores que argumentan en favor de la economía circular.

Y aquí se presenta la gran contradicción del capital: La producción se hace cada vez más social en tanto que la apropiación de los resultados de la producción se hace cada vez más individual, más concentrada.

Y aunque la tendencia de los procesos industriales hoy sea la de sustituir a la fuerza de trabajo por máquinas, por robots, se genera un incremento en la productividad que se refleja en menores precios de los productos con acceso a mayor cantidad de consumidores. A pesar de que el capital ha utilizado diversas formas para superar la tendencia decreciente de la tasa de ganancia, esto ocurre sólo en el corto plazo, porque en el largo plazo, el decrecimiento existe y va generando decadencia en el propio sistema capitalista.

Y otra contradicción importante que se opone a la E.C. es que al capital no le interesa el reciclaje. Los desechos no importan y lo que se propone es que los consumidores se eduquen, se concienticen de que hay que reutilizar, reciclar, etc., y si se propone una política pública para reducir el impacto de la producción en la crisis ambiental, las empresas lo asumen como otro negocio más, utilizando fuerza de trabajo para generar una nueva fuente de plusvalor (ganancia) para aumentar el capital de los empresarios.

En el siglo pasado, la producción industrial, especialmente la producción de máquinas herramientas y de utensilios para los hogares, se caracterizaron por su larga duración. Un vehículo, un tractor, una fresadora, un torno, una refrigeradora, se calificaban por su larga duración; pero al final de ese siglo, y especialmente a partir de los años 70, la producción

se caracterizó por la programación de la obsolescencia, hecho que se manifiesta hoy en día en los equipos tecnológicos, que tienen una vida útil programada de corto plazo y esta garantiza la supervivencia del capitalismo.

La respuesta a la pregunta se hará contrastando los principios de la Economía circular con las contradicciones fundamentales del capitalismo actual.

programación de la obsolescencia, hecho que se manifiesta hoy en día en los equipos tecnológicos, que tienen una vida útil programada de corto plazo y esta garantiza la supervivencia del capitalismo.

La respuesta a la pregunta se hará contrastando los principios de la Economía circular con las contradicciones fundamentales del capitalismo actual.

1. Diseño para la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad de la producción. Esto significa diseñar productos que tengan una vida útil más prolongada; la opción de reparar los productos finales para extender su vida útil, y asegurar que los productos y sus componentes puedan utilizarse en otros procesos al fin de su vida útil.

Los países industrializados, organizados ahora a través de las empresas transnacionales, son actualmente los proveedores de los productos que el mundo consume. Y la estrategia de producir para la durabilidad, reparabilidad y reciclabilidad solo aparece hoy en algunos países como una propuesta marginal que no es asumida por las grandes empresas transnacionales. Lo que actualmente se hace es la programación de la obsolescencia, es decir, programar la duración de los productos para el corto plazo. Y la reparabilidad está condicionada a la producción industrial de refacciones, lo que puede garantizar a lo sumo unos pocos meses o un año de duración extra del producto, especialmente si estos son productos tecnológicos. Y la reciclabilidad no es de interés de estas industrias y delegan la responsabilidad en los consumidores finales para la gestión de los desechos; o en su defecto, se crean otras empresas para esta gestión, sin modificar en absoluto las condiciones de trabajo, es decir, manteniendo la idea de la generación de ganancias (plusvalía) a partir del trabajo asalariado. Cambiar para que todo siga igual.

2. Mantenimiento y reparación, para extender la vida útil de los productos. Por lo dicho anteriormente, en la E.C. se propone la creación de empresas que ofrezcan el mantenimiento de maquinaria y equipo así como las refacciones necesarias para extender la vida útil de los productos, pero, a partir de la explotación de los trabajadores.

3. Reutilización y redistribución: promover la reutilización de productos materiales en lugar de descartarlos y facilitar la redistribución de productos que dejaron de ser útiles en un contexto pero que pueden ser usados en otro. Esta propuesta es la que ha dado pie a la exportación desde los países centro hacia los países periféricos de la chatarra no utilizada, tales como vehículos automotores (y maquinaria en general) así como útiles y enseres del hogar de segundo uso, sin pasar por alto el gran negocio de la ropa y calzado de paca, como conocemos en Guatemala estos negocios); los países del tercer mundo o subdesarrollados nos hemos especializado (por no decir nos han obligado) a reutilizar y redistribuir la basura de los países industrializados.

4. Reciclaje de materiales, que significa recuperar materiales al final de la vida útil para introducirlos como insumos en nuevos procesos productivos. En este principio poco es lo que se hace, especialmente en los desechos

energéticos, tal como las emisiones de dióxido de carbono a través del uso de combustibles fósiles. Aquí el desecho final son las emisiones de gases de efecto invernadero, que ni los países industriales pueden reutilizar, de igual manera los desechos de los productos tecnológicos. No existen procesos productivos que usen como insumos los materiales desechables de las computadoras, teléfonos celulares, hornos microondas, etc., y lo que se ha generado son basureros en los países periféricos de los desechos de los países industriales. Se ha avanzado en la recogida y recolección, la clasificación y desmontaje, la reutilización y re fabricación, reciclaje de materiales, tratamiento de residuos peligrosos, la eliminación segura de materiales nocivos, la regulación y el cumplimiento de normativas, la educación y la concienciación y la innovación y desarrollo tecnológico, pero todas esas acciones se desarrollan a través del mismo esquema capitalista, es decir, a través de empresas privadas que establecen relaciones de explotación de los trabajadores.

5. Economía de servicio en lugar de propiedad. Cambiar el modelo de propiedad final por la oferta de servicios como el alquiler o leasing en donde el productor conserva la propiedad y la responsabilidad del producto.

La E.C. promete algo que está fuera de la lógica del capital y de la misma acumulación del capital. El leasing o arrendamiento promete la sostenibilidad al extender la vida útil de los productos, fomentar su reutilización y reciclaje, reducir los residuos y promover la innovación en el diseño de productos.

El fundamento del capitalismo actual es la propiedad privada sobre los medios de producción y la propiedad del tiempo de trabajo del obrero o del trabajador que voluntariamente ha cedido al propietario de la empresa en el contrato de trabajo. Y esta propiedad se extiende a la propiedad del producto del trabajo. El capitalista es propietario de la producción.

Adoptar el leasing o arrendamiento no resuelve la contradicción existente en el modo de producción capitalista, y que consiste en que el proceso de producción es cada vez más social (en los procesos productivos hay una creciente utilización de mano de obra) en tanto que la propiedad de los resultados es privada. El leasing solo reconfigura las formas de consumo y de propiedad sin abordar las desigualdades inherentes al sistema capitalista.

Esa propiedad que se cede es aparente porque únicamente se renta el uso, es decir la parte de usufructo que implica la propiedad (el derecho a usar y a gozar de los frutos del bien poseído) pero no traslada las otras condiciones de la propiedad que son el derecho a ceder y a disponer libremente del bien.

Y derivado de esto, se pueden generar empresas, con el mismo modelo capitalista, que sobre la base de la explotación del trabajo asalariado, se proponga la reutilización, el mantenimiento y el reciclaje de los bienes o servicios.

6. Uso de energías renovables, que es el fomento del uso de energías renovables para reducir la dependencia de recursos no renovables y disminuir la huella del carbono.

En este principio se deja por un lado que el proceso de acumulación y de concentración del capital tiene como objetivo final controlar toda la producción de bienes y servicios del mundo. Las empresas transnacionales, que cada vez son menos pero que concentran la participación

corporativa de más empresas, están acaparando, a través del dominio sobre los gobiernos de los países pobres o por medio de la fuerza y la violencia, todos los recursos naturales, especialmente aquellos que son estratégicos para los procesos industriales de los países centrales. Y si se está haciendo uso de las energías renovables pero la sustitución de otras formas de energía no significa para el capital una pérdida, sino que siempre se buscará incrementar la ganancia en comparación con lo que se deriva de la utilización de las formas tradicionales de la producción de energía.

7. Ciclos biológicos y técnicos, que es diseñar productos de base biológica que puedan ser devueltos al medio ambiente, a través de procesos como el compostaje; diseño técnico para el reciclaje, reutilización y manufactura.

En este caso se trata de desarrollar investigación para ampliar el conocimiento que permita la devolución de productos al medio ambiente. Nuevamente no aparece la opción de mejorar las condiciones de vida de los trabajadores, es decir, empresas capitalistas, generando ganancias para devolver productos al medio ambiente a partir de la explotación del trabajo asalariado.

8. Minimización de residuos y prevención de la contaminación. No es alcanzable este principio toda vez que la gran cantidad de productos de consumo final y de consumo intermedio se disparan cuantitativamente en función de la creciente demanda mundial, disparando, en consecuencia, la generación de residuos que contaminan el ambiente: polímeros, residuos metálicos y de otro tipo que producen emanaciones que contaminan. El capitalismo se alimenta del consumo y para ello genera productos que muchas veces no son necesarios pero que estimulan por diferentes medios su consumo irracional. Y la dificultad de poner en práctica esta minimización de residuos y prevenir la contaminación es que la propuesta es la educación de los consumidores, es decir, responsabilizan a los consumidores finales de la gestión de los desechos de la producción.

9. Innovación y diseño circular: En este principio se plantea que los países o las empresas inviertan en la investigación para la innovación y derivar de ello diseño de productos que puedan ser reciclables y reutilizables. En los países industriales son las empresas las que invierten en investigación y desarrollo, pero cada unidad monetaria que invierten en estas actividades está programada para que tenga una recuperación de lo invertido más la necesaria diferencia convertida en ganancia. En los países pobres, la Investigación y Desarrollo está relegada a un segundo o tercer plano, ya que ni el Estado ni las deficientes empresas existentes, ni las universidades, disponen de los recursos suficientes, primero para especializar investigadores, y luego para que se dediquen a la innovación y el desarrollo de procesos amigables con el ambiente.

10. Colaboración y participación. Que implica la colaboración entre las empresas y la participación de todos, especialmente de los consumidores para reducir los efectos de la contaminación. Y si existe la colaboración, pero entre los consorcios y las fusiones empresariales que dominan la economía mundial. Se olvidan de generar riqueza para una distribución más justa entre la población, especialmente la clase trabajadora. Los indicadores de pobreza actuales del mundo entero así lo confirman.

Conclusiones:

1. Dadas las contradicciones fundamentales del capitalismo actual, la Economía Circular no es una alternativa viable para hacerle frente a la crisis ambiental que se ha generado por el uso irracional de los recursos naturales, incluyendo a los trabajadores, y el modelo únicamente contempla los aspectos objetivos de los procesos de producción, distribución y consumo, olvidándose de mejorar las condiciones de vida de los trabajadores.

2. La Economía circular puede ser viable únicamente en aquellos países en donde el Estado tiene una presencia fundamental a través de la Planificación Normativa, es decir, la planificación que se convierte en ley y que debe ser observada por todos los actores económicos, como ocurre en las economías mixtas y en las economías socialistas.

Referencias Bibliográficas:

Cerdá, Emilio & Angyun Khalinova. Economía Circular. Pp. 1. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20y%20KHALILOVA.pdf>

Ellen Mac Arthur Foundation (n.d.) Circular Economy Concept. Recuperado de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept> el 23 de junio de 2024

Engels, F (1974). Dialéctica de la Naturaleza. Obras completas. FCE. México.

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiate, D. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of cleaner*. https://www.researchgate.net/publication/286256099_A_review_on_circular_economy_The_expected_transition_to_a_balanced_interplay_of_environmental_and_economic_systems. Consultado el 15 de junio de 2024.

Gobierno de la República Popular China (2021). The 14th Five-year Plan for economic and social development of the people's Republic of China (2021-2025) Central Compoilation & Translation press. https://www.fujian.gov.cn/english/news/202108/t20210809_5665713.htm Consultado el 16 de junio de 2024.

Guevara, Ernesto. (1985). Los problemas de la planificación socialista. Editorial Ciencias Sociales, la Habana, Cuba.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekker, M (2017). Conceptualizing the circular economy: An Analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232. https://www.researchgate.net/publication/320074659_Conceptualizing_the_Circular_Economy_An_Analysis_of_114_Definitions. Consultado el 16 de junio de 2024

Marx, Karl. (1978) Los Grundrizer. Cuadernos manuscritos. F.C.E. México.

Marx, Karl. El Capital. Crítica a la Economía Política.(1970) FCE. Tomo I, Capítulo I. México-

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy. An interdisciplinary Exploration of the concept and application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140 (3), 369-380. https://www.researchgate.net/publication/277882796_The_Circular_Economy_An_Interdisciplinary_Exploration_of_the_Concept_and_Application_in_a_Global_Context

Consultado el 16 de junio de 2024

Nederlandse Economische en Sociale Raad (SER) (2020) recuperado el 7 de julio de 2024 en <https://www.ser.nl/nl/actueel/ser-not-2020>

Pineda Ramírez, César Enrrique. Límites y contradicciones del capital en la naturaleza. *Problemas del desarrollo*. Recuperado de <https://doi.org/10.22201/iee.20078951e.2021.207.69780>. El 15 de junio de 2024

Towards the Circular Economy: Economic and business Rationale for an Accelerated Transition. World Economic Forum (2014). Towards the Circular Economy. Acceleratin the scale-up across global supply chains. <https://www.weforum.org/publications/towards-circular-economy-accelerating-scale-across-global-supply-chains/> Consultado el 16 de junio de 2024

V.I. Lenin. El Imperialismo, Fase superior del Capitalismo.(1970) Ed. Siglo XXI. Colección 70. México.

World Economic Forum. (2020) The Circular Economy and Marxist Theory: Limits and Contrdicions. https://www.researchgate.net/publication/353953193_Critiques_of_the_circular_economy. Consultado el 15 de junio de 2024.

Inteligencia Artificial generativa en la educación



Autor: Jorge Morales Alistum, Profesor titular, División de Ciencia y Tecnología, CUNOC, USAC.

Sobre el autor: Ingeniero agrónomo en sistemas de producción agrícola, USAC, MSc. en Biología, Universidad de Costa Rica.

Resumen: El artículo aborda la implementación y discusión del uso de la Inteligencia Artificial Generativa (IAG) en la educación superior, con un enfoque en el Centro Universitario de Occidente (CUNOC). A través de preguntas formuladas a los profesores sobre el uso de herramientas como Chat GPT y la preparación institucional para enfrentar los desafíos de la IA, se destaca la relevancia de estos temas en el contexto educativo.

El artículo subraya la importancia de integrar la IAG en las universidades para en un entorno laboral que cada vez más demanda el uso de estas tecnologías. Se enfatiza que la IAG debe ser vista como una herramienta complementaria y no sustitutiva del conocimiento humano, y que es crucial saber formular preguntas y construir diálogos productivos con este tipo de herramientas como Chat GPT u otras similares.

Se argumenta, asimismo, que la prohibición de la IA, como ocurrió con inventos previos como la calculadora, sería un error. En cambio, aboga por una incorporación activa y crítica de la IA en la educación. La ética en el uso de la IA también es un tema crucial, destacando la necesidad de sistemas justos, equitativos y responsables. La UNESCO ha publicado recomendaciones sobre la ética de la IA, subrayando la importancia de la privacidad, transparencia y la lucha contra el sesgo y la discriminación.

El artículo concluye que la irrupción de la IA en la educación es inevitable y que se deben fomentar marcos regulatorios y legislativos para su uso honesto y ético, promoviendo un enfoque educativo que vaya más allá de la memorización y aproveche las oportunidades de personalización y tutoría virtual que la IA ofrece.

Presentación: Supongamos que a los profesores del Centro Universitario de Occidente se les formulan las siguientes preguntas:

- a) ¿Usa usted herramientas de IAG tales como Chat GPT?
- b) ¿Tiene usted un grado cuando menos medio de comprensión de estos modelos de lenguaje?
- c) ¿Cree que su institución está preparada para enfrentar los desafíos que representa el uso de estas herramientas? y
- d) ¿Cree que su centro de estudios, ha comenzado una discusión institucional sobre este tema? (1).

Si tal encuesta tuviera lugar, los resultados servirían de punto de partida del análisis y discusión de incorporación de IA en el proceso educativo.

Para el caso del Cunoc se han presentado, en este primer semestre, dos eventos, en los que uno ha pulsado y el otro desarrollado, el tema de IA, indicativos de que el asunto no sólo no ha pasado desapercibido, sino que ha merecido algún grado de atención.

Estos eventos son, por un lado, la lección inaugural titulada Inteligencia Artificial en la Educación Superior llevada a cabo a finales de febrero de 2024 y el otro, el diplomado Inteligencia Artificial para la Educación Superior que tuvo lugar durante marzo, abril y mayo, en cuatro módulos, cada uno con una duración de unas tres horas.

Si bien el primer evento abordó el tema de manera muy breve, ya en el segundo se perfiló, dada su duración, con un mayor grado de involucramiento.

En todo caso, y como lo expresa Julián Cárdenas, profesor de la Universidad de Valencia: o la universidad incorpora herramientas de IAG o desaparece tal como la conocemos ahora, y ello, entre otras razones, porque cada vez son más las empresas y organizaciones que ya utilizan IA. Si alguna universidad se resistiera a hacer lo mismo, iría en contra de la naturaleza de su misión principal. Los alumnos y los padres de los alumnos no tardarían en darse cuenta que tal universidad no está preparando a los alumnos para un entorno laboral que sí está utilizando y demandando el uso de estas tecnologías (2).

Es en ese orden de ideas, que el presente artículo ha sido preparado, teniendo como propósito, aportar ideas en la necesaria discusión acerca del papel transformador que la IA y particularmente los lenguajes generativos como Chat GPT u otros similares, tendrán en el proceso educativo en instituciones de educación superior, como es el caso del Centro Universitario de Occidente.

Para su elaboración, establecimos contacto con algunos profesores y divulgadores de la élite intelectual de algunas universidades hispanoamericanas y centros de investigación. También acudimos al propio Chat GPT para auxiliarnos en algunos aspectos con el fin de que nos despejara el panorama.

La idea central de este artículo, escrito por quien se confiesa como un inmigrante digital, radica en que la IA, con los lenguajes generativos como eje principal, está penetrando el mundo de manera tan concluyente, que ningún estamento ni institución podrá resistirse a su incorporación activa, si bien en un inicio, suscitará un inevitable y ojalá, fructífero debate.

Eliminando malentendidos:

Una tergiversación común es que, si los modelos de lenguaje pueden responderlo todo, ya no será necesario aprender muchas cosas y el rol del maestro dejará de ser importante. Esto es un error, dice Axel Rivas, director de la Escuela de Educación de la Universidad de San Andrés de la República de Argentina, porque si nosotros no atravesamos el conocimiento, si no lo recorremos, el conocimiento no se integra en nuestras capacidades de pensar y de actuar (3).

Por otro lado, para preguntar algo a un modelo de lenguaje de manera correcta y fructífera, hay que conocer algo o mucho del tema; no se puede preguntar desde el vacío. Hay que saber formular buenas preguntas y no quedarse con la primera respuesta; hay que ser capaz de construir diálogos que modelen, amplíen y enriquezcan la respuesta. Lejos de endosar el trabajo al modelo de lenguaje, se trata de interactuar de manera inteligente, haciendo uso de los denominados prompts o grupos de instrucciones clave, dadas al programa, con el fin de obtener respuestas oportunas, apunta Santiago Bilinkis, coautor con Mariano Sigman del libro *Artificial: La nueva inteligencia y el contorno de lo humano* (1).

Un alumno que ve la importancia del conocimiento, querrá que una máquina lo ayude, que lo potencie, que lo enriquezca, pero no que lo sustituya, porque entiende que el conocimiento y las competencias son útiles para su vida, para su futuro laboral y para su desempeño ciudadano (3).

Al mismo tiempo, las instituciones educativas quieren personas creativas, comprometidas, con sentido común, de pensamiento crítico. El resto ya lo están haciendo las máquinas, y lo harán mejor, dice el Dr. Senén Barro, ex rector de la Universidad de Santiago de Compostela (4).

No se trata de colocar a la IAG en un plano omnisciente, porque esta se alimenta con las propias interacciones de los usuarios y está entrenada para ciertas cosas, pero no para otras, es lo que se conoce como Inteligencia específica y débil.

Carlos Madrid Casado, investigador adjunto de la Fundación Gustavo Bueno y autor del libro *Filosofía de la Inteligencia Artificial*, nos proporciona un excelente ejemplo de la precaución que se debe guardar con la IA. Advierte que en el campo de la medicina no basta con datos estadísticos que describen correlaciones, en tanto correlación no siempre implica causalidad. Los patrones estadísticos encontrados por la IA han de ser explicados por la ciencia médica y no por la ciencia de datos, lo cual significa que es preciso encontrar un principio intermedio común entre el factor inicial y final que conecta la causa con el efecto. El citado autor llama a esto doctrina de la causalidad ternaria (5).

Prohibido prohibir:

Cuando apareció la calculadora en la década de los sesenta, su uso fue prohibido en algunos centros educativos, argumentando que iba en contra del desarrollo de la capacidad de cálculo de los alumnos

A lo largo de la historia, los principales inventos propulsores de la inteligencia han debido soportar oposición y hasta prohibición, tal es lo que ha acaeci-

do con la escritura, la imprenta, la calculadora y los buscadores de Internet. No es de extrañar, por tanto, que ahora la Inteligencia Artificial Generativa se prohibiera, o al menos, se limitara en algunos centros educativos de New York y Europa (6).

La revolución en la educación

Según los expertos, los lenguajes generativos cambiarán el sistema educativo de manera profunda. A enero 2024 existían nada menos que 11,300 herramientas desarrolladas de inteligencia artificial, las cuales son capaces de realizar poco más de 6,000 tipos de tareas (2).

¿Entonces qué es Inteligencia?

La inteligencia se la define como la capacidad para resolver problemas, o la capacidad para comprender algo. Buscando una explicación más precisa, se le pidió al propio Chat GPT, que nos brindara una definición, para lo cual se le formuló la siguiente pregunta: ¿Cómo puede ser definida la Inteligencia? Quisiera que la respuesta sea brindada desde el punto de vista de un sistema de inteligencia artificial como lo eres tú.

Para profundizar la respuesta, se le formuló un segundo cuestionamiento y esta vez la pregunta fue: ¿Cuáles aspectos mínimos forman parte de un sistema para considerarlo inteligente? (7).

IA y ética

La ética de la IA concierne a individuos usuarios pero también diseñadores, organizaciones globales como la UNESCO, empresas, usuarios, individuos y gobiernos. Precisamente, la UNESCO publicó, en 2023, la Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial (8) y recientemente organizó el Segundo Foro global sobre la ética de la IA 2024, el cual tuvo lugar el 5 y 6 de febrero 2024 en el castillo de Kranj, Eslovenia (9).

En resumen, lo que formula UNESCO es que la ética de la IA se refiere a cómo los diseñadores de IA pueden construir sistemas justos, equitativos y responsables, lo cual implica no solo la eficiencia y precisión de los sistemas sino la justicia detrás de su uso. También se ocupa de la privacidad y transparencia en el uso de la IA y la toma de decisiones y la responsabilidad en donde se la utilizará. Agrega que la IA puede ser sesgada y discriminatoria, debido a que se entrena con datos históricos y estadísticos que pueden esconder prejuicios y discriminación en procesos de reclutamiento de personal o de elegibilidad financiera, por citar dos ejemplos.

En el plano del usuario individual, la ética de la IA tiene que ver, por ejemplo, con la decisión de recurrir o no a plagio intelectual, pero como dijo un experto, para reducir las ocasiones de plagio o la práctica de cortar-pegar, se cuenta con la oportunidad de volver a la oralidad, al desempeño directo, a la actuación, al menos en grupos educativos no numerosos; al fin y al cabo, uno de los rasgos de la inteligencia es la comunicación asertiva, tan importante en la vida y tan descuidada en la educación.

Conclusiones:

1. La irrupción de IA en los centros educativos es un hecho.

2. El análisis y la discusión en torno al uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) en centros educativos es necesario, sobre todo en términos de riesgos y de oportunidades.

3. Hay que alentar un uso honesto de la IA. La ética puede ser inspiradora de marcos de regulación, pero es más racional o pertinente confiar en un marco legislativo universitario, nacional e internacional para la IA.

Un sistema educativo centrado en la memorización deja de tener sentido en el contexto de la IA.

5. Los chatbots se constituyen en tutores virtuales 24/7 haciendo posible la educación personalizada, con ayuda directa al propio ritmo y de conformidad con las propias capacidades de cada estudiante, en una extensión de la labor del docente.

6. Los sistemas curriculares de créditos como CLAR que toman en cuenta el tiempo que el estudiante invierte en la preparación de trabajos, tendrán que reformularse en el escenario de la IA.

Referencias Bibliográficas:

Bilinkis, S. (2023). El impacto de la inteligencia artificial y Chat GPT en la educación (Video). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=9fCUtDnlD-WE&t=4920s>

Càrdenas, J. (2024). La inteligencia artificial e educación universitaria entre la aceptación y el escepticismo (Video). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=NQK5qfFYow>

Rivas, A. (2023). Chat GPT e IA en la educación superior. ¿Qué deben saber las instituciones de educación superior? (Video). Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=Ij6o6DQg_ps

Barro, S. (2024). Inteligencia artificial. ¿Quererla o temerla? (Video). Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=TYxRAdGe150>

Madrid, C (2024). ¿Qué es la filosofía de la inteligencia artificial? (Video) Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=I9BFcXxQj-M>

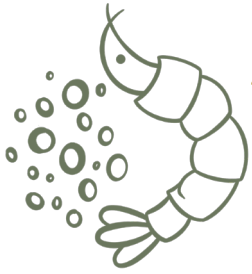
Business Insider España. (2024). Colegios y universidades de EE.UU y España ya han prohibido ChatGPT. <https://www.businessinsider.es/colegios-universidades-eeuu-espana-ya-han-prohibido-chatgpt-1192306>

OpenAi. (2024). Chat GPT. <https://chat.openai.com/chat>

UNESCO. (2023, 30 de agosto). Recomendación sobre la ética de la inteligencia artificial. <https://www.unesco.org/articles>

UNESCO. (2024, 6 de febrero). Foro global sobre la ética de la IA 2024. <https://www.unesco.org/forum-et>

Control de sólidos suspendidos por medio de oxidación de la materia con tecnología de nanoburbuja de oxígeno y ozono en agua de *pre-criadero de camarón* (*Litopenaeus vannamei*)



Autor: Nelson Sebastián Escobar Reyes. Profesor en Postgrados CUNOC.

Sobre el autor: Ingeniero en Gestión Ambiental Local, CUNOC, MSc. en Ciencia y tecnología de recursos hídricos, CUNOC-USAC.

Resumen: La vibriosis es una enfermedad bacteriana que afecta a los camarones en criaderos, causando altas tasas de mortalidad y pérdidas económicas significativas. Provocada por bacterias del género *Vibrio*, esta enfermedad prolifera en condiciones de estrés y mala calidad del agua, especialmente cuando los niveles de oxígeno son bajos. Los camarones infectados muestran letargo, pérdida de apetito y lesiones. La acumulación de desechos orgánicos y la sobrepoblación en los criaderos agravan el problema, subrayando la importancia de medidas de control y prevención para mantener la salud y productividad del cultivo.

En el estudio, se evaluó un Sistema Integrado de Bioregeneración de Agua con Nanoburbuja, que utiliza dispositivos para generar nanoburbujas de oxígeno y ozono puro, con larga permanencia en el agua y menor consumo de energía en comparación con los sistemas de aireación convencionales. Los resultados mostraron una reducción del 70.16% en sólidos suspendidos, alcanzando 127 mg/L tras 144 horas de aplicación constante de nanoburbujas de oxígeno y ozono, intercalados cada dos y cuatro horas. El sistema fue evaluado en una piscina de pre-criadero de 375,000 litros en marzo de 2022, en el Pacífico de Guatemala, con una temperatura promedio de 28.5°C y una humedad relativa del 60%.

Palabras Clave: Vibriosis en camarones, Nanoburbujas de oxígeno y ozono, Sistema integrado de bioregeneración de agua, Calidad del agua en criaderos, Prevención de enfermedades bacterianas

Introducción: El camarón al encontrarse en un entorno con baja concentración de oxígeno y el estrés que es provocado por la alta cantidad de sólidos suspendidos; se tienen tres enfermedades principales, la vibriosis, enfermedad de la mancha blanca (WSSV) y la enfermedad del síndrome de necrosis hepatopancreática aguda (AHPND), de estas, la primera es una la más mortales acompañada con la mancha blanca, sabiendo que la vibriosis es una enfermedad bacteriana que afecta gravemente a los camarones en piscinas de criadero, causando altas tasas de mortalidad y pérdidas económicas significativas, debido especialmente por la mala calidad del agua. Esta enfermedad es causada por bacterias del género *Vibrio*, que proliferan en condiciones de estrés y mala calidad del agua, especialmente cuando los niveles de oxígeno son bajos. Los camarones infectados presentan síntomas como letargo, pérdida de apetito y lesiones en el cuerpo. La acumulación de desechos orgánicos y la sobrepoblación en los criaderos agravan el problema, haciendo esencial la implementación de medidas de control y prevención para mantener la salud y productividad del cultivo.

La tecnología del cultivo de camarón se ha desarrollado a través del tiempo, mejorando su eficiencia en el aprovechamiento de espacio, energía e insumos, convirtiéndose en cultivos más intensificados y controlados. En estos cultivos el manejo de la calidad de agua es un factor de suma importancia, ya que el control de esta deriva en una mejor producción. La tasa de concentración de oxígeno disminuye en las granjas camaroneras en un ciclo de cultivo conforme el aumento de biomasa del camarón y acumulación de desechos orgánicos, entre los principales se puede mencionar heces fecales, alimento no consumido y

fitoplancton muerto. Una disminución de oxígeno por debajo de los niveles óptimos genera estrés en los camarones lo que provoca alta probabilidad de adquirir enfermedades y una exposición prolongada deriva en altas tasas de mortalidad (Quizhpe Cordero, 2018).

En el presente estudio se evaluó la implementación de un Sistema Integrado de Bioregeneración de Agua con Nanoburbuja, que consiste en una serie de dispositivos integrados que generan nanoburbuja de oxígeno y ozono puro con larga residencia en el agua y con un menor consumo de energía en comparación a los dispositivos de aireación convencionales. Para el desarrollo del estudio se Dentro de los resultados más representativos fue la reducción de sólidos suspendidos de 70,16%, presentando un total de 127 mg/L, esto durante un ciclo de 144 horas constantes de aplicación de nanoburbuja de oxígeno y de ozono, ambos gases fueron intercalados a cada dos y cuatro horas.

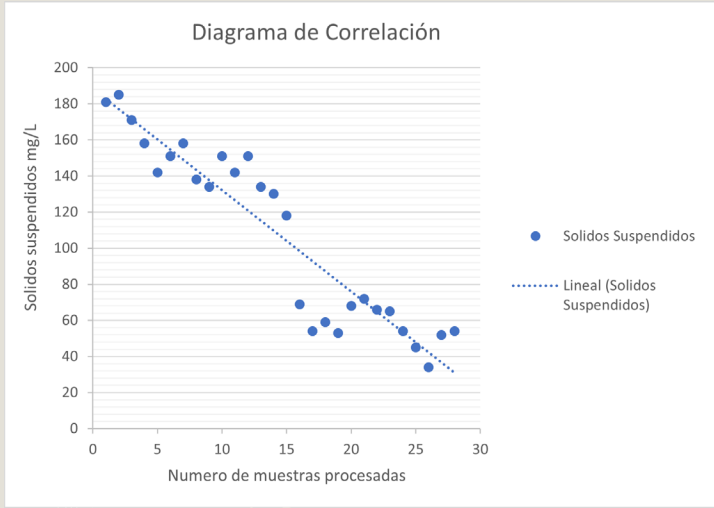
El sistema fue colocado en una piscina de pre-criadero de 375,000 L durante el mes de marzo del 2022, ubicados a nivel del mar en el pacífico de Guatemala, con una temperatura promedio de 28.5°C y humedad relativa de 60%.

Materiales y métodos El sistema que se utilizó consta de un generador de nanoburbujas mecánico con un caudal de 200 L/min y un concentrador de oxígeno y generador de ozono de 16 psi, y una bomba sumergible tipo bala de 2 HP. La investigación se desarrolló durante 144 horas, en dos fases, la primera con nanoburbuja de ozono al 35%, y la segunda con 60%, de la capacidad del equipo; cada una de las fases tuvo una duración de 72 horas

(tres días) de manera continua, en cada una de las fases se aplicó nanoburbuja de oxígeno por 12 horas y nanoburbuja de ozono por el mismo periodo de tiempo. Las muestras fueron procesadas en el laboratorio de la industria camaronera donde se llevó a cabo el estudio.

Resultados obtenidos Los parámetros a evaluar fueron sólidos suspendidos, oxígeno disuelto y temperatura, los cuales brindan indicios del nivel de mejora de la calidad del agua del pre-criadero de camarón, así como el comportamiento de la nanoburbuja. A partir de los resultados obtenidos, fue aplicada la fórmula de coeficiente de correlación para cuantificar la intensidad de la relación lineal entre cada variable (Gráfica No.1)

Gráfica 1. Diagrama de correlación .



Fuente: Elaboración propia, 2,022.

Como se puede observar en la gráfica anterior, en relación con los sólidos suspendidos se inició con 181 mg/L y finalizó con 54 mg/L teniendo una disminución de un 70.16%, esta reducción se debe a que, el uso de nanoburbujas de oxígeno y ozono para la reducción de sólidos suspendidos en una piscina de pre-criadero de camarón es respaldado por varios mecanismos científicos avanzados que optimizan la calidad del agua y la eficiencia del tratamiento, como lo es la larga persistencia de las nanoburbujas asegura una mayor interacción con partículas suspendidas y compuestos orgánicos, facilitando su descomposición o sedimentación, así como la intercalación temporal del proceso de aplicación, este patrón de aplicación evita la saturación del sistema y permite una acción sostenida sobre la calidad del agua sin un consumo excesivo de energía.. Las nanoburbujas, con un diámetro inferior a 200 nanómetros, ofrecen una mayor estabilidad en suspensión y una superficie de contacto extensiva, facilitando interacciones más efectivas entre los gases y las partículas contaminantes (Takahashi, 2005). Esta estabilidad prolongada en el agua permite que las nanoburbujas permanezcan en suspensión durante períodos más largos, aumentando su eficacia en la oxidación y eliminación de contaminantes.

El ozono es un oxidante altamente efectivo que reacciona con compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. La introducción de ozono en forma de nanoburbujas maximiza la transferencia de masa y la eficiencia de oxidación, descomponiendo sólidos suspendidos como restos de alimentos y materia fecal en compuestos más simples y solubles (Guzmán-Luna et al., 2019). Este proceso de oxidación mejora significativamente la calidad del agua al reducir la concentración de sólidos y otros contaminantes.

El aumento de oxígeno disuelto proporcionado por las nanoburbujas favorece la actividad de microorganismos aeróbicos que descomponen la materia orgánica, contribuyendo a la reducción de sólidos suspendidos y previniendo la formación de zonas anaeróbicas que favorecen bacterias patógenas como *Vibrio* spp. (Ebina et al., 2013). Las nanoburbujas

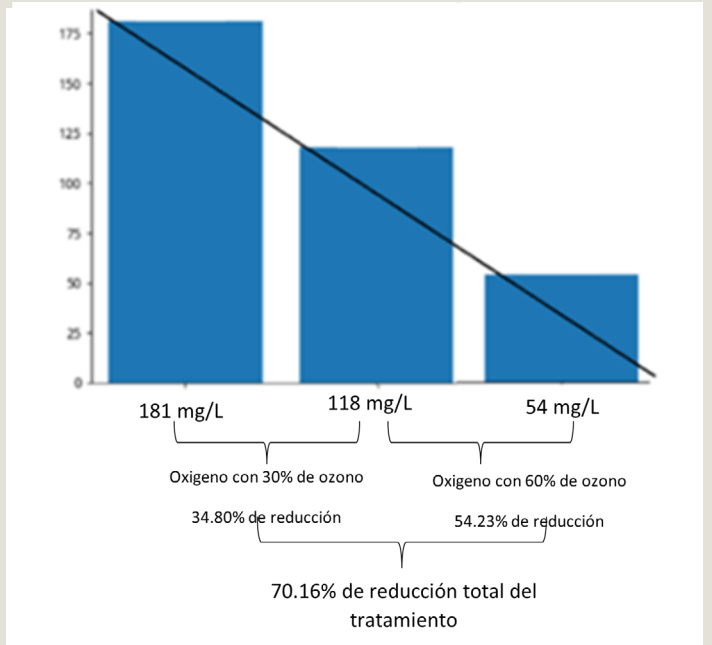
de oxígeno también aumentan la eficiencia del proceso de floculación, en el cual las partículas finas se agrupan en flocúlos más grandes que pueden ser fácilmente removidos del agua por sedimentación (Jiang et al., 2014).

Además, el uso de nanoburbujas es más eficiente energéticamente en comparación con los sistemas de aireación convencionales. La generación y dispersión de nanoburbujas requieren menos energía, lo que no solo reduce los costos operativos sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental del sistema de tratamiento (Li et al., 2020). Este aspecto de eficiencia energética es crucial para mantener la viabilidad económica y ambiental de los cultivos de camarón.

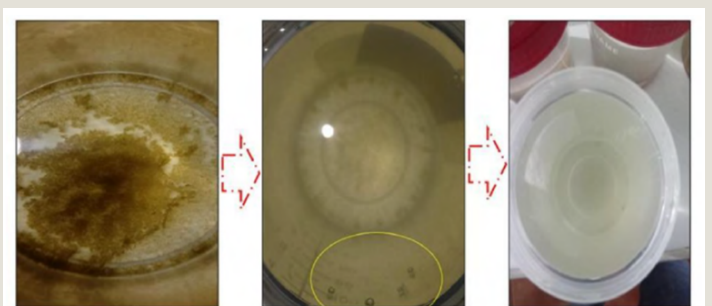
De acuerdo al coeficiente de correlación el comportamiento del oxígeno con ozono al 30% es de -0.85 esto indica que mientras aumenta el tiempo de tratamiento, los valores de la variable sólidos suspendidos descenden, por otro lado el comportamiento del oxígeno con ozono al 60% tiene un valor correlativo de -0.51, lo cual indica también que la cantidad sólidos suspendidos sigue descendiendo.

De acuerdo a los resultados obtenidos de manera general durante 144 horas de tratamiento, se logró reducir un total del 70.16% de sólidos suspendidos por lo que se concluye que la nanoburbuja de oxígeno enriquecida con ozono al eliminar los sólidos suspendidos ayuda como control preventivo evitando la reproducción bacteriana.

Gráfica de reducción de solidos suspendidos



Fuente: Elaboración propia, 2,022.



Fuente: Elaboración propia, 2,022.

Conclusiones:

El uso de nanoburbujas de oxígeno y ozono en la piscina de pre-criadero de camarón ha demostrado ser altamente efectivo en la reducción de sólidos suspendidos, disminuyendo la concentración de 181 mg/L a 54 mg/L. Esta disminución de sólidos suspendidos no solo ha mejorado la claridad del agua, sino que también ha contribuido a la disminución de la enfermedad de la vibriosis en los camarones, mejorando su salud y bienestar general.

La combinación de estas tecnologías ha permitido un tratamiento eficiente del agua, beneficiando tanto la calidad del ambiente acuático como la salud de los organismos. Estos resultados destacan el potencial de las nanoburbujas y el ozono como herramientas valiosas en la acuicultura, recomendando su uso para optimizar la gestión del agua y controlar enfermedades.

Referencias Bibliográficas:

Chen, Z., Zhang, T., & Wei, S. (2019). The effectiveness of nanobubbles in treating industrial wastewater: A review. *Water Research*, 156, 234-247. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.066>

Choi, H., Park, M., & Lee, H. (2018). Comparative study of nanobubble and microbubble aeration systems for wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*, 340, 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.01.003>

Ebina, T., Shi, K., Hirao, M., Hashimoto, J., Kawato, Y., Kaneshiro, S., ... & Yoshikawa, H. (2013). Oxygen and air nanobubble water solution promote the growth of plants, fishes, and mice. *PLoS One*, 8(6), e65339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065339>

Guzmán-Luna, P., Mohedano, Á. F., Villaseñor, J., & Rodríguez, J. J. (2019). Comparative study of ozone and activated carbon in the treatment of pharmaceutical wastewater: Oxidation and adsorption processes. *Science of The Total Environment*, 653, 1172-1181. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.363>

He, X., Wang, W., & Liu, Q. (2020). Enhancement of water treatment performance by using ozone nanobubbles: Mechanisms and applications. *Environmental Technology & Innovation*, 18, 100724. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100724>

Jiang, B., Zheng, J., Qiu, S., Wang, L., & Pan, Y. (2014). Effect of microbubble ozonation on cyanobacterial cell integrity and microcystin degradation. *Separation and Purification Technology*, 132, 156-162. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.05.019>

Lee, K., Yang, J., & Kim, J. (2016). Efficiency of nanobubble generation and its applications in water treatment. *Water Science and Technology*, 73(10), 2392-2400. <https://doi.org/10.2166/wst.2016.118>

Li, P., Gao, H., Ji, J., Yang, L., & Wang, X. (2020). Energy-efficient and eco-friendly design of nanobubble aeration for wastewater treatment. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118485. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118485>

Li, X., Zhang, H., & Zhao, X. (2018). Nanobubble-assisted ozonation for water treatment: A comprehensive review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 48(17), 1550-1580. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1503752>

Li, Y., Liu, X., Xu, Y., & Zhang, Q. (2016). Enhancement of oxidation and removal of organic pollutants by ozone nanobubbles in water treatment. *Journal of Environmental Sciences*, 44, 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2015.11.013>

Liu, J., Chen, J., & Huang, X. (2015). Nanobubble technology: A novel approach to enhance the quality of water in aquaculture. *Aquaculture Research*, 46(11), 2751-2763. <https://doi.org/10.1111/are.12313>

Liu, Y., Zhu, J., & Xu, X. (2021). Microbubble and nanobubble aeration for the removal of pollutants from water: A comparative study. *Chemical Engineering Journal*, 418, 129394. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129394>

Takahashi, M. (2005). Potential of microbubbles in aquatic environments. *The Chemical Engineering Journal*, 27(1), 131-133. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2004.12.018>

Wang, S., & Yang, S. (2019). Nanobubble technology for water treatment: A review. *Journal of Environmental Management*, 241, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.003>

Xu, X., Wu, S., Li, J., & Gao, H. (2017). Application of ozone nanobubble technology for the removal of organic pollutants from water. *Journal of Hazardous Materials*, 333, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.09.031>

Yu, H., Zhang, S., & Wang, Q. (2019). The role of nanobubbles in the treatment of aquaculture wastewater: A review. *Aquacultural Engineering*, 86, 102004. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102004>

Zhang, L., Zhang, X., Zhao, H., & Zhang, X. (2021). Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using ozone nanobubble technology. *Environmental Science & Technology*, 55(15), 10150-10160. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01522>

Zhang, Y., Hu, Z., & Chen, J. (2017). Nanobubble-assisted ozonation for wastewater treatment: Mechanisms and efficiency. *Water Research*, 113, 116-123. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.036>

Zheng, Q., Liu, H., Wang, J., & Zhang, Y. (2020). Effectiveness of nanobubble ozone treatment on water quality and bacterial inactivation. *Water Research*, 171, 115441. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115441>

Evaluación del comportamiento del nivel freático mediante el método geofísico de sondeo eléctrico vertical de la microcuenca del valle del municipio de **Almolonga, departamento de Quetzaltenango**



Autor: Doctor PhD. Dagoberto Alfredo Bautista Juárez. Profesor titular, División de Ciencia y Tecnología, CUNOC-USAC.

Sobre el autor: Ing. Agr. en sistemas de producción agrícola, CUNOC, MSc. en ciencia y tecnología de recursos hídricos, CUNOC, PhD. En Ingeniería Civil, PhD. En Ingeniería Geotécnica.

Resumen: La presente investigación buscó sentar las bases para tener un conocimiento del nivel freático de las aguas subterráneas en el valle del municipio de Almolonga y con ello responder a la necesidad de conocer la existencia del nivel del agua freática subterránea, el material geológico y la transmisividad de los mismos por medio del método geofísico Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), de acuerdo a los sondeos realizados y a los objetivos trazados se obtuvieron los siguientes

resultados; con respecto al inicio del nivel freático, el mismo fue encontrado a la profundidad de 30, 40, 50 metros, en los lugares conocidos como los Baños km 216 Almolonga, Zona 7 Almolonga y Sector Chinimá. En cambio, no se encontró el nivel freático y ningún acuífero en el lugar denominado Sector Las Delicias, Zona 5, de la profundidad de 0 a 340 metros. Por lo anterior, se indicó que no se debe de realizar ninguna perforación de pozos mecánicos en dicha área.

Palabras Clave: Transmisividad, acuífero, material geológico, SEV.

Introducción: Se presenta información de la prospección hidrogeológica y una descripción de los sondeos eléctricos verticales, entre otros aspectos técnicos: equipo de campo, mediciones de campo, interpretación geológica e hidrogeológica y una caracterización del municipio de Almolonga.

Por último, se presentan los resultados obtenidos, siendo lo más importante lo siguiente: El inicio del nivel freático fue encontrado a la profundidad de 30, 40 y 50 metros, en los lugares conocidos como los Baños Almolonga, Zona 7 Almolonga y Sector Chinimá.

El material geológico encontrado fueron rocas, limos, limos arenosos, arcillas, arenas más rocas, arenas y arcillas limosas.

La transmisividad encontrada en los diferentes niveles freáticos, fueron las siguientes: 403.082 m²/día, siendo una transmisividad media a alta ($100 < T < 500$), de 48.058 m²/día, siendo una transmisividad baja ($10 < T < 100$), de 4.77 m²/día, siendo una transmisividad muy baja ($T < 10$), de 323.73 m²/día, siendo una transmisividad media a alta ($100 < T < 500$).

Desarrollo del estudio Se efectuó la selección de la información en los puntos seleccionados, con base a la geografía del valle en mención, y fue cargada en un SIG, utilizando el software ArcGIS™ 10.2. Posteriormente, se analizó cada uno de ellos según la geografía dentro del valle objeto de estudio, de acuerdo con lo siguiente:

- » Información física del área de estudio.
- » Selección de SEV y perforaciones de investigación en el área de estudio.
- » Con base en los puntos identificados mediante el Sistema de Información Geográfica de los sondeos eléctricos verticales dentro del valle de Almolonga y en los datos obtenidos, se generó el mapa cartográfico donde se muestra la microcuenca y los puntos georreferenciados seleccionados donde se realizaron los sondeos eléctrico-verticales, el

cual se presenta en los resultados. El Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) consistió en medir desde la superficie la resistividad aparente en el terreno objeto de estudio. Se utilizaron electrodos en las cuales se realizó la inyección de corriente y por ende las diferencias de potencial en los puntos ya definidos sobre la recta del terreno.

Los parámetros que se tomaron en cuenta fueron la resistividad aparente y resistencia ohm. Los datos obtenidos fueron graficados utilizando un software propio generado en Excel, dando como resultado la identificación de la profundidad del nivel freático. Siendo el parámetro importante la resistividad aparente, los datos fueron plasmados en cuadros para su presentación e interpretación. Con estos parámetros se realizó la clasificación de los estratos geológicos identificados.

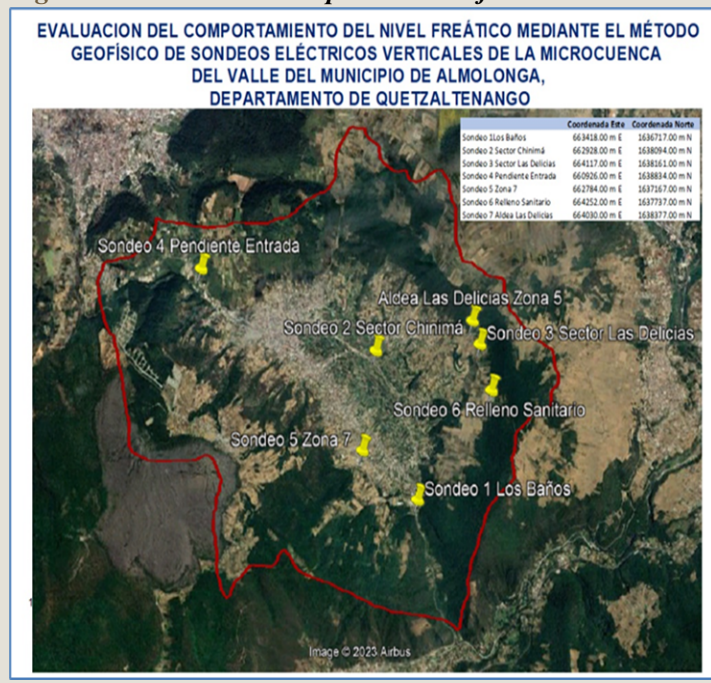
Otros parámetros de interés que se tomaron en cuenta fueron la permeabilidad hidráulica, que permite evaluar la capacidad de transmitir agua de una formación, en función de la textura de esta, sin relacionarla con su estructura. Además, se tomó el espesor de la zona saturada, dando como resultados la transmisividad T, el cual es el parámetro definido para evaluar la capacidad de transmitir agua de los acuíferos, teniendo en cuenta no sólo la textura del acuífero y las características del fluido, sino también las características estructurales.

Resultados:

a) Puntos Identificados

En la *figura 1* se muestra la ubicación de los sondeos eléctricos verticales tomados mediante el Sistemas de Información Geográfica dentro del valle de Almolonga.

Figura 1. Ubicación de los puntos identificados.



Nota: Se muestran los datos de la ubicación de los puntos identificados donde se realizaron los sondeos eléctricos verticales, en el Valle de Almologong, por medio de coordenadas UTM. Elaboración Bautista, J. A con imagen tomada de Google Earth 2022

b) Resultados obtenidos para determinar el nivel freático

Se realizó la investigación en 7 puntos por medio de sondeos eléctricos verticales, para determinar la profundidad del inicio del nivel freático, la estructura geológica y la transmisividad de estos.

Profundidad Mts	Profundidad Pies	Resistividad Aparente Ωm	
130	426.4	176.22	0.101
140	459.2	156.44	0.078
150	492	220.44	0.095
160	524.8	209.87	0.079
170	557.6	244.05	0.082
180	590.4	163.98	0.049
190	623.2	155.14	0.042
200	656	117.38	0.028
210	688.8	79.07	0.024
220	721.6	193.51	0.054
230	754.4	5.79	0.002
240	787.2	379.39	0.081
250	820	4.42	0.096
260	852.8	4.2	0.001
270	885.6	561.54	0.114
280	918.4	66.51	0.012
292	957.8	58.11	0.009
300	984	38.18	0.005
308	1010.2	80.25	0.012

Nota: Datos de la profundidad del inicio del nivel freático en el punto del sondeo uno, denominado los Baños km 216 Almologong. El color gris oscuro indica la presencia de un acuífero, el color gris claro indica una alta humedad y el color blanco indica que no existe agua disponible. Elaboración propia, realizado con Excel, 2023.

La tabla 1 nos muestra el inicio del nivel freático a la profundidad de 30 metros, encontrándose estratos de 60 a 130 metros sin la presencia de agua subterránea.

Discusión de resultados

Los resultados obtenidos de los sondeos eléctricos verticales para la identificación del nivel freático, material geológico y la transmisividad de las aguas subterráneas en el valle son los siguientes:

1. Se encontró el inicio del nivel freático a la profundidad de 30 metros, encontrándose estratos de 60 a 130 metros sin la presencia de agua subterránea. De los estratos de 130 a 308 metros se encuentra un acuífero libre bastante estable, los estratos geológicos encontrados de 0 a 300 metros fueron arenas, arenas más rocas, limos, limos arenosos, rocas y arcillas. La transmisividad del acuífero encontrado fue de 403.082 m²/día siendo una transmisividad media a alta (100<T<500).

2. No se encontró nivel freático y ningún acuífero en el lugar denominado Sector Las Delicias, Zona 5 de la profundidad de 0 a 340 metros. Debido a que no se encontró ningún acuífero en el punto del sondeo tres, en consecuencia, no se encontró transmisividad (m²/d) la estructura geológica encontrada fue: arenas más rocas y rocas.

Tabla 1. Profundidad del inicio del nivel freático y resistividad aparente del sondeo uno

Profundidad Mts	Profundidad Pies	Resistividad Aparente Ωm	
5	16.4	99.41	2.636
10	32.8	150.97	0.971
15	49.2	146.5	0.417
20	65.6	20.05	0.134
30	98.4	22.37	0.065
40	131.2	26.07	0.044
50	164	67.5	0.07
60	196.8	157.75	0.093
70	229.6	233.82	0.478
90	295.2	136.83	0.166
96	314.9	166.3	0.177
118	387	776.15	0.541

Conclusiones:

1. En el método geofísico utilizado para evaluar el comportamiento del nivel freático se identificó que, a profundidades de 30, 40 y 50 metros, en los lugares conocidos como los Baños km 216, Zona 7 Almolongga y Sector Chinimá, dicho nivel está activo.

2. El uso del sondeo eléctrico vertical permitió determinar el material geológico de las zonas de estudio, identificando: rocas, limos, limos arenosos, arcillas, arenas más rocas, arenas y arcillas limosas.

3. La transmisividad de los estratos geológicos encontrados en el nivel freático del acuífero fue la siguiente: 403.082 m²/día siendo una transmisividad media a alta (100<T<500), de 48.058 m²/día, siendo una transmisividad baja (10<T<100), de 4.77 m²/día. Siendo una transmisividad muy baja (T<10), de 323.73 m²/día, siendo una transmisividad media a alta (100<T<500).

Recomendaciones:

1. No realizar ninguna perforación de pozos mecánicos en el lugar denominado Sector Las Delicias, Zona 5, debido a que no hay agua subterránea disponible (acuífero), incluso a profundidades de 340 metros.

2. Realizar la perforación de pozos mecánicos en los lugares denominados los Baños km 216 Almolongga y Pendiente Entrada Almolongga, por la alta probabilidad de presencia de agua en niveles freáticos aceptables.

3. No debe realizarse ninguna perforación de pozos mecánicos en el lugar denominado Zona 7 Almolongga, por presentar una transmisividad muy baja de 4.77 m²/día, siendo (T<10), debido a que la recuperación del acuífero puede tardar horas o días por la misma situación que la estructura geológica encontrada son: limos, limos arenosos y arcillas.

Referencias Bibliográficas:

Caicedo, D., Tálamo, E., & Vilches, F. (2016). Exploración Geoelectrónica para la caracterización hidrogeológica en la zona sur de la Sierra de Chepes, La Rioja. Catamarca, Argentina: IX Congreso Argentino de Hidrogeología y VII Seminario Hispano-Latinoamericano sobre temas actuales de la Hidrogeología Subterránea. Relatorio 95-102 pp.

Calixto, L. (09 de octubre de 2018). Red de Repositorios Latinoamericanos. Obtenido de Métodos Geofísicos para la búsqueda de aguas subterráneas y prediseño de un pozo de extracción para la Empresa Transavella, en la ciudad de Sogamoso, Boyacá: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3176381?show=full>

Casas, A. (2018). Prospección Geofísica aplicada a la Hidrogeología: Metodologías y técnicas emergentes.

Catonha, M., Sacasas, C., & Pérez, J. (4 de noviembre de 2015). redalyc.org Minería & Geología. Obtenido de Prospección de Aguas Subterráneas mediante Lógica Difusa en Luanda, Angola: <https://www.redalyc.org/journal/2235/223547677005/>.

Determinación de recarga hídrica potencial del bosque municipal

El Cebollín, de Aldea las Ventanas, municipio de Cabricán, Quetzaltenango.

Autor: Ignacio Rufino Yax Tajiboy

Sobre el autor: Bachiller en ciencias y letras. Tesista de Ingeniería en Gestión Ambiental Local, CUNOC-USAC.

Asesor de investigación: Gabriel Paolo Gamboa, Profesor interino, División de Ciencia y Tecnología, CUNOC. MSc. Planificación y gestión territorial de los riesgos del agua y del medio ambiente (USAC).

Resumen:

El agua juega un papel complejo y multifacético en las actividades humanas y sistemas naturales, es un elemento finito y frágil, la gestión eficaz del recurso requiere un enfoque integrado (agua y suelo, bosque) que concilie el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas naturales de acuerdo a Solanes y Villareal. (s.f).

La presente investigación, se realizó con el propósito de obtener la recarga hídrica potencial de un bosque municipal, ubicado en aldea Las Ventanas, del municipio de Cabricán, Quetzaltenango. Se utilizó una metodología elaborada por el Instituto Nacional de Bosques (INAB 2020) en donde se tienen tres principales fases, una de gabinete inicial que proporciona unidades de mapeo, en base a la geología y la cobertura forestal del área de estudio, una fase de campo para obtener datos de área en cada unidad de mapeo y corroborar información secundaria de las mismas y una fase final de gabinete para análisis del balance hídrico de suelos e interpretación de información para zonificar el área en las distintas categorías de recarga hídrica.

Con ayuda de tres estaciones meteorológicas aledañas al municipio, que son: Labor Ovalle de Quetzaltenango, EFA de San Marcos y la estación Huehuetenango, además el método de interpolación IDW (Distancia Inversa Ponderada) se pudo obtener los datos necesarios y representativo para la realización del balance hídrico de suelos sugerido por Schosinsky como parte de la metodología del ente rector en el tema forestal en Guatemala (INAB 2020). De acuerdo a los resultados indican que en un área de 22.57 ha, equivalentes a 225,700 m², que es el área total del bosque, se tiene un ingreso de 220,251.32 m³/ anual, por medio de la precipitación.

De dicho análisis se encuentran factores de salida como: la evapotranspiración (ETR) con 59,836.00 m³/años equivalente al 27.2%, escorrentía superficial (ESC) con el 0%, la retención vegetal (RET) con 46,189.69 m³/año, equivalente al 21.0% y el punto principal: la recarga hídrica potencial (RP) con 114,225.63 m³/año equivalente al 51.9% de todo el ingreso, lo cual no es menospreciable, debido a que los manantiales han disminuido su producción y la población aumenta.

Palabras Clave: Recarga hídrica potencial, unidades de mapeo, método de INAB, balance hídrico de suelos.

Introducción:

El agua juega un papel complejo y multifacético, tanto en las actividades humanas como en los sistemas naturales, es sabido que el agua es un elemento finito y frágil, la gestión eficaz de los recursos hídricos requiere un enfoque integrado (agua de superficie y subterránea, calidad y cantidad, bosque, agua y suelo, etc.) que concilie el desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas naturales de acuerdo a Solanes y Villareal. (s.f)

Guatemala, siendo un país altamente vulnerable, puede verse amenazado por conflictos por el recurso hídrico, ya que no cuenta con una capacidad de almacenar o represar agua por falta de infraestructura para proveer a la población del nivel deseado de desarrollo social y económico a falta de una ley que regule específicamente lo relativo a las aguas, para mejorar la calidad en la gestión de su sistema hidrológico y la infraestructura de los recursos hídricos en general.

La presente investigación se realizó con el propósito de determinar la recarga hídrica potencial de un bosque municipal, ubicado en aldea Las Ventanas, del municipio de Cabricán, Quetzaltenango. Se utilizó una metodología elaborada por el Instituto Nacional de Bosques (INAB 2020) en donde se tienen tres principales fases, una de gabinete que proporciona unidades de mapeo, una fase de campo para obtener datos de área en cada unidad de mapeo y corroborar información secundaria

de las mismas y, una fase final de gabinete, para análisis del balance hídrico de suelos e interpretación de información para zonificar el área en categorías de recarga hídrica.

De acuerdo a los resultados obtenidos, basados en la metodología de INAB 2020, indican que en un área de 22.57 ha, equivalentes a 225,700 m² se tiene un ingreso de 220,251.32 metros cúbicos anuales, por medio de la precipitación. De dicho análisis se encuentran factores de salida como: la evapotranspiración (ETR) con 59,836.00 m³/años equivalente al 27.2%, escorrentía superficial (ESC) con el 0%, la retención vegetal (RET) con 46,189.69 m³/año, equivalente al 21.0% y el punto principal que es la recarga hídrica potencial (RP) con 114,225.63 m³/año equivalente al 51.6% de todo el ingreso.

Los recursos suelo, agua y bosque están interrelacionados, y el deterioro o mal manejo de uno de ellos afecta directamente o indirectamente la condición (en cantidad o calidad) de los demás. Es necesario realizar un manejo integral de los recursos naturales, para lo cual se debe conocer el estado actual de dichos recursos. Analizando las interrelaciones, nos encontramos con el vínculo hidrológico – forestal, en el cual la cobertura boscosa regula en gran manera el comportamiento del ciclo hidrológico de acuerdo a INAB (2004).

Recarga Hídrica La recarga es el proceso por el cual se incorpora a un acuífero agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante) y de aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistema acuífero en consideración. Rodríguez, (2017). El agua subterránea es sin duda el componente que constituye alrededor de dos terceras partes de los recursos de agua dulce en todo el mundo; además, como alimentan a lagos, pantanos, embalses y ríos representan el 3.5 % y la humedad del suelo sólo el 1.5 % del agua dulce. Peña, Vigo y Soria Romero (2021).

En Guatemala es de interés social la conservación del recurso hídrico y forestal, y para el país mismo es de interés económico y ambiental la conservación de los bosques con el establecimiento y mantenimiento de plantaciones forestales y bosques naturales. Esto debido a que se ha incrementado la explotación de las aguas subterráneas, haciéndose necesario delimitar las áreas de recarga hídrica que surten al acuífero para su protección y manejo correcto. Ibáñez (2016).

Metodologías utilizadas para la estimación de recarga hídrica

Método Schosinsky y Losilla Este método fue desarrollado en Costa Rica, mediante el análisis de datos de bandas de Pluviógrafos, incluyendo aspectos relacionados con la precipitación efectiva, como la cobertura vegetal, la pendiente y la velocidad de infiltración. Considerando que Costa Rica y Guatemala pertenecen al istmo centroamericano y tienen características climáticas similares, este método es el más recomendado. Espinoza, (s.f.)

Método RAS Dicho método es un proceso científico-teórico para elaborar el mapa de la recarga hídrica, elaborado por Forges (2005); este se basa en calcular el agua que se infiltra en el subsuelo, basado en los principios de Schosinsky y Losilla (2000), se utiliza el método RAS para aproximar a la realidad sobre el potencial de recarga hídrica en una subcuenca. Pan (2019).

Método de INAB La metodología fue impulsada por el proyecto de investigación forestal y el Departamento de Ecosistemas Forestales Estratégicos y áreas protegidas del INAB para la resolución de problemas de desarrollo forestal, a través de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. La metodología tiene como objetivos homogenizar criterios metodológicos en la determinación de recarga hídrica natural a nivel nacional; proponer los elementos básicos de una matriz que ayuden a seleccionar áreas críticas de recarga hídrica; y realizar un ejemplo de aplicabilidad de la metodología de recarga hídrica natural (INAB, 2020)

Método a utilizar Para poder desarrollar el presente estudio, se utilizó el método propuesto por INAB ya que se considera el método más apropiado para identificar la recarga hídrica potencial de un área en específico, pues además de ser el más reciente y actualizado (2020), considera variables biofísicas cuantitativas, algunas de las cuales deben obtenerse mediante trabajo de campo y análisis de laboratorio. Además, tiene la ventaja de considerar diferentes variables que influyen en la recarga de los acuíferos, tales como: i) Precipitación mensual; ii) Capacidad de infiltración de los suelos y sus características; iii) Cobertura vegetal; iv) Evapotranspiración real y v) Pendiente del terreno. INAB (2020).

Análisis SIG El sistema de información geográfica (SIG) es un marco para recopilar, gestionar y analizar datos. Adaptado a la ciencia de la geografía, SIG integra muchos tipos de datos. SIG es un conjunto que mezcla de hardware, software y datos geográficos, los muestra en una representación gráfica, están diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar la información de todas las formas posibles de manera lógica y coordinada. ESRI (s.f.).

Interpolación La interpolación predice valores para las celdas de un ráster a partir de una cantidad limitada de puntos de datos de muestra. Puede utilizarse para predecir valores desconocidos de cualquier dato de un punto geográfico, tales como: elevación, precipitaciones, concentraciones químicas, niveles de ruido, etc. ESRI (s.f.)

Método Método de Interpolación IDW (Distancia Inversa Ponderada). Es un modelo determinístico que infiere que cada uno de los puntos empleados tiene una influencia que va disminuyendo con la distancia desde su ubicación muestreada, por lo tanto, la ponderación se realiza principalmente con los puntos más cercanos a la celda a la cual se le está calculando la precipitación. Hernández (2020). De acuerdo a ArcGis 2019, citado por Hernández 2020. IDW se considera un interpolador exacto, es decir, esta técnica de interpolación predice un valor que es idéntico al valor medido en una ubicación que fue muestreada.

Información consultada Se solicitó al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH- información de las estaciones meteorológicas más cercana al área de estudios, siendo éstas: Huehuetenango, Huehuetenango, EFA San Marcos y Labor Ovalle de Quetzaltenango. Entre los datos analizados estuvieron: temperatura media mensual, precipitación media mensual, porcentaje de horas luz, todos los datos del año 2013 al 2022 con diez años de anterioridad en relación al año de estudios (2023), para obtener un promedio lo más apegado a la realidad.

Con la ayuda de los SIG y de la información digital disponible del área de estudios, se elaboraron mapas digitales representando la geología, la cobertura vegetal y serie de suelos que posee el terreno. Cada uno de estos mapas se traslaparon, obteniendo 3 polígonos que comparten geología, serie de suelos y cobertura vegetal. Dentro de la cobertura forestal del terreno, se le agregará un coeficiente de infiltración propuesto por Schosinsky en el año 2006; para bosques este coeficiente es de 0.20, para zacates >75% del terreno un coeficiente de 0.21, terreno con pastizal 0.18, terrenos cultivados 0.1 y cobertura con zacate menos del 50% 0.09 de acuerdo a lo propuesto por Schosinsky en el año 2006, la profundidad de raíz para bosques es de 2.0 a 3.0 metros, que se utilizara en la tabla de balance hídrico de suelos de Schosinsky elaborado por INAB, (2020).

Estos archivos se compartieron con los teléfonos inteligentes de los responsables del estudio, quienes con ayuda de la aplicación MAPirm o Map Maker, se orientaron y trasladaron hacia cada uno de los polígonos, en donde se desarrolló una toma de tres muestras de suelo, la cual fue enviada a laboratorio para la determinación y análisis de variables como: clase textura, densidad aparente, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable.

Esta información fue tabulada, analizada, expresada y utilizada en la tabla del balance hídrico de suelos para la determinación de la precipitación efectiva.

Balance hídrico de suelos A cada uno de los polígonos se les realizó el balance hídrico de suelos, conociendo de esta manera el potencial de recarga hídrica en cada uno de ellos.

Evapotranspiración La palabra evapotranspiración está compuesta de dos partes ya que el proceso es la suma de la evaporación del agua que está sobre todas las superficies mojadas y la transpiración de la vegetación. Los factores que determinan la evapotranspiración son tan complejos que es difícil poder considerarlas todas en una expresión matemática, por lo que algunos autores se basan en la temperatura, mientras que otros procuran acercarse más a la realidad incluyendo otros factores físicos y biológicos INAB, (2004).

Para determinar la evapotranspiración potencial se utiliza un método indirecto como el de Hargreaves, en una hoja Excel elaborado por INAB (INAB, 2020). El Método de Hargreaves es uno de los métodos más prácticos y confiables. Este investigador diseñó una fórmula específica para la región Centroamericana, INAB, (2004). La fórmula diseñada por Hargreaves es la siguiente:

$$ETP = 0.0075 * TMF * RSM, \text{ mm/mes}$$

Donde:

ETP = Evapotranspiración en mm/mes

TMF = Temperatura media mensual en grados Fahrenheit

RSM = Radiación solar incidente mensual (INAB, 2004).

RSM = $0.075 * RMM * S1/2$. INAB, (2004).

Cálculo de balance hídrico de suelos: Los cálculos de recarga se realizaron en una hoja de cálculo de Excel elaborado por INAB (2020) basados en la hoja de cálculo elaborado por Gunter Schosinsky; en la cual se introducen las variables de características físicas del suelo (capacidad de infiltración, densidad aparente), grados de humedad (capacidad de campo y punto de marchitez permanente) y clima (precipitación y evapotranspiración).

Con esta información el programa calcula la recarga potencial de la unidad en lámina de agua (INAB, 2004). En donde la entrada de agua está representada únicamente por la precipitación, por su parte, las salidas de agua se distribuyen entre la evapotranspiración potencial, la escorrentía superficial, la retención de lluvia por la vegetación y la recarga hídrica potencial (ver cuadro 1).

Donde:

fc: Capacidad de Infiltración.

Kp: Factor por pendiente.

Kv: Factor por vegetación.

DS: Densidad de Suelo.

PR: Profundidad de raíces.

HSi: Humedad de Suelo Inicial.

CC: Capacidad de Campo.

PM: Punto de Marchitez.

(CC-PM): Rango de Agua Disponible.

Cuadro 1. Balance hídrico de suelos de Gunther Schosinsky.

Balance Hídrico de Suelos de Gunther Schosinsky			
Zona: Bosque El Cebollín	No. Unidades de Mapeo		3
Unidades de Muestreo (Mapeo)	UM 1	UM 2	UM 3
Área Unidad de Muestreo (m ²)	143500.00	75200.00	7000.00
Textura del suelo	Fran-are	Franco-are	Franco-are
fc [mm/d]	600.00	600.00	600.00
Kp [0.01%]	0.06	0.06	0.06
Kv [0.01%]	0.20	0.20	0.20
Kfc [0.01%]	0.89258	0.8925802	0.89258
I [0.01%]	1	1	1
DS (g/cm ³):	0.6500	0.7500	0.5600
PR (mm)	2,500	2,500	2,500
HSi (mm)	929.34	832.50	915.18
Nº de mes con que inicia HSi;1,2,3...12?	11	11	11
Lluvia retenida [0.01%] : Bosques=0.2, otros=0.12	0.20	0.20	0.20
CC	57.19	44.40	65.37
PM	13.12	10.60	22.90
(CC-PM)	44.07	33.80	42.47

Nota: Elaboración Propia datos recabados en campo y laboratorio, Tablas de INAB

Resultados Los resultados del balance hídrico de las 3 unidades de mapeo señalan que la recarga hídrica potencial representa el 51.9% de las salidas de agua, que corresponde a 114,225.163 m³ /año de agua en una superficie de 22.57 hectáreas. Ese volumen pasa por varias etapas desde que es captada por la vegetación, se infiltra en el suelo y llegan a formar parte de los sistemas de agua subterránea. Según el balance hídrico es en los meses de mayo a octubre donde la precipitación que infiltra es mayor a la evapotranspiración real, por lo que es en estos meses donde hay mayor disponibilidad del uso del agua superficial y los aportes a los acuíferos son mayores.

En el siguiente cuadro se muestra un resumen de los resultados obtenidos.

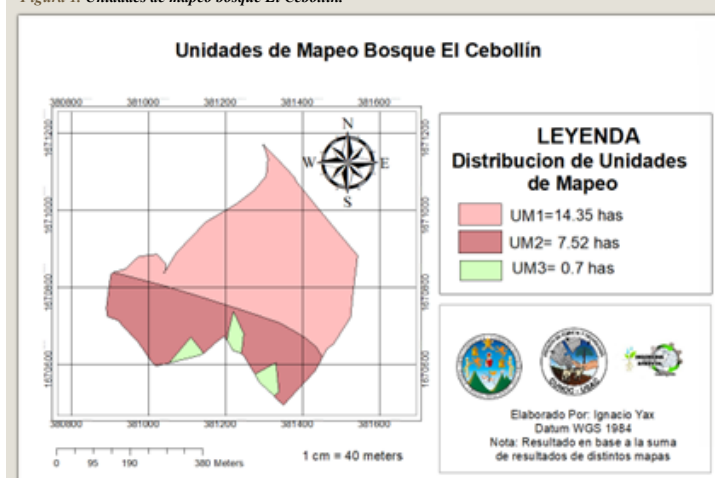
Cuadro 2. Resumen de balance hídrico de suelos.

Entrada		Salidas		
Factor	m ³ /año	Factor	m ³ /año	%
Precipitación captada por toda el área del proyecto	220,251.32	ETR	59,836.00	27.2%
		ESC	0.00	0.0%
		RET	46,189.69	21.0%
		RP	114,225.63	51.9%
Entrada Total	220,251.32	Salidas Total	220,251.32	100.0%

Nota: Elaboración Propia en base a resultados de campo

En la siguiente ilustración puede apreciarse la ubicación de las 3 unidades de mapeo delimitadas según características biofísicas, brindadas por la geología, serie de suelos y cobertura forestal.

Figura 1. Unidades de mapeo bosque El Cebollín.



Nota: Elaboración propia en base a análisis SIG.

Determinación del volumen de recarga potencial para cada área de recarga hídrica

El volumen de recarga potencial según la extensión total que comprenden los 3 polígonos de recarga hídrica, se muestra en el siguiente cuadro

Cuadro 3. Recarga hídrica potencial por unidades de mapeo bosque El Cebollín.

Unidad de mapeo	Descripción	Área (ha)	Recarga hídrica m ³ Potencial
UM1	Geología Rocas Ígneas y metamórficas + Serie Sinaché + Cobertura bosque no intervenido	14.35	72,582.29
UM2	Geología Rocas Ígneas y metamórficas + Serie Camachá erosionada + Cobertura bosque no intervenido	7.52	38,094.28
UM3	Geología Rocas Ígneas y metamórficas + Serie Camachá erosionada + Cobertura Bosque intervenido	0.7	3,549.06
Total		22.57	114,225.63

Nota: Elaboración propia, en base a resultados de campo

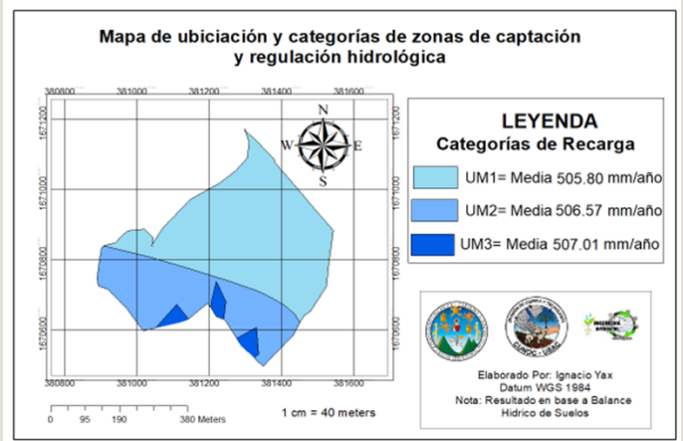
En el cuadro No.3 se identifica la recarga hídrica potencial por unidades de mapeo del bosque El Cebollín, en donde se describe el tipo de geología, serie de suelos, y la cobertura forestal, ubicada dentro de la unidad de mapeo, el área y la cantidad de recarga hídrica potencial, teniendo en cuenta que sumando la recarga hídrica potencial de las tres unidades de mapeo nos brinda el total de 114,225.63 m³/año.

Ubicación y categorización de las áreas de recarga hídrica

En la siguiente ilustración se verifica un mapa de ubicación y categorías de zona de captación y regulación hidrológica del bosque El Cebollín en donde se visualiza cual de todas las áreas recibe una mayor infiltración.

Dentro del área se observa la definición como la media de recarga hídrica, donde se tiene de 503.50 a 504.79 milímetros anuales por metro cuadrado, cabe resaltar que dentro de la unidad de mapeo 3, se tiene un cambio de uso del suelo, ya que dentro de esa área en específico se está realizando un relleno de tierra. Si esta área seguiría cambiando se tendrá una pérdida 3,533.53 mts³ de recarga hídrica potencial ya que cambiaría la densidad y textura de área y esta podría afectar a las otras por el arrastre que se tendría al momento de una fuerte precipitación.

Figura 2. Mapa de ubicación y categorías de zona de captación y regulación hidrológica



Nota: : Elaboración propia en base a resultados de balance hídrico de suelos.

Es importante resaltar, que el tipo de bosque que se observó en el campo es considerado mixto. Es necesario aclarar, que el presente estudio no conlleva la caracterización vegetal del área, debido a que la metodología para determinar las zonas de recarga hídrica no requiere ese nivel de detalle, pero para tener preferiblemente mayor detalle del bosque se realizó un inventario forestal al 2% de acuerdo al manual de elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas (modelo centro americano). Que de acuerdo con la guía No.6 para la identificación de clases de desarrollo del manual para la elaboración de planes de manejo forestal en bosques de coníferas. Se concluye, que el bosque El Cebollín se encuentra dentro de una categoría C4, de bosque maduro, con buena regeneración natural, de acuerdo al DAP (altura en que se debe tomar la medida del diámetro del tronco) promedio de cada unidad de mapeo y altura en metros.

Conclusiones:

La capacidad de infiltración de acuerdo a los resultados del balance hídrico de suelos de las 3 unidades de mapeo y los 10 años de datos meteorológicos (2013-2022) señalan que representa el 51.9% de las salidas de agua, lo cual indica que 114,225.63 m³/año corresponden al agua que recarga a los potenciales acuíferos, en esa superficie de 22.57 hectáreas.

De acuerdo a los resultados la precipitación media anual del Bosque Municipal El Cebollín es de 975.9 mm/año, contando para estos datos con registros del año 2013 a 2022 (10 años), lo que nos proporciona información histórica viable para obtener estimaciones y hacer un mejor análisis.

Los resultados del balance hídrico de suelos indican que: 14.35 hectáreas del proyecto, equivalentes al 63.58% del bosque (UM1 color celeste claro en el mapa anterior) cuenta con un potencial de recarga hídrica de 505.80 mm/año; 7.52 hectáreas, equivalentes al 33.32% del área (UM2 color azul claro), cuenta con un potencial de recarga de 506.57 mm/año y 0.7 hectáreas del área, equivalente al 3.10%, cuenta con un potencial de recarga hídrica de 507.01 mm/año, en color azul del mapa anterior, siendo ésta la que adquiere mayor recarga hídrica potencial por metro cuadrado en todo el bosque.

Referencias Bibliográficas:

ESRI (s.f.). ArcGis Pro. Obtenido de Comparar métodos de interpolación: <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/comparing-interpolation->

ESRI. (s.f.). SIGSA. Obtenido de Que es SIG: <https://www.sigsa.info/es-mx/what-is-gis/overview#:~:text=Un%20sistema%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica,mapas%20y%20escenas%20en%203D>

Hernández, A. M. (24 de Junio de 2020). Geomática Básica. Obtenido de Métodos de interpolación utilizando datos de precipitación CHIRPS, para el departamento de Norte de Santander: https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/632170_435e3ffcea1a46bb9288e18ab4bccc95.htm

INAB. (2004). Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga natural. Guatemala.

INAB. (2020). Determinación de Recarga hídrica. Guatemala.

Pan, J. L. (Noviembre de 2019). MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA. Obtenido de MÉTODOS DE IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RECARGA HÍDRICA: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/34946/FIGUREDOPANJORGELUIS2019.PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Peña Vigo, J. L., & Soria Romero, S. M. (2021). Universidad Privada del Norte. Obtenido de Universidad Privada del Norte: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/28970/Pe%C3%B1a%20Vigo,%20Jhon%20Lennin%20-%20Soria%20Romero,%20Santos%20Mauro.pdf?sequence=1>

Solanes, M., & Villareal, F. G. (s.f.). Los principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada del agua. Obtenido de GLOBAL WATER PARTNERSHIP: <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/Tac3s.pdf>

Sosa, D. A. (S.f.). INTA. Obtenido de Técnicas de toma de muestras y remisión de muestras de suelo

Montes, F. (1996). Ecología y la enseñanza rural, Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. Italia: Viale delle Terme di Caracalla. Obtenido de <https://www.fao.org/3/w1309s/w1309s04.htm>

Naturales del municipio de Cabricán, Quetzaltenango: <https://www.deguate.com/departamentos/quetzaltenango/recursos-naturales-del-municipio-de-cabrican-quetzaltenango>

UVG, URL, & WWF. (Marzo de 2022). Informe de estado del Agua de la región metropolitana. Obtenido de Informe de estado del agua de la región metropolitana: <https://funcagua.org.gt/wp-content/uploads/2022/03/Informe-del-agua-2022.pdf>

INVITACIÓN

Se invita a todos los egresados de la División de Ciencia y Tecnología del CUNOC, USAC, para que presenten sus ensayos, ponencias, artículos de investigación y sistematización, los cuales deberán cumplir con las normas editoriales y ser inéditos.

Del mismo modo se convoca a investigadores invitados de otras Divisiones y otras Universidades o Centros de Investigación, tanto nacionales como internacionales a que envíen sus artículos.

Estos deberán ser enviados al correo: **gabrielgamboa@cunoc.edu.gt**

Las normas editoriales y la convocatoria se publicarán en la página web de la División de Ciencia y Tecnología a partir del mes de abril de 2025.

*ESCANEA EL CODIGO QR
para ingresar a la pagina web*



<https://cyt.cunoc.edu.gt/index.php>

CRÉDITOS

Coordinador 2da. Edición de la revista KITZIA

Ing. MSc. Gabriel Paolo Gamboa

Edición, diagramación, diseño de la revista:

Licda. Daira Abigail Rodríguez

El contenido de los artículos aquí publicados, son responsabilidad de sus autores.

AGRADECIMIENTOS

A los siguientes docentes de la División de Ciencia y Tecnología, por su aporte en la revisión de los artículos científicos de esta edición:

MSc. Mirna Montes
MSc. Jorge Morales Alistum
MSc. Vicente Chaj
Ing. Christian López
MSc. Julio López
Inga. Lourdes Pablo
MSc. Hugo García
MSc. Imer Vásquez
Lic. Q.F. Roberto Méndez
Lic. Q.B. César Racancoj

Sus sugerencias y comentarios para mejorar esta revista son bienvenidos en el correo electrónico:

gabrielgamboa@cunoc.edu.gt



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE -CUNOC-



REVISTA DE LA DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA-CUNOC

ESCANEA EL CODIGO QR



HACIA LA PÁGINA DE LA
DIVISION DE CYT-CUNOC



Kitzia