



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

INSTITUTO DE INGENIERÍA

Maestría y Doctorado en Ciencias e Ingeniería

**Indicadores Ambientales para transitar a un campus
universitario sustentable**

Tesis que para obtener el grado de:
Maestra en Ingeniería

Presenta:

Sheila Liliana Dafne Lobato Rocha

Dra. Sara Ojeda Benítez

Directora de tesis

Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo

Co-directora de tesis

Diciembre del 2025

Resumen

En la actualidad, la humanidad enfrenta presiones ambientales crecientes, entre ellas el cambio climático, la disminución en la calidad y disponibilidad del agua, el incremento en la generación de residuos, el agotamiento de los recursos naturales y la profundización de las desigualdades socioambientales.

Frente a este escenario, surge la necesidad dentro de las Instituciones de Educación Superior (IES) de formar a los futuros profesionistas con las herramientas, conocimientos y conciencia necesarios para adoptar una perspectiva sustentable en sus respectivas líneas de trabajo, así como de mejorar y monitorear el desempeño ambiental dentro de las instalaciones. Cuando las IES asumen la responsabilidad de los impactos que generan, sus acciones pueden trascender los límites del campus y beneficiar a los entornos donde se ubican. Al operar como pequeñas ciudades, ofrecen un espacio idóneo para implementar y evaluar estrategias de gestión ambiental que, una vez probadas, pueden replicarse a mayor escala.

El Campus Mexicali de la Universidad Autónoma de Baja California ha llevado a cabo un esfuerzo constante por integrar la sustentabilidad a sus funciones, a través de estrategias como el manejo integral de los residuos, la recuperación de papel y cartón, la instalación de paneles solares, la operación de una planta de tratamiento de aguas residuales, y el reúso del agua tratada para el riego de áreas verdes, entre otras acciones. Sin embargo, no cuenta con un sistema estructurado de indicadores que permita evaluar la efectividad de las medidas, darles seguimiento y fomentar la mejora continua. Por ello, a través de este trabajo se elaboró un modelo de indicadores ambientales para evaluar el desempeño ambiental de la IES.

Dentro de la literatura, se encontró que las IES se han valido principalmente de herramientas de evaluación de la sustentabilidad (HES) (69 %), que son un marco con métricas y parámetros para evaluar la sustentabilidad, entre los cuales los más populares son The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System, Graphical Assessment of Sustainability in Universities y UI Green Metric World University Ranking. Además, las evaluaciones y validaciones de los modelos se dieron principalmente a través del método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP). Cada autor colocó la importancia de las categorías e indicadores de acuerdo con las condiciones particulares de sus respectivos países, sin embargo, se consideraron ocho fundamentales: la gobernanza institucional, la gestión del agua, la gestión de residuos, la energía y cambio climático, la gestión territorial y diversidad biológica, la salud y bienestar, y la educación e investigación.

En el caso del Campus Mexicali, se propuso un modelo teórico de indicadores ambientales integrado por tres categorías prioritarias: la gestión del agua, con indicadores de GA1 – Instrumentos de gestión del agua, GA2 – Manejo de agua potable, GA3 – Manejo de aguas pluviales y GA4 – Manejo de aguas residuales; la gestión de los residuos, con indicadores de GR1 – Instrumentos de gestión de residuos, GR2 – Manejo integral de residuos sólidos institucionales, GR3 – Manejo integral de residuos de manejo especial y GR4 – Manejo integral de residuos peligrosos; y energía y cambio climático integrado por ECC1 – Instrumentos de gestión de la energía y el cambio climático, ECC2 – Eficiencia y gestión de la energía, ECC3 – Prácticas de movilidad sustentable, ECC4 – Desempeño en la emisión

de gases de efecto invernadero, y ECC5 – Calidad del aire. Con esta selección de temas, se atienden los principales puntos de incidencia en el impacto ambiental de la IES.

También se llevó a cabo la evaluación piloto de la categoría de Gestión de Residuos a través de AHP, obteniendo la participación de 12 expertos que determinaron que el indicador de mayor importancia fue el GR1 (46.3 %), seguido de GR2 (21.18 %), GR4 (17.72 %) y GR3 (14.81 %). En general, para los subindicadores que formaron parte de cada indicador, los encuestados priorizaron las medidas de reutilización, retorno, reuso y reciclaje para reintegrar los materiales a la cadena de valor antes que su disposición final, reflejando la perspectiva de sustentabilidad de los expertos que emitieron sus juicios.

Para futuras investigaciones se sugiere la integración del resto de las categorías ambientales al modelo de indicadores del campus Mexicali y su evaluación mediante AHP, de modo que se pueda incrementar la cantidad de aspectos impactados positivamente por el monitoreo, la evaluación y el seguimiento de su desempeño ambiental.

Este trabajo sienta un precedente en el fortalecimiento de la sustentabilidad, tanto por la generación de información relevante como por la propuesta de una metodología replicable que permite a otras unidades académicas, e incluso a otras IES, desarrollar sus propios modelos conforme a sus necesidades.

Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) le agradezco por la beca otorgada durante los dos años de mis estudios de maestría.

A la Universidad Autónoma de Baja California por el espacio y los conocimientos brindados para mi investigación y crecimiento profesional.

A la Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental por su apertura y disposición en brindarme información, asesoría y apoyo durante la realización del presente trabajo.

A mis directoras de tesis la Dra. Sara Ojeda Benítez y la Dra. Samantha Eugenia Cruz Sotelo, por brindarme la oportunidad de realizar este posgrado y por su orientación a lo largo de este proceso.

A la Universidad Autónoma Metropolitana, por abrirme camino en la ingeniería ambiental, y en especial al Laboratorio de Tecnologías Sustentables, en donde conocí a grandes mentores como la Dra. Alethia Vásquez Morillas, quien me encamino al programa de la UABC, así como a la Dra. Arely Areanley Cruz Salas y el Dr. Juan Carlos Álvarez Zeferino por el apoyo ofrecido.

Dedicatoria

A mi mamá, Liliana, y a mi papá, Ricardo, por su apoyo incondicional.

A mis hermanos Ethan y Lucas por ser mis compañeros de vida.

A Franky, Molly, George, Peggy y Bruce, por ser una luz en mi vida.

*“Una mañana de verano me senté en una colina para pensar en Dios, un pasatiempo digno.
Cerca de mí, un grillo solitario llevaba las semillas que había por ahí de un lado a otro.
Qué energía la suya, y qué humilde su esfuerzo.
Ojalá que las cosas siempre sean así: cada quien a su modo inexplicable haciendo el universo.”* Mary Oliver.

Índice de contenido

Resumen	II
Agradecimientos	IV
Dedicatoria	V
Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	IX
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes	3
1.2 Planteamiento del problema	9
1.3 Pregunta de investigación	11
1.4 Justificación	11
1.5 Objetivos	12
1.5.1 Objetivo general	12
1.5.2 Objetivos específicos	12
2 Marco teórico	13
2.5 Incorporación de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior	13
2.5.1 Evolución de las perspectivas sobre la sustentabilidad	14
2.5.2 Hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible	18
2.5.3 Desafíos en la implementación de la sustentabilidad	20
2.6 Contribución de las Instituciones de Educación Superior ante el cambio climático	23
2.6.1 Medidas desde las funciones sustantivas	25
2.6.2 Planeación estratégica de la infraestructura	28
2.7 Formulación de indicadores ambientales en las Instituciones de Educación Superior	30
2.7.1 Marco de referencia internacional para indicadores ambientales	31
2.7.2 Marcos de referencia en herramientas de evaluación de la sustentabilidad	35
2.8 Escenario ambiental actual del municipio de Mexicali	39
2.8.1 Retos en la gestión de los residuos	39
2.8.2 Retos en la gestión del agua	40
2.8.3 Retos en la gestión de la energía y el cambio climático	42
3 Metodología	44
3.5 Etapa 1: Planificación y estructuración del modelo de indicadores	45
3.5.1 Definición de objetivos de los indicadores	45
3.5.2 Delimitación de un marco ordenador	46

3.5.3	Establecimiento de los criterios de selección	48
3.5.4	Identificación de los temas ambientales prioritarios.....	49
3.6	Etapa 2: Identificación y selección preliminar de indicadores.....	49
3.6.1	Recolección de indicadores	49
3.6.2	Categorización de los indicadores	49
3.7	Etapa 3. Elaboración del modelo teórico de indicadores para el campus Mexicali 50	
3.7.1	Revisión de fuentes de información	50
3.7.2	Selección de indicadores e integración de la información en el modelo teórico 50	
3.8	Etapa 4: Aplicación piloto de AHP para la validación de indicadores - Gestión de Residuos	52
3.8.1	Estructuración jerárquica	53
3.8.2	Diseño del instrumento de evaluación	53
3.8.3	Evaluación por el grupo de expertos.....	56
3.8.4	Ponderación de los indicadores.....	56
4	Resultados y discusión	58
4.5	Construcción de los modelos de indicadores en la literatura.....	59
4.6	Estructuración de los modelos de indicadores en la literatura: Categorías e indicadores.....	67
4.7	Modelo teórico de indicadores ambientales para el Campus Mexicali	71
4.8	Validación y ponderación de indicadores de la categoría de Gestión de Residuos por AHP	82
5	Conclusiones	89
6	Referencias	93
7	Anexos	108
7.1	Herramientas de evaluación de la sustentabilidad	108
7.2	Matrices globales de la evaluación AHP	109
7.2.1	Matriz global de evaluación de los indicadores de Gestión de Residuos ..	109
7.2.2	Matriz de evaluación de los subindicadores de GR1.....	109
7.2.3	Matriz de evaluación de los subindicadores de GR2.....	109
7.2.4	Matriz de evaluación de los subindicadores de GR3.....	109
7.2.5	Matriz de evaluación de los subindicadores de GR4.....	110

Índice de tablas

Tabla 1. Transición hacia la sustentabilidad en IES.	19
Tabla 2. Iniciativas para implementar los ODS en las funciones sustantivas de las IES. .	20
Tabla 3. Desafíos en la implementación de la sustentabilidad en IES.	20
Tabla 4. Metodologías de enseñanza-aprendizaje.	26
Tabla 5. Estrategias para la adaptación climática de la infraestructura.	29
Tabla 6. Sistemas de indicadores internacionales para Instituciones de Educación Superior.	31
Tabla 7. Herramientas de evaluación de la sustentabilidad en Instituciones de Educación Superior	36
Tabla 8. Líneas de acción en torno a la sustentabilidad en la UABC.	46
Tabla 9. Instrumentos para la gobernanza institucional.	46
Tabla 10. Categorías del marco ordenador.	47
Tabla 11. Escala de evaluación cuando se favorece el criterio A sobre el B.	55
Tabla 12. Escala de evaluación cuando se favorece el criterio B sobre el A.	55
Tabla 13. Valores típicos de RI.	57
Tabla 14. Metodologías para la construcción de modelos de indicadores.	60
Tabla 15. Modelos de indicadores de evaluación del desempeño ambiental y de la sustentabilidad.	67

Índice de figuras

Figura 1. Esquema general del proceso de elaboración de un modelo de indicadores	4
Figura 2. Contribución de las IES a los ODS	19
Figura 3. Modelo de transición de las IES hacia la sustentabilidad	23
Figura 4. Esquema del diseño del modelo teórico de indicadores.....	44
Figura 5. Etapa 1 del diseño del modelo teórico de indicadores.	45
Figura 6. Etapa 2 del diseño de modelo teórico de indicadores.	49
Figura 7. Formato para la categorización de los indicadores.	50
Figura 8. Etapa 3 del diseño del modelo teórico de indicadores.	50
Figura 9. Formato del modelo de indicadores.	52
Figura 10. Etapa 4 del diseño del modelo de indicadores.	53
Figura 11. Jerarquía analítica del modelo de indicadores.	53
Figura 12. Encuesta para Priorizar Indicadores Clave en la Gestión de Residuos dentro del Campus Mexicali:	54
Figura 13. Diagrama de flujo de la recopilación de artículos para la revisión.	58
Figura 14. Intensidad de sequía en Baja California, 15 de junio del periodo 2021-2025.	¡Error! Marcador no definido.

1 Introducción

Durante gran parte del siglo XX, el modelo de desarrollo predominante se basó en la explotación intensiva de los recursos naturales, impulsado por la industrialización, el crecimiento económico y el aumento acelerado de la población. Sin embargo, este enfoque comenzó a mostrar sus límites a medida que se evidenciaban los efectos negativos sobre el medio ambiente. En este contexto, surgieron las primeras voces críticas que alertaban sobre la insostenibilidad del progreso tal como se concebía hasta entonces. La década de 1960 marcó un punto de inflexión en la percepción pública y científica sobre la relación entre humanidad y naturaleza, dando paso a una nueva etapa de reflexión y acción en torno a los desafíos ambientales. En esta década se comienza a tomar conciencia sobre los impactos ambientales, anunciándose la primera situación de crisis ambiental, debido al crecimiento poblacional, el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del aire, agua y suelo. La perspectiva respecto a esta problemática era que esta correspondía a soluciones científicas y tecnológicas, pero con el paso de los años se hizo evidente que estos recursos no eran suficientes para sostener un modelo de vida con esos impactos (Gutiérrez Bastida, 2013). Incluso llegó a pensarse que era una consecuencia lógica y normal del progreso humano, pero las protestas de la época que exigían un mejor trato de la naturaleza intensificaron la preocupación por las problemáticas ambientales una década más tarde, reconociendo que había que darles respuesta (di Pasquo, 2013).

Para 1987, la Comisión de Brundtland publicó el informe “Nuestro Futuro Común”, que formalizó el término de “desarrollo sostenible”, que se define como la capacidad de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas.

Otros eventos que fueron parteaguas para la concepción de la sustentabilidad como se conoce, de acuerdo con la CEPAL (n.d.), fueron la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1992) que estableció los principios del desarrollo sostenible, la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible (2002) que puso énfasis en los temas de pobreza y consumo y producción sostenibles, y Río+20 (2010) que abordó el marco institucional para el desarrollo sostenible y la economía verde, y con uno de sus mayores resultados siendo el lanzamiento del proceso para establecer los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) que finalmente posicionaron al desarrollo sostenible como eje orientador en la toma de decisiones a nivel internacional.

Aún y con todos los esfuerzos realizados, los problemas ambientales globales, tales como el cambio climático y el calentamiento global, la degradación de la capa de ozono, la pérdida de biodiversidad, la crisis energética y alimentaria, la contaminación de los océanos, la escasez y el uso inadecuado del agua, la degradación de los suelos y la desertificación, la destrucción de las selvas y bosque tropicales, la lluvia ácida, y la acumulación de residuos peligrosos (di Pasquo, 2013), persisten hasta la actualidad, por lo que esto pone de manifiesto que no se han tomado las medidas suficientes para su resolución y que se requiere una mayor participación activa desde todos los sectores de la sociedad.

Desde finales de los años ochenta, se ha hecho énfasis en la importancia de la participación de las universidades en la sustentabilidad (Jiménez-Martínez, 2021), no solo con el fin de que reduzcan el impacto de sus operaciones, sino porque también pueden propiciar el desarrollo de sociedades más sustentables proveyendo a los estudiantes con la formación

y las competencias necesarias; para ello es imprescindible que se implemente el desarrollo sostenible desde el ámbito administrativo y académico, vinculando las políticas, planes de desarrollo y gestión, currículos, entre otros instrumentos con fundamentos sólidos y la participación de toda la comunidad universitaria (Zapata-González et al., 2016).

Incluso se ha reconocido la importancia de que las universidades participen en el cumplimiento de los ODS, debido a sus funciones formativas, su desarrollo de liderazgos intersectoriales y su capacidad para aportar soluciones, conocimientos e ideas orientadoras y aplicables a los ODS. Además, las instituciones de educación superior (IES) funcionan como modelos en la implementación de los ODS, en aspectos como la gobernanza, las políticas de gestión y la cultura universitaria (SDSN Australia/Pacific, 2017).

En aras de trabajar hacia la implementación de una universidad sustentable, es decir, una institución que considere y promueva acciones en distintos niveles para mitigar sus impactos negativos en las esferas del ambiente, la economía, la sociedad y la salud, como parte de todas sus actividades correspondientes (Amar Cabrera & Uribe Castro, 2020), es necesaria la recopilación de información sobre la cual puedan realizarse evaluaciones y posteriormente tomar decisiones.

La información, en su forma más básica como datos sin procesar, puede estar sujeta a diversas interpretaciones de acuerdo con el objetivo y la perspectiva con la que se analizan, por lo que, para facilitar su interpretación a través de una óptica sustentable, se pueden emplear indicadores ambientales. Los indicadores ambientales pueden definirse como una estadística o parámetro seleccionado que representa o resume un aspecto del estado del ambiente y la sustentabilidad, y su relación con las actividades humanas, que es medido a través del tiempo y, por lo cual, puede proporcionar información de la tendencia o las condiciones de un fenómeno (SNIARN, 2011).

En el contexto de la creciente urgencia para enfrentar la crisis climática y promover modelos de desarrollo sustentable, las Instituciones de Educación Superior (IES) desempeñan un papel estratégico como agentes de cambio. En particular los campus universitarios, al concentrar una alta densidad de población, infraestructura y consumo de recursos, representan espacios clave para implementar prácticas ambientales responsables y formar ciudadanía comprometida con la sustentabilidad.

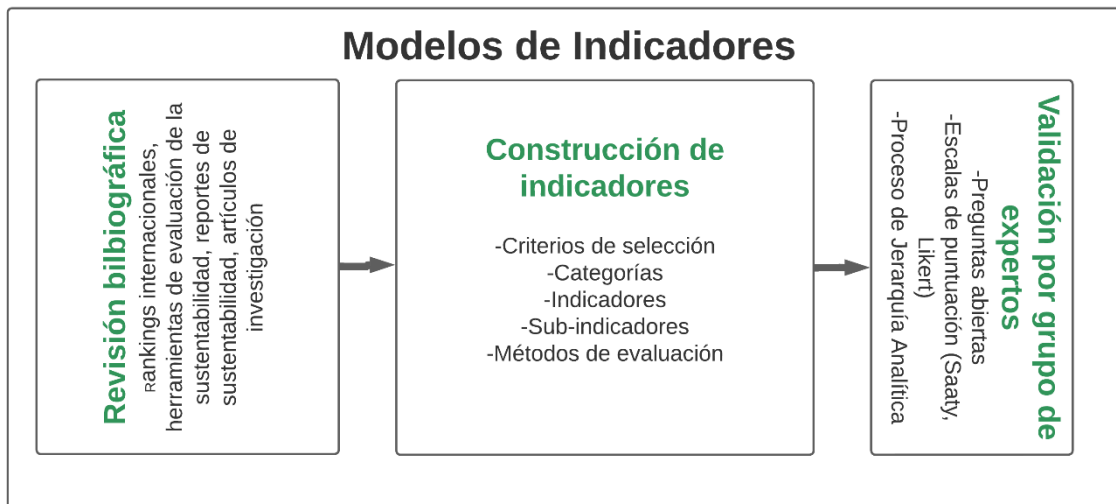
En este sentido la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) se encuentra en un proceso de fortalecimiento de la sustentabilidad en sus funciones, por lo que la aplicación de un modelo de indicadores ambientales para evaluar el desempeño ambiental del Campus Mexicali permitirá revelar los datos de manejo ambiental disponibles y necesarios, dilucidar quienes son los encargados de generar la información, conocer las prioridades ambientales y contribuir a la responsabilidad social de la institución, además de que a partir de este modelo otros campus de la misma institución, e incluso de otras IES, podrían desarrollar otros modelos adecuados a su contexto.

1.1 Antecedentes

En el contexto actual de creciente preocupación por el cambio climático y la degradación ambiental, las IES enfrentan el reto de asumir un papel activo en la transición hacia modelos de desarrollo sustentables. Estas instituciones no solo forman a las futuras generaciones, sino que también influyen directamente en la sociedad a través de sus prácticas, investigaciones y políticas internas, además de que también deben atender las peticiones de los tomadores de decisiones sobre hacer pública su información social y ambiental como actores responsables. Por ello, registrar la medición del impacto de sus operaciones y los resultados de las prácticas para la implementación de la sustentabilidad se ha convertido en una necesidad importante. Ante este contexto, las universidades han adoptado diversas estrategias para comunicar su compromiso con la sustentabilidad, elaborando reportes institucionales de sustentabilidad. Algunas han desarrollado herramientas de evaluación adaptadas a sus contextos específicos, como lo propone Moggi (2023), ya sea desarrollando sus propias herramientas de evaluación o utilizando alguna de las ya existentes, como los sistemas de clasificación internacionales (Zahid et al., 2021) que estandarizan y facilitan tanto la interpretación como la comparación de los resultados de las universidades.

La utilización de indicadores de desempeño es una práctica común entre IES, brindándoles beneficios como la autoevaluación, el cumplimiento de sus objetivos, el impulso de las buenas prácticas, la facilitación de la asignación presupuestaria, la provisión de información al público y para atraer el interés de estudiantes e investigadores potenciales (Abello Romero et al., 2021), por lo que la integración de este tipo de indicadores en los reportes de sustentabilidad podría ser muy útil en la determinación de los temas ambientales prioritarios, la implementación de proyectos, planes y programas, y para medir y evaluar los resultados de los mismos.

Las IES se encuentran realizando distintos esfuerzos en la elaboración de sus propios indicadores, por lo que, con la finalidad de identificar las metodologías empleadas para su construcción, validación y evaluación, además de los indicadores que consideran de mayor relevancia, se realizó un primer acercamiento a través de una revisión bibliográfica, verificando que el contenido de los artículos seleccionados correspondiera a metodologías para la elaboración de indicadores ambientales y de sustentabilidad en el contexto de las IES. En la Figura 1 se presenta un esquema general del proceso de elaboración de un modelo de indicadores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1. Esquema general del proceso de elaboración de un modelo de indicadores.

- **Construcción de indicadores**

Para la construcción de los indicadores, se pueden realizar distintas búsquedas bibliográficas para definir los criterios de selección, las categorías y los indicadores.

Diversos autores han destacado la importancia de establecer consensos metodológicos en torno a los indicadores de sustentabilidad, particularmente mediante el uso de instrumentos internacionales, tales como las clasificaciones o *rankings* internacionales de universidades (Adenle et al., 2020, 2021; Horan & O'regan, 2021; Villalba & Useche, 2021), empleando el UI Green Metric World Rankings, la única metodología de sustentabilidad universitaria certificada por la IREG Observatory –una organización sin fines de lucro para la clasificación académica universitaria–, y The Sustainability, Tracking, Assessment & Rating Systems (STARS); cabe destacar que ambas herramientas contemplan el cumplimiento de los ODS. Además, Adenle et al. (2020, 2021) también integra el uso del Three Dimension University Ranking (TUR), una propuesta de modelo publicada por Lukman et al. (2010) que evalúa las dimensiones de la investigación, educación y desempeño ambiental en universidades. En general, la forma de definir los indicadores con estas herramientas es haciendo una comparación entre ellas, combinando, separando, descartando y creando nuevos indicadores, a su vez que se definen las categorías de análisis.

Algunos estudios, además de tomar en cuenta clasificaciones internacionales, también hicieron una revisión de herramientas para la evaluación de la sustentabilidad en IES. Villalba & Useche, (2021), por ejemplo, emplearon instrumentos como el estándar internacional ISO 14001: Sistemas de Gestión Ambiental, que permite sistematizar y facilitar el diagnóstico de la gestión ambiental por medio de auditorías, y la Guía Metodológica para el Desarrollo de Indicadores Ambientales y Sustentables de Desempeño Ambiental en América Latina y el Caribe, relevante para dichos autores debido a que su modelo fue para IES en Venezuela.

Por otro lado, tanto Adenle et al. (2020) como Adenle et al. (2021) emplearon los mismos 11 modelos de evaluación de la sustentabilidad en IES, el más reciente correspondiente al

Adaptable Model for Assessing Sustainability in Higher Education (AMAS), desarrollado por Urquiza et al. (2015) para evaluar la sustentabilidad en distintas etapas de implementación y conforme a la disponibilidad de datos, y el más antiguo siendo el Sustainability Assessment Questionnaire (SAQ), creado por ULSF (2009) para evaluar la integración de la sustentabilidad en la enseñanza, investigación, operaciones y alcance de la IES. Adenle et al. (2021) también analizó las opiniones de la comunidad universitaria de 142 universidades en Nigeria, en la red social Twitter, para elegir aquellos indicadores que consideraran más relevantes, por lo que las principales partes interesadas pudieron tener una participación activa.

Algunos autores pueden utilizar una sola herramienta para definir sus categorías, sub-categorías e indicadores. Yadegaridehkordi & Nilashi (2022) utilizaron el Índice de Edificios Verdes de Malasia, que es ampliamente utilizado en las construcciones de dicho país, pero escasamente estudiado en el contexto de las IES.

En el caso de Anthony Jnr (2021), el autor empleó una metodología de revisión comparativa en la que se revisaron 24 declaraciones y cumbres donde se ha promovido la sustentabilidad en IES, y los reportes de sustentabilidad publicados por 16 universidades en Malasia para identificar las prácticas verdes que se implementan. Esta revisión encontró que ninguna de las declaraciones o cumbres provee información útil que señale los indicadores críticos que deberían aplicarse en las IES, sin embargo, las instituciones en Malasia sí han implementado prácticas verdes impulsadas por sus centros o departamentos de sustentabilidad, como lo son la concientización, programas de manejo de residuos, la promoción de la investigación en temas ambientales, la instalación de aparatos energéticamente inteligentes y eficientes, la implementación de instalaciones verdes, y la promoción de transporte de baja emisión de GEI. Con base en estos hallazgos, propusieron un modelo de indicadores y un marco de políticas multidisciplinarias.

Otro método para la elaboración de indicadores consiste en la búsqueda bibliográfica, utilizando bases de datos, para identificar los indicadores que ya son utilizados en IES, como en el caso de Griebeler et al. (2022), quien además de identificarlos también relacionó cada uno de ellos con la contribución de las IES a los ODS, de acuerdo con la perspectiva de los investigadores y con ayuda del software NVivo 10; este programa contabilizó las palabras más comúnmente utilizadas en cada ODS y se encargó de identificarlas en los indicadores recolectados, para posteriormente asignar uno o más ODS a cada uno. Para elaborar el listado oficial de indicadores, un grupo de 91 expertos evaluó los más importantes a través de una escala de Likert, de acuerdo con los ODS que cumplían; los indicadores con poca o ninguna relación con los ODS, se descartaron. Este estudio, a diferencia del resto, no incluyó la categorización de los indicadores, lo que puede complicar el análisis de las diferentes dimensiones ambientales.

Alvarenga et al. (2022) también realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos para identificar sus categorías, indicadores y sub-indicadores, con el objetivo de encontrar una relación entre la sustentabilidad y la innovación social en las IES, por lo que su enfoque fue más cualitativo y no termina de incluir todas las dimensiones ambientales al incluir categorías como misión, visión y valores, curriculum, campus, y ambiente saludable.

Una vez que se obtienen las listas de indicadores, con la finalidad de seleccionar solo aquellos que realmente sean útiles para el objetivo del estudio, algunos autores utilizan los criterios SMART, que consisten en una verificación de que los indicadores sean específicos, medibles (de manera cualitativa o cuantitativa), alcanzables, realistas y orientados a la obtención de resultados, además de temporalmente específicos para poder monitorear el progreso (Shahin & Mahbod, 2007). Adenle et al. (2020, 2021) emplearon dichos criterios orientándolos a la elaboración de indicadores espaciales de sustentabilidad que pudieran obtenerse con software de georreferenciación, tales como Sistemas de Información Geográfica (SIG).

- Validación de los indicadores

Los modelos de indicadores pueden validarse al someterse a la revisión de un grupo de expertos. Villalba & Useche (2021) realizaron una encuesta a un grupo de 12 profesores universitarios de Venezuela, que consistió en una serie de preguntas abiertas para conocer la percepción de los expertos respecto a la utilidad de los indicadores. Por otro lado, autores como Griebeler et al. (2022) optaron por la utilización de escalas para homogenizar la evaluación de los modelos. En su caso, la validación de los indicadores está implícitamente incluida como parte de la evaluación que realizó su grupo de expertos para definir su lista de indicadores, con la escala de Likert que va de 1-5 puntos, es decir, desde indicador *sin importancia* hasta indicador *muy importante*.

Para la validación de los modelos de indicadores también pueden emplearse herramientas de evaluación más complejas, que permiten un análisis multivariado, como el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP, por sus siglas en inglés), desarrollado por (Saaty, 1990), que es un método para la toma de decisiones multicriterio que permite identificar las ponderaciones de aspectos como las clasificaciones, sub-clasificaciones e indicadores, y se jerarquizan las alternativas a través de una comparación por pares. Para evaluar un aspecto respecto al otro, el grupo de expertos encargado utiliza la escala comparativa del PJA, que va del 1 al 9, es decir, de *igual importancia* hasta *importancia extrema*. Este tipo de metodología ha sido empleado por autores como Yadegaridehkordi & Nilashi (2022) y Adenle et al. (2021); este último también se apoyó en el software de Expert Choice para el análisis de los resultados.

El modelo AHP permite tomar en cuenta los factores subjetivos u objetivos, así como la información cualitativa o cuantitativa, con el fin de emitir juicios precisos y coherentes respaldados por la opinión de expertos con distintas formaciones, permitiendo definir cuál es la mejor alternativa entre múltiples opciones (Oguztimur & Assistant, 2015), por lo que favorece la identificación de las categorías, sub-categorías e indicadores más importantes para cada IES. No obstante, también se reconoce que el método tiene ciertas limitaciones, como su naturaleza subjetiva, la agregación de varios factores que simplifican la realidad, la dificultad de una decisión al tomar en cuenta la escala de 9 puntos, el tiempo invertido en su aplicación cuando se analizan varios niveles de jerarquía, y la gran capacidad computacional requerida para el análisis (Nadja & Karlheinz, 2004; Oguztimur & Assistant, 2015).

Por otro lado, más de la mitad de los estudios revisados no emplearon un método de verificación para los modelos de indicadores (Adenle et al., 2020; Anthony Jnr, 2021; Horan

& O'regan, 2021; Yadegaridehkordi & Nilashi, 2022), no obstante, este es un paso importante debido a que los instrumentos de medición o recopilación de datos deben cumplir con tres condiciones: objetividad, validez y fiabilidad (Rodríguez-Medina et al., 2021), de modo que se asegure que los indicadores de los distintos modelos sean realmente capaces de medir lo que se pretende medir, y que lo hagan de manera imparcial y precisa.

- Métodos de evaluación de los indicadores

La información obtenida a partir de los indicadores puede interpretarse directamente, como en el caso de los indicadores absolutos o relativos, tales como el consumo de agua en metros cúbicos o el suministro de agua por miembro de la comunidad universitaria, o también pueden interpretarse a partir de puntuaciones asignadas a cada indicador, que posteriormente se suman para obtener un puntaje por categoría, de acuerdo con el desempeño en el rubro evaluado; dado que los indicadores pueden agruparse y analizarse por categoría, también pueden considerarse indicadores compuestos o agregados (Camacho & Horta, 2020).

Villalba & Useche (2021) utilizaron el “Semáforo de implementación de programas de gestión ambiental institucional” elaborado por la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental de Costa Rica para evaluar sus indicadores. La forma de utilizar la escala es eligiendo un color y asignando una puntuación de acuerdo al grado de cumplimiento del indicador, ya sea verde (4-5 puntos), amarillo (2-3 puntos) o rojo (0-1 puntos), en donde el límite inferior de la escala (0) corresponde a que no se han realizado esfuerzos para construir el indicador en la IES evaluada, y el límite superior (5) concierne a que el indicador existe y se cumple plenamente.

La escala de Likert anteriormente mencionada fue empleada también por Anthony Jnr (2021), pero en este caso la escala se consideró de 2-5, es decir, desde indicador *no considerado* hasta indicador *completamente considerado*, aunque la aplicación de estas puntuaciones resulta aún más subjetiva en este estudio en particular debido a que la descripción de lo que evalúa cada indicador es demasiado general y se concentra en aspectos cualitativos. Por ejemplo, el indicador de cultivo y gestión de agua de lluvia involucra complementar el acceso a agua potable con el cultivo de agua de lluvia, pero también menciona técnicas como el tratamiento de aguas residuales, sin dejar claro el grado de cumplimiento que debe existir para asignar una puntuación u otra.

La utilización de indicadores compuestos permite analizar problemas complejos o multidimensionales a lo largo del tiempo, proveen información significativa, facilitan la comunicación con la sociedad y permiten hacer comparaciones entre dimensiones complejas, además de facilitar la toma de decisiones. Sin embargo, existen algunas desventajas en la utilización de estos indicadores, como la subjetividad en el proceso de construcción, al asignar una ponderación para cada indicador o a la hora de puntuarlos, el riesgo de malinterpretar los resultados, la posibilidad de omitir información, la cantidad de datos que permanecen ocultos al resumirlos en un solo indicador y también que pueden llevar a adoptar políticas que no son adecuadas si se ignoran las dimensiones de desempeño que son difíciles de medir (Palareti et al., 2016).

Por otro lado, los indicadores que no se agrupan podrían proveer información más detallada y, por lo tanto, más útil de manera interna para la toma de decisiones, por ejemplo, en el uso de recursos y la implementación de estrategias de prevención y mitigación de la contaminación.

- Hallazgos principales en la literatura

La literatura revisada hace hincapié en que usualmente la implementación de indicadores se basa en la disponibilidad de información y no en un marco sólido de referencia (Basheer et al., 2025), lo que sugiere la necesidad de trabajar con modelos de indicadores fundamentados en metodologías replicables y estandarizadas, que permitan las comparaciones, pero que además puedan adaptarse a las circunstancias de las IES. No obstante, Griebeler et al. (2022) reconoce que el trabajo realizado por las IES para implementar acciones de sustentabilidad se remonta desde antes de la publicación de los ODS en 2015, por lo que los indicadores que han generado podrían ser suficientes para evaluar su contribución a los mismos, y el cumplimiento con los objetivos puede ser fácilmente incorporado como parte de los reportes de sustentabilidad.

Un factor importante que debe tomarse en cuenta es la brecha que suele existir entre la información capturada por las universidades y la que es publicada por el gobierno. Horan & O'regan (2021) revisaron la concordancia entre el modelo de indicadores que desarrollaron y la información que el gobierno tenía disponible acerca de las IES en Irlanda, encontrando solamente datos acerca del consumo de energía y las emisiones de GEI directas e indirectas emitidas por las instituciones, además de las emisiones indirectas sobre las que la institución no tiene control, sin embargo, estos datos solo eran útiles para obtener el 20 % de sus indicadores, lo que sugiere una falta de transparencia que dificulta conocer la situación ambiental de las IES.

Las redes sociales también pueden ser importantes reservorios de información para las IES, al mismo tiempo que facilitan la obtención de la perspectiva de la comunidad universitaria acerca de los indicadores de mayor relevancia, evitando incurrir en los gastos que supondría realizar encuestas directas y obteniendo una mayor participación, recopilando opiniones sin la dificultad que podrían tener los participantes para expresar sus ideas libremente. Sin embargo, también existen algunas dificultades para aplicar esta metodología, como la utilización de tecnologías de detección remota, el internet de las cosas, las redes móviles de quinta generación (5G) y los conocimientos computacionales para construir el sistema (Adenle et al., 2020, 2021; Di Tullio et al., 2021).

Adenle et al. (2020, 2021) & Aslan (2024) plantean que una gran área de oportunidad para las IES consiste en la integración de un marco de infraestructura de datos espaciales en las evaluaciones de sustentabilidad de los campus, que a su vez se apoyen en softwares como SIG para compensar la ausencia, insuficiencia y restricciones en la información, al ser capaces tanto de generar como de procesar grandes cantidades de información, especialmente para obtener datos de movilidad y sobre el territorio, por lo que para integrar indicadores espaciales es importante tener acceso a las tecnologías y competencias necesarias para su determinación, lo que podría requerir de apoyo financiero.

Entre los estudios que definieron sus indicadores prioritarios, de acuerdo con las opiniones de los grupos de expertos que convocaron, no se encontraron concordancias debido a que las IES en las que se plantea su aplicación se encuentran situadas en diferentes países y presentan distintos contextos, además de que los objetivos de los estudios también varían.

Villalba & Useche (2021) determinaron que para IES en Venezuela los aspectos más relevantes fueron el cumplimiento legal y el desempeño institucional, lo que se atribuye a que estos son los factores que determinan el entorno universitario. Los segundos aspectos prioritarios fueron aquellos relacionados a la responsabilidad social, la enseñanza y la investigación, ya que la implementación de cambios en las universidades requiere de un ambiente cooperativo y participativo, además de procedimientos efectivos para gestionar la información y los conocimientos generados.

Para IES en Malasia, Anthony Jnr (2021) señaló que los marcos de acción más importantes son aquellos concentrados en la conservación de la energía, la gestión y el reciclaje de residuos, y la gestión del agua y la conservación del agua, en concordancia con las prácticas sustentables que se han implementado en distintas magnitudes dentro de las IES analizadas dentro del país. No obstante, los resultados de este estudio están limitados por la falta de recolección de datos empíricos. Por otro lado, Yadegaridehkordi & Nilashi (2022) sugieren que la eficiencia energética es el criterio de mayor peso en edificios institucionales en el país, debido a factores como la densidad poblacional universitaria y el uso diario del aire acondicionado, y sitúan la calidad del ambiente interior como el segundo más importante, debido a su impacto en el bienestar, comodidad y rendimiento en entornos de trabajo.

El transporte fue designado como el indicador de mayor importancia para las IES en Nigeria de acuerdo con Adenle et al. (2021), probablemente debido al limitado espacio de estacionamiento y la falta de acceso a distintas modalidades de transporte. Por otra parte, el indicador de menor importancia fue el de energía a pesar de la dependencia de las instituciones en el país sobre las energías no renovables y el incremento generalizado de las emisiones de GEI en el país, derivadas de la producción de electricidad y calefacción, las cuales se han duplicado desde 1971 (World Bank Open Data, 2014).

En las IES en Brasil, Griebeler et al. (2022) determinó que el indicador de mayor importancia fueron las prácticas para reducir el consumo de agua, relacionado al ODS 6 "Agua limpia y saneamiento", ya que a pesar de que Brasil presenta un nivel de estrés hídrico bajo, el agua extraída ha aumentado un 80 % en las últimas décadas y existe una cantidad importante de cuencas con estrés hídrico medio-alto (IBGE, 2021). Mientras tanto, el indicador con menor peso corresponde a la asistencia económica recibida por parte del gobierno, aun cuando el gasto público en el sector de la educación superior ha sido reducido desde 2015 (Schwartzman, 2020).

1.2 Planteamiento del problema

En el siglo XXI, la humanidad enfrenta una crisis ambiental sin precedentes, marcada por el agotamiento de recursos naturales, el cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la creciente desigualdad socioambiental (UNEP, 2024). A pesar de los avances tecnológicos y científicos, los modelos de desarrollo predominantes continúan priorizando el crecimiento

económico sobre la sustentabilidad, generando impactos negativos en la salud humana, los ecosistemas y la estabilidad social (OECD, 2022).

En este contexto, las IES tienen una responsabilidad estratégica en la construcción de soluciones sustentables. Como espacios de formación, investigación y transformación social, poseen el potencial para generar conocimiento, formar profesionales críticos y promover la innovación (Wilhelm & Pilatti, 2024). Sin embargo, muchas universidades enfrentan dificultades para integrar la sustentabilidad de manera sistemática en sus estructuras operativas, curriculares y administrativas (Abo-Khalil, 2024; Basheer et al., 2025), lo que limita su capacidad de incidir en la transición hacia modelos de desarrollo responsables y sustentables.

A nivel internacional, herramientas como los ODS y sistemas de evaluación ambiental universitaria, como UI GreenMetric, STARS y THE Impact Rankings, ofrecen marcos de referencia para medir el desempeño ambiental de las IES. Estos instrumentos permiten identificar áreas de oportunidad, establecer metas y diseñar estrategias de mejora continua (Leal Filho et al., 2025). No obstante, su aplicación requiere información confiable, indicadores claros y voluntad institucional para transformar los datos en acciones concretas. Sin estos elementos, las universidades corren el riesgo de adoptar enfoques fragmentados, simbólicos o reactivos que no generan cambios estructurales ni resultados verificables.

En México, muchas universidades aún carecen de modelos sistematizados de indicadores ambientales que les permitan evaluar de forma objetiva y periódica el estado de sus campus (Figueroa & Gutiérrez, 2025). En particular, la UABC, presenta una limitada disponibilidad de información ambiental estructurada. Esta carencia dificulta la identificación de temas prioritarios, el establecimiento de metas de mejora y la alineación de sus acciones con los ODS. Además, impide la comparación con otras instituciones, la participación en rankings internacionales y la rendición de cuentas ante la comunidad universitaria y la sociedad.

Entre las causas de esta situación se encuentran la falta de políticas institucionales claras en materia ambiental, la escasa articulación entre áreas administrativas y académicas, la ausencia de mecanismos de seguimiento y evaluación, y la limitada formación técnica del personal encargado de la gestión ambiental. También influye la baja prioridad que históricamente se ha dado a la sustentabilidad en los planes estratégicos universitarios, así como la falta de incentivos para integrar prácticas sustentables en la operación cotidiana de los campus.

Los efectos de esta omisión son múltiples y de largo alcance. La falta de indicadores ambientales impide contar con una línea base confiable que permita evaluar el impacto de las acciones emprendidas, lo que restringe la mejora continua y la planeación estratégica. Además, limita el acceso a certificaciones, financiamiento externo y reconocimientos vinculados a la sustentabilidad. A nivel interno, esta situación reduce la participación activa de estudiantes, docentes y personal administrativo en iniciativas ambientales, afectando la consolidación de una cultura de sustentabilidad. También se debilita la gobernanza ambiental universitaria, se desaprovechan oportunidades de colaboración interinstitucional, y se reduce la capacidad de respuesta ante emergencias climáticas o normativas ambientales emergentes que resultan en nuevas leyes, reglamentos o estándares que responden a desafíos ambientales recientes o en evolución, como el cambio climático, la contaminación digital, la economía circular, los impactos de las aplicaciones de Inteligencia

Artificial (IA) en los procesos académicos y ambientales o la justicia ambiental. Estas normativas surgen como respuesta a problemáticas que antes no estaban reguladas o que requieren actualización debido a avances científicos, tecnológicos o sociales.

En la Universidad Autónoma de Baja California existe una gran deficiencia de información respecto a los programas ambientales vigentes y sus resultados, además de que se realizan muchas acciones puntuales en pro del ambiente, pero de las cuales tampoco existe información cuantificable, de modo que se ha complicado conocer la situación actual del ambiente en la universidad y, por ende, las áreas de oportunidad para una mejora en su desempeño ambiental. Esto a su vez ha comprometido la responsabilidad social de la institución y le ha dificultado cumplir con las demandas actuales de sustentabilidad.

Por lo tanto, se plantea la necesidad de desarrollar un modelo de indicadores ambientales adaptado al contexto de la UABC, que permita diagnosticar su situación actual, identificar áreas de mejora y fortalecer su contribución al desarrollo sustentable desde el ámbito universitario. Este modelo no solo facilitaría la gestión ambiental institucional, sino que también consolidaría el papel de la universidad como agente activo en la transformación hacia una sociedad más equitativa, resiliente y ambientalmente responsable.

1.3 Pregunta de investigación

¿Cómo puede diseñarse un modelo de indicadores ambientales que permita evaluar el desempeño ambiental del campus Mexicali de la UABC con base en criterios de sustentabilidad y alineado a los Objetivos de Desarrollo Sostenible?

1.4 Justificación

Este trabajo de investigación se fundamenta en la necesidad de fortalecer la gestión ambiental en las IES, en respuesta a los complejos desafíos socioambientales del siglo XXI, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, el agotamiento de los recursos naturales y el incremento de la desigualdad ambiental. Estos retos demandan una transformación profunda en los modelos de desarrollo y en las prácticas institucionales, especialmente en espacios de formación académica como las universidades, que tienen el potencial de liderar procesos de cambio hacia la sustentabilidad.

En este contexto, UABC ha implementado diversas iniciativas para mitigar el impacto ambiental de sus operaciones, tales como el tratamiento de aguas residuales, el riego de áreas verdes con aguas tratadas, la instalación de paneles fotovoltaicos, el programa “Cero Residuos” y la promoción de la cultura del agua, entre otras. Sin embargo, estas acciones carecen de un sistema estructurado de indicadores que permita evaluar su efectividad, darles seguimiento y fomentar su mejora continua. Esta limitación impide contar con una línea base confiable, dificulta la toma de decisiones informadas y restringe la posibilidad de rendir cuentas de manera transparente ante la comunidad universitaria y la sociedad.

La creciente presión normativa, social y académica exige a las IES mayor compromiso con la sustentabilidad, así como mecanismos claros para medir y comunicar sus avances. En este sentido, el diseño de un modelo de indicadores ambientales para el campus Mexicali de la UABC representa una oportunidad estratégica para consolidar una gestión ambiental más eficiente, alineada con los ODS y con capacidad de respuesta ante las normativas, entre ellas las emergentes. Esta necesidad se intensifica en el contexto regional de

Mexicali, caracterizado por condiciones climáticas extremas, escasez de recursos hídricos y acelerado crecimiento urbano, que demandan soluciones institucionales basadas en evidencia y orientadas a la mejora continua.

Desde una perspectiva práctica, el modelo propuesto permitirá evaluar, monitorear y optimizar el desempeño ambiental del campus de manera sistemática y objetiva. A nivel académico, contribuirá al desarrollo de herramientas metodológicas replicables en otras instituciones, fortaleciendo la investigación aplicada y la formación de profesionales con conciencia ambiental. En el plano social, fomentará la participación activa de la comunidad universitaria en la construcción de entornos sustentables, promoviendo valores de corresponsabilidad, transparencia y compromiso ciudadano.

Asimismo, este estudio aportará datos confiables para identificar áreas de oportunidad, diseñar estrategias basadas en evidencia y facilitar la alineación institucional con los ODS. Entre los beneficios esperados, al aplicar el modelo de indicadores que se propone, se encuentran la optimización del uso de agua y energía, la reducción de residuos, la mejora en la calidad del entorno universitario, el posicionamiento institucional en rankings ambientales y el fortalecimiento de la responsabilidad social universitaria, así como la disminución de los impactos ambientales por la operación del campus.

En suma, esta investigación no solo responde a una necesidad concreta de la UABC, sino que ofrece soluciones prácticas y estratégicas para avanzar hacia una universidad más sustentable, resiliente y comprometida con los desafíos ambientales del presente y del futuro.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Elaborar un modelo de indicadores ambientales para evaluar el desempeño ambiental del campus Mexicali

1.5.2 Objetivos específicos

- Determinar los temas ambientales prioritarios del campus en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), con especial énfasis en el cambio climático.
- Categorizar los indicadores utilizados en la literatura por instituciones de educación superior.
- Diseñar indicadores ambientales para el campus Mexicali.

2 Marco teórico

En este capítulo se presenta la información que sustenta la presente investigación, describiendo el proceso de integración de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior (IES), desde la educación ambiental hasta la educación para el desarrollo sustentable y la responsabilidad social universitaria, para luego discutir la importancia de la incorporación de los ODS en el funcionamiento de las instituciones y los desafíos a los que se enfrenta la incorporación de la sustentabilidad. Posteriormente, se aborda la contribución de las IES al cambio climático, desde los retos que enfrentan hasta las oportunidades que tienen y como su colaboración va más allá de las fronteras de las instituciones. Finalmente, se reconocen las metodologías más ampliamente utilizadas para definir indicadores en las IES, desde rankings internacionales hasta propuestas de modelos de indicadores, que tienen una perspectiva integradora de las funciones de las IES con su desempeño en términos de sustentabilidad.

2.5 Incorporación de la sustentabilidad en las Instituciones de Educación Superior

El concepto de Instituciones de Educación Superior (IES) incluye a las universidades, colegios y otras instituciones que se encargan de ofrecer educación de nivel superior, incluyendo tanto a las universidades tradicionales como a las instituciones orientadas en la profesionalización, que pueden denominarse universidades de ciencias aplicadas o politécnicas (Gerón-Piñón et al., 2021). A lo largo de este trabajo se utiliza preferentemente este concepto al considerar que abarca un terreno más amplio que el concepto de universidad.

Al hablar de incorporar la perspectiva de la sustentabilidad en las IES hay que tomar en cuenta que dentro de la literatura a lo largo de la historia se han tenido distintas definiciones sobre lo que este concepto significa, sin embargo, a nivel internacional este se refiere al “desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (ONU, 1987), de acuerdo con el Informe de Brundtland, que también sentó fundamentos éticos como el bienestar y la equidad social, la satisfacción de las necesidades básicas humanas, y los objetivos de la sociedad como conjunto.

En diversos artículos los términos “sostenible” y “sustentable” son utilizados de manera similar, haciendo referencia al concepto manejado por el Informe, siendo traducidos del inglés como sinónimos (C. López et al., 2005). Sin embargo, hay autores que consideran que los términos son distintos entre sí. Zarta (2018) argumenta que el primer término considera los aspectos económicos, sociales y ambientales de manera separada, mientras que el segundo los integra junto con el sistema de valores y toma en cuenta los límites físicos del planeta y la demanda de recursos para satisfacer las necesidades. El autor sugiere esta distinción debido a que considera que el término sostenible se ha utilizado de manera indiscriminada y ha perdido su significado original.

Por otro lado, el uso de cualquiera de estos dos términos puede depender simplemente de la región, siendo “sostenible” el preferido por España, mientras que, en América Latina, países como México y Argentina utilizan “sustentable” de manera más común, pero

cualquiera que sea el caso, su significado semántico es equivalente (Higuera-Zimbrón & Rivera-Gutiérrez, 2020).

En el presente trabajo se opta preferentemente por la utilización del término sustentable, al considerar su similitud en origen, forma y significado con su contraparte en inglés, y a la popularidad regional del término dentro del país de estudio, México. Además, también se pretende evitar la separación de componentes que suele acompañar al término “sostenible”.

Dentro del contexto de la incorporación de la sustentabilidad en IES es frecuente hablar de iniciativas y prácticas verdes, o iniciativas y prácticas de sustentabilidad, para las cuales no existe una definición universal, pero que pueden interpretarse como los programas, políticas, proyectos y acciones para promover la sustentabilidad y la protección ambiental, como programas de reciclaje, acciones de conservación de la energía y del agua, programas de reducción de GEI, y políticas de compras sustentables (Chand, 2017; Singh et al., 2023; Tariq et al., 2021).

Cuando se habla de campus sustentable, se hace referencia a que las IES reconocen y trabajan activamente en la reducción de sus impactos ambientales, económicos, sociales y sobre la salud, mediante la gestión de sus recursos al llevar a cabo sus funciones básicas de gestión, enseñanza, investigación y extensión para transitar a estilos de vida más sustentables (Too & Bajracharya, 2015), aunque definiciones más tradicionales le atribuyen un carácter más orientado a la integración de las ciencias ambientales (Sugiarto et al., 2022). Otros conceptos con el mismo trasfondo son los campus verdes y las escuelas sustentables, por ejemplo. En este trabajo se asume que un campus solo puede ser realmente sustentable si tiene un enfoque holístico sobre la sustentabilidad y la incorpora en todas sus dimensiones, no únicamente en términos de la dimensión ambiental.

2.5.1 Evolución de las perspectivas sobre la sustentabilidad

Las Instituciones de Educación Superior (IES) tienen un papel especialmente relevante en el impulso del desarrollo sustentable, que tradicionalmente se ha enfocado en la dimensión social, al participar en la formación de los estudiantes dándoles herramientas para encaminar sus prácticas hacia la sustentabilidad, la generación y transmisión de conocimientos de carácter científico y tecnológico, y también en la extensión y difusión de la cultura (Bohne et al., 2019).

La discusión acerca del rol de las IES en la sustentabilidad comenzó en la década de los setentas, particularmente con un enfoque sobre la educación. El análisis de Sauvé et al. (2007) sobre los documentos elaborados por la ONU respecto a la educación ambiental (EA) a lo largo de tres décadas, hizo tres hallazgos principales: que la educación se ha utilizado como instrumento de apoyo para las agendas políticas y económicas, que la perspectiva sobre el ambiente se ha reducido a los problemas relacionados a la gestión de recursos, y que el desarrollo se ha asociado principalmente con sostener el crecimiento económico.

Este tipo de perspectiva ha llevado a promover la competitividad y la productividad de los estudiantes para continuar en el sistema económico; a reformulaciones de los programas educativos en los que se acepta ciegamente la globalización; a la falta de reflexión sobre el ambiente, el desarrollo y la exploración de otras formas de relación entre ellos; la difusión de soluciones basadas en disciplinas como las ciencias ambientales y las transferencias tecnológicas, junto con la promoción del crecimiento económico sostenido, como

aprendizajes clave, ignorando la multidisciplinariedad que requiere el desarrollo sustentable; visualizando la sociología y la psicología como simples medios para movilizar masas; e incluso, la reducción de la educación a aprendizaje en algunos documentos, lo que podría ser visto como una dinámica en la que el estudiante es el consumidor del conocimiento o habilidad, el maestro es el proveedor, y la educación se convierte en una mercancía (Sauvé et al., 2007).

El enfoque sobre la EA comenzó a cambiar con la Declaración de Ubuntu en Educación, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Sostenible, publicada tras la Cumbre de Río de Janeiro de 1992, que incorporó por primera vez el concepto de educación para el desarrollo sustentable (EDS), que no se enfoca en la EA ni una educación sobre el desarrollo sustentable, sino en educar para un desarrollo sustentable en todos los sectores educativos. El Plan de Implementación de Johannesburgo (2002) hace énfasis en la incorporación de temas de agua, energía, salud, agricultura, biodiversidad y la implementación de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) (van Ginkel, 2005); los ODM fueron un compromiso adquirido por los estados miembro en el año 2000 con el propósito de luchar contra la pobreza, el analfabetismo, la degradación ambiental y la discriminación de la mujer, con metas fijadas para el 2015 (OMS, 2018).

Así en diciembre del año 2002, posterior a la Segunda Cumbre de la Tierra, surgió el proyecto de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible 2005-2014 a cargo de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), con la finalidad de llevar la educación sobre los principios de la sustentabilidad a todos los sectores y contextos culturales y locales, reorientando los programas educativos hacia los conocimientos y perspectivas inherentes a la sustentabilidad, proveyendo una formación y capacitación continua para todos, y a través de programas de formación especializados para todos los sectores sociales (MITECO, n.d.).

La implementación de esta estrategia significó varios avances en el terreno educativo, como la concurrencia entre las agendas educativas y de sustentabilidad, la inclusión de temas de sustentabilidad en los sistemas educativos, una mayor adquisición de compromisos legales, la promoción del pensamiento crítico, el aprendizaje basado en participación y resolución de problemas, la integración de la sustentabilidad en la educación formal, el compromiso de los países en el establecimiento de una EDS, y el incremento en la investigación enfocada en la EDS (Žalėnienė & Pereira, 2021).

En 2015, cumplido el plazo de los ODM y habiendo conseguido algunos éxitos limitados principalmente en la reducción de la pobreza (Mohieldin, 2014), la Asamblea General de las Naciones Unidas adoptó diecisiete nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con límite para su cumplimiento en el año 2030, para trabajar hacia el aseguramiento de una vida más sustentable, próspera, pacífica y equitativa intra e inter-generacionalmente, propósitos importantes tomando en cuenta que el impacto humano para ese entonces ya había incrementado, las tecnologías habían cambiado, las desigualdades se incrementaban y la gobernanza se volvía cada vez más difusa y compleja (ONU, 2018)

Una encuesta realizada por la Asociación Internacional de Universidades (IAU) a 120 instituciones de todos los continentes reveló que para 2016, más del 70 % de ellas ya estaba familiarizada con los ODS y con la EDS, pero continuaban concentrándose en el aspecto ambiental de la sustentabilidad, aunque reconocían la importancia de los otros

componentes. Además, aunque las instituciones buscaban mayor colaboración en temas de desarrollo, relacionarse con redes de sustentabilidad e integrar los ODS a los programas educativos, la investigación y la gestión del campus, la mayoría carecían de un plan estratégico para implementar la sustentabilidad (66 %) (van't Land & Herzog, 2017).

Para el 2022, la encuesta de la IAU se realizó nuevamente, pero en esta ocasión se recibieron 464 respuestas, encontrando que las IES de todas las regiones se comprometieron principalmente con la enseñanza y el aprendizaje, y en segundo lugar con la investigación, pero consideraron que las operaciones del campus, el compromiso comunitario, y la visión y misión también son áreas de importancia sobre las cuales necesita trabajarse más. Los ODS más atendidos fueron el de calidad educativa (ODS 4), equidad de género (ODS 5), la reducción de desigualdades (ODS 10), acción climática (ODS 13) y alianzas (ODS 17). También es importante mencionar que, pese a la visión holística de la sustentabilidad en las IES, la mayoría continuó sin tener un plan estratégico (62 %) (Toman et al., 2023).

La integración de la sustentabilidad más allá de la educación ambiental ya se había impulsado con anterioridad a través de otros documentos en regiones como Europa. Mediante el Programa Copernicus de 1989, se pretendía la integración de la sustentabilidad en todo el sistema universitario, la estimulación y coordinación de proyectos interdisciplinarios, la transmisión de los resultados de investigación a los tomadores de decisiones, y el acercamiento de las IES a otros sectores de la sociedad, de manera local, nacional y regional (dentro de Europa) (CRE, 1989).

En comparación, la Declaración de Talloires de 1980, fue una pionera en la implementación de la sustentabilidad a nivel internacional, con la firma de 445 instituciones de 92 países, de acuerdo con Talloires Network of Engaged Universities (2025). El documento está compuesto por 10 principios, en los que las instituciones se comprometen con tres directrices principales: la educación, la investigación y la conformación de políticas, y el intercambio de información relacionada a la población, el ambiente y el desarrollo para transitar a un desarrollo sustentable (Riveros, 2019). Este documento, aunque innovador para su época, continúa la tendencia de recargar los esfuerzos sobre las funciones más tradicionales de las instituciones educativas.

La Declaración de Kyoto de 1993, por otro lado, no solo insta a las IES a integrar la sustentabilidad en las actividades de docencia y concientización ambiental, que también pretende impulsar entre todos los miembros de la comunidad independientemente de su campo de estudio, o en la promoción de la investigación y la colaboración local, nacional o internacional en proyectos de educación o investigación ambiental, sino también impulsar la sustentabilidad en el consumo y las prácticas operativas de las instituciones (IAU, 1993), reconociendo por primera vez que también tienen una contribución significativa en este ámbito.

Las prácticas operativas comenzaron modificándose gracias a la adopción de iniciativas verdes en los campus, para incorporar el desarrollo sustentable en el quehacer diario de las IES. Algunos proyectos han incluido desde acciones específicas, como un sistema de evaluación ambiental para el funcionamiento de cafeterías, hasta acciones de mayor impacto, como el cálculo de la huella de carbono para una universidad completa (Alonso-Almeida et al., 2015).

Las revisiones sobre el estado de los reportes de sustentabilidad en IES han demostrado que estos han incrementado en los últimos 20 años. Alonso-Almeida et al. (2015) observó un especial incremento en 2013, evidenciando que el interés por la sustentabilidad universitaria ya era significativo antes de la adopción de los ODS y la Agenda 2030. Aun en ausencia de marcos globales consolidados, las universidades comenzaron a elaborar reportes voluntarios como parte de su compromiso institucional y de su respuesta a presiones sociales, normativas y de reputación. Posteriormente, la revisión de Rosa et al. (2024) identificó un nuevo pico de publicaciones en 2018, relacionándolo con el lanzamiento de los ODS como marco de referencia internacional.

Las categorías de información que detallan las IES en sus reportes de sustentabilidad, de acuerdo con sus actividades, pueden dividirse en comunidad, servicios y transferencia (relacionado a actividades de responsabilidad social), currículo y enseñanza (cursos y alfabetización en sustentabilidad), operación (sistemas de gestión y ambiente), e investigación (incentivos, laboratorios y resultados de investigación) (Rosa et al., 2024). No obstante, en cuanto a las dimensiones de la sustentabilidad, los reportes se han concentrado sobre todo en la economía y el ambiente, abordando principalmente temas de energía, movilidad, acción climática/gestión del carbono, residuos, agua y edificios sustentables (Leal Filho et al., 2022). El hecho de que los tres temas más discutidos se relacionen con la emisión de GEI, lleva a conjeturar la prioridad que ya se ha dado al tema de cambio climático dentro de las IES, aunque sea desde la perspectiva de demanda de recursos.

A pesar de los progresos en los reportes de sustentabilidad en IES, este continúa siendo un reto para dicho sector. De acuerdo con una encuesta sobre las tendencias en los reportes de sustentabilidad, realizada por Leal Filho et al. (2022) a 73 instituciones a nivel mundial, aunque las IES consideran que la sustentabilidad es importante, poco más de la mitad realizan reportes de sustentabilidad y hasta un 35 % de las que no cuentan con reportes manifestó que no tenía planes para implementarlos, fundamentalmente debido a la falta de una política específica para realizarlos y la falta de recursos o tiempo, además de otras razones como la deficiencia de conocimientos y liderazgo, que la sustentabilidad no es considerada una prioridad, y que las IES prefieren evitar contraer mayores obligaciones.

Ante la fragmentación tradicional de las funciones sustantivas de las IES en tres compartimentos separados, la docencia, la investigación y la extensión, que resulta en limitaciones a la articulación entre enseñanza, conocimiento y participación social, surge el concepto de Responsabilidad Social Universitaria (RSU) (Vallaey, 2013), acuñado y desarrollado de manera más prominente en América Latina a principios del siglo XXI, para promover el desarrollo nacional y el bienestar común tras la publicación de trabajos como "Universidad construye país", que reconocen la falta de integración de temas como la pobreza, la desintegración social, el capital social o el desarrollo sustentable en las IES (Müller & Coronado, 2016).

La responsabilidad social puede definirse como la responsabilidad de una organización ante los impactos de sus decisiones y actividades en la sociedad y el ambiente, a través de una respuesta ética y transparente que contribuya al DS, tome en cuenta a los grupos de interés, se integre en toda la organización y cumpla con las regulaciones pertinentes (ISO, 2010). Por lo tanto, la RSU reformula su compromiso social integrando los procesos básicos de

las IES y alineándolos con las demandas científicas, profesionales y educativas para el desarrollo sustentable, tomando en cuenta sus impactos organizacionales, educativos, cognitivos y sociales.

La RSU ha llevado a las IES a aplicar distintos enfoques y estrategias; desde el enfoque humanista se ha propuesto el bienestar de la comunidad universitaria, la implementación de políticas verdes y el mejoramiento de la movilidad y accesibilidad; el enfoque pedagógico ha incluido la integración de la sustentabilidad en el currículo y el involucramiento de estudiantes y académicos en investigación aplicada a problemas reales; el enfoque ético promueve la multiculturalidad y la inclusión en la educación; y el enfoque socio-cultural ha impulsado el desarrollo de infraestructura y servicios para apoyar prácticas sostenibles (Olar-te-Mejía & Ríos-Osorio, 2015).

2.5.2 Hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La construcción de una sociedad más equitativa y comprometida con el desarrollo humano y la conservación de los recursos naturales, requiere de la participación de todos los sectores de la sociedad, a través de los compromisos individuales de los ciudadanos, las actividades formativas y de investigación en las instituciones educativas, la adopción de prácticas sustentables en empresas privadas, el activismo y los proyectos sustentables de las ONGs, y las actividades legislativas, regulatorias e inversiones en infraestructura verde por parte del gobierno.

Los ODS son particularmente importantes para este cometido porque capturan las relaciones que existen entre las tres dimensiones de la sustentabilidad y tienen la capacidad de ser adaptados a los objetivos de los diferentes grupos de interés, como las empresas, la sociedad civil, la sociedad civil organizada (ONGs, fundaciones, asociaciones, instituciones de caridad, grupos defensores de derechos humanos, entre otros) y al sector académico (SDSN Australia/Pacific, 2017).

A pesar de que se proyecta que los ODS no se cumplan a cabalidad para el año 2030, debido a la crisis sanitaria del COVID-19 y sus secuelas, la guerra en Ucrania y en general, la falta de acciones en torno a los objetivos (Leal Filho et al., 2023), es importante continuar con los esfuerzos para su cumplimiento debido al compromiso internacional existente, por su capacidad para guiar el progreso incremental hacia el desarrollo sustentable y porque probablemente sean renovados para continuar el trabajo sobre los mismos en el futuro.

El Council of Councils (2023) incluso sugiere a los países priorizar objetivos de acuerdo con las áreas prioritarias que determinen y actualicen periódicamente, concentrar los esfuerzos estratégicamente en los objetivos de mayor peso sobre el desarrollo sustentable, y promover la colaboración global. Durante la cumbre de los ODS de 2023 de las Naciones Unidas se puntualizó en las áreas críticas sobre las cuales debe trabajarse: el hambre, la educación, la crisis ambiental triple (cambio climático, contaminación y pérdida de biodiversidad) y la equidad de género (UN-United Nations, 2023).

El compromiso de las IES con los ODS representa un beneficio para ambos: al adoptar los ODS en las IES, aumenta la demanda por los conocimientos relacionados con ellos, a la vez que se genera la información, ideas y soluciones para resolver problemas relacionados con ellos; ayudan a asumir el concepto de responsabilidad universitaria y apoyan la formación de los responsables actuales y futuros en la implementación de los objetivos; proporcionan un marco referencial para reportar los impactos de las instituciones, a la vez

que las instituciones funcionan como modelos en la aplicación de estrategias; y, finalmente, ayudan a ampliar la información generada e incentivan las colaboraciones, por lo que desarrollan el liderazgo que les hace posible orientar a los ODS (SDSN Australia/Pacific, 2017).

La Red de Soluciones de Desarrollo Sostenible (SDSN Australia/Pacific, 2017) también ofrece una guía para la aplicación de los ODS en las IES de acuerdo con sus funciones sustantivas (Figura 2), por lo que las instituciones pueden clasificar, visualizar y reportar fácilmente sus contribuciones a los ODS.



Fuente: SDSN Australia/Pacific (2017)

Figura 2. Contribución de las IES a los ODS

Para facilitar la transición de las IES hacia la sustentabilidad, la UNESCO ha propuesto una guía general orientada a maximizar las contribuciones de las instituciones a lograr los objetivos de la Agenda 2030, en los que destaca primeramente la comunicación de los conceptos básicos de la sustentabilidad y los ODS, para posteriormente rescatar iniciativas que ya se están implementando y ejecutar nuevas (Tabla 1).

Tabla 1. Transición hacia la sustentabilidad en IES.

Etapa	Nombre del Paso	Resumen
0	Alineación Conceptual y Justificación	Discusión y clarificación de los conceptos de 'sostenibilidad' y 'desarrollo sostenible' entre la comunidad educativa.
1	Sensibilización	Comunicar la necesidad y razones para la transición hacia una institución sostenible, destacando desafíos y beneficios.
2	Compromiso de Liderazgo	Demostración de voluntad y dedicación por parte de la alta dirección para lograr una institución más sostenible.
3	Compromiso de los Interesados	Fomentar el diálogo y compromiso personal de los actores clave internos y externos para apoyar la transición.
4	Diseño y Borrador de Estrategia	Co-diseño de un documento institucional que establece la visión de la transición hacia la sustentabilidad.
5	Provisión de Conocimientos	Proporcionar conocimiento claro sobre los ODS y cómo las instituciones pueden contribuir a estos.
6	Mapeo de Iniciativas Actuales	Identificación y análisis de iniciativas actuales que contribuyen a los ODS para entender mejor los puntos fuertes y áreas de mejora.
7	Priorización de Iniciativas Futuras	Seleccionar y priorizar futuras iniciativas basadas en su alineación con la visión de la institución y los ODS.

8	Provisión de Recursos	Asegurar los recursos físicos, humanos y financieros necesarios para implementar las iniciativas seleccionadas.
9	Implementación	Ejecutar proyectos concretos y coordinados para implementar la estrategia de sostenibilidad.
10	Sostenibilidad a Largo Plazo	Asegurar que los resultados y beneficios de los proyectos se mantengan a largo plazo y se continúe con nuevos proyectos.

Fuente: *Elaboración propia con información de Galán-Muros, (2023)*

La revisión de Serafini et al. (2022) además, a través de la recopilación de las experiencias de las IES en su alineación con los ODS, proporciona una lista de acciones que pueden adoptar las instituciones de acuerdo con sus funciones (Tabla 2).

Tabla 2. Iniciativas para implementar los ODS en las funciones sustantivas de las IES.

Gobernanza	Aprendizaje y enseñanza	Investigación y extensión
1. Contribución de las bibliotecas académicas a los ODS.	7. Crear la estructura de gobernanza para coordinar la implementación de ODS.	12. Crear proyectos para establecer colaboraciones con escuelas, ONGs, el sector público y el sector privado para trabajar en los ODS.
2. Implementar acciones para un campus sustentable.	8. Incluir ODS en los programas educativos.	13. Proyectos para el establecimiento de talleres para la implementación de ODS en universidades.
3. Establecer indicadores y participar en clasificaciones internacionales, en torno a los ODS.	9. Desarrollar aplicaciones para la concientización de los estudiantes hacia los ODS.	14. Alinear los proyectos de extensión con los ODS.
4. Evaluar el conocimiento y la actitud hacia los ODS de la comunidad universitaria.	10. Enseñanza y promoción de ODS.	15. Difusión de los ODS entre la sociedad civil organizada y los responsables de aplicar la Agenda 2030.
5. Incluir la sustentabilidad en los documentos institucionales y la capacitación de la comunidad universitaria.	11. Orientar las investigaciones hacia los ODS y monitorear el progreso hacia ellos.	
6. Incluir los ODS en trabajos de fin de curso, disertaciones y tesis.		

Fuente: *Serafini et al. (2022)*

2.5.3 Desafíos en la implementación de la sustentabilidad

Algunas de las barreras a las que se enfrentan las IES para la implementación de la sustentabilidad pueden experimentarse a nivel individual, grupal y organizacional, y se relacionan con la información, la percepción y las conductas de cada uno, de acuerdo con Blanco-Portela et al. (2017), como se muestra en la Tabla 3. En resumen, puede decirse que los desafíos principales se relacionan con la falta de compromiso de los directivos, una gobernanza débil, la falta de políticas de sustentabilidad, las deficiencias en el conocimiento sobre el tema, la resistencia al cambio, la falta de capacitación de la comunidad universitaria, las deficiencias en la comunicación, los límites de las disciplinas que dificultan la investigación y el aprendizaje holístico, y el financiamiento, que afectan el desempeño de todas las funciones sustantivas de las IES.

Tabla 3. Desafíos en la implementación de la sustentabilidad en IES.

Barreras	Informativos	Perceptivas	Conductuales
----------	--------------	-------------	--------------

Individuales	Deficiencias en la información, en el entendimiento y conocimiento de los problemas, la comunicación y la conciencia ambiental.	Baja priorización, falta de relevancia, percepción de altos costos en el mantenimiento de las acciones sustentables, procesos burocráticos que afectan el proceso, docentes.	Al no recibir una compensación por sus esfuerzos, pierden el compromiso; resistencia al cambio, burocracia, bajos niveles de compromiso, falta de entrenamiento, falta de motivación debido a no contar con financiamiento, y los departamentos más fuertes se resisten más al cambio debido a su estatus.
Grupales	Falta de liderazgo; resistencia de docentes o administrativos, motivada por la carga de trabajo que les impide atender proyectos paralelos.	Limitaciones en la comunicación y los logros, dificultades para integrar la gestión ambiental en la gestión de las operaciones básicas, falta de interés académico por la carga de trabajo y la falta de interés en los estudiantes.	Falta de sentido de pertenencia a la institución; barreras culturales relacionadas a las personalidades conservadoras, resistencia de docentes o administrativos motivada por la carga de trabajo que les impide atender proyectos paralelos.
Organizacionales	Las delimitaciones de las disciplinas que limitan la investigación y el aprendizaje holístico, formación deficiente en teoría y práctica ambiental que limitan a los egresados en la fuerza laboral, el escepticismo de directivos que puede bloquear cambios o disminuir los esfuerzos, gestión y organización débil, falta de comunicación.	NA	NA

NA: No Aplica.

Fuente: Blanco-Portela et al. (2017)

Monroy et al. (2016) puntualiza que las IES a menudo enfrentan desafíos relacionados con la adaptación de los modelos de gestión ambiental a sus contextos específicos debido a su estructura jerárquica y operacional, la diversidad de actividades que llevan a cabo, el tamaño y la configuración de sus instalaciones, los límites financieros y de recursos humanos, la diversidad de intereses y compromisos de su comunidad universitaria, ineficiencias en una gobernabilidad que suele ser compleja, las perspectivas tradicionales de la gestión en las instituciones, y la ausencia de una visión compartida, además de que la gestión ambiental no suele considerarse una prioridad cuando existen otras necesidades más apremiantes.

A nivel operativo, las IES enfrentan retos en cuanto a la conservación del agua y la energía, el manejo de sus residuos, la capacitación de trabajadores, la concientización de la comunidad universitaria sobre los programas que se estén llevando a cabo, la reducción de la huella de carbono por el uso de la energía eléctrica y el transporte, y el mantenimiento de las áreas verdes, de manera interna (Summer, 2019).

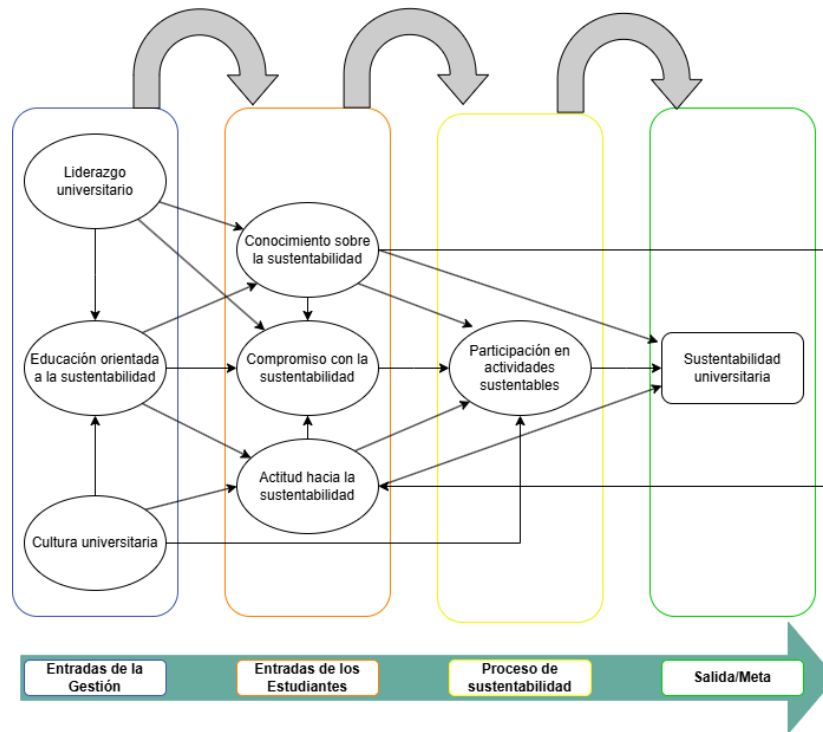
Es importante que los directivos y la administración se involucren, apropien y den seguimiento a los programas que se instauren en las instituciones, ya que cuando las iniciativas surgen de entre administrativos, docentes o estudiantes, es difícil que se mantengan, en especial si provienen desde estos últimos, puesto que al terminar sus estudios no hay quien les dé continuidad a las actividades o, si las manejaba un club estudiantil, depende de los responsables en turno (Summer, 2019).

La diversidad cultural constituye un reto importante en la adopción de la RSU, debido a que esas diferencias pueden implicar una implementación diferente de acuerdo con el entendimiento de cada responsable sobre lo que significa cumplir con la RSU, por lo que es necesario cambiar la cultura organizacional para integrar una definición clara de la RSU que esté presente en la misión y los objetivos centrales de la institución (Mohammadi et al., 2023).

En el caso de los docentes, la dificultad para incorporar la sustentabilidad en sus enseñanzas o como actividades paralelas no solo se debe a su carga de trabajo, sino también al desconocimiento de la Agenda 2030 o al no tener claro cómo se relaciona este tema con su disciplina, además de que las variaciones en la integración de la sustentabilidad entre disciplinas pueden implicar algunas inconsistencias en la aplicación. Aunado a lo anterior, también se requiere hacer cambios a las metodologías de enseñanza, lo cual es un reto ante el desconocimiento de los docentes o la falta de apoyo de la institución (Abo-Khalil, 2024; Idoiaga et al., 2023).

A menudo, las IES pueden carecer de una visión estratégica y de la voluntad para asumir su responsabilidad social, además de preocuparse por los costos, por lo que, en lugar de procurar la salud, la seguridad y la integración de la sustentabilidad en el tejido social., prefieren adquirir ventajas competitivas (Leal Filho et al., 2019). Estrategias como la capacitación de los docentes, la adquisición de materiales educativos y la ejecución de proyectos de sustentabilidad implican el uso de recursos financieros (Abo-Kahlil, 2024; Idoiaga et al., 2023) que pueden ser aún más difíciles de conseguir en instituciones públicas con presupuestos limitados.

Los principales factores que influyen en el comportamiento de los estudiantes hacia la sustentabilidad incluyen la cultura universitaria, el liderazgo universitario, la educación orientada a la sustentabilidad, el conocimiento sobre la sustentabilidad, la actitud personal y el grado de compromiso con prácticas sustentables (Mohammadi et al., 2023), estando todas de alguna manera interrelacionadas y, por lo tanto, siendo interdependientes (Figura 3), reafirmando la necesidad de un enfoque holístico en la implementación de la sustentabilidad.



Fuente: Mohammadi et al. (2023)

Figura 3. Modelo de transición de las IES hacia la sustentabilidad

Se ha sugerido que los factores macro-ambientales, es decir, los desafíos externos que no puede controlar la organización también afectan la implementación de la responsabilidad social, tales como las condiciones económicas adversas en la comunidad –que pueden relacionarse con recursos limitados en la institución-, altas tasas fiscales y los retos ambientales (Mohammadi et al., 2023), como el cambio climático, la contaminación y la degradación de los recursos naturales.

Adicionalmente, a pesar de que existen esfuerzos en la implementación de los ODS en las IES, tal como en la integración del concepto de sustentabilidad, aún hay ciertas dificultades para comprometer a la comunidad con los ODS, reconocer los beneficios que aportan, integrar los ODS a los programas educativos, y para conseguir los recursos necesarios para integrarlos en todas las actividades universitarias, además de las resistencias al cambio, la falta de la estructura y liderazgo necesarios para coordinar la implementación de los ODS, un bajo interés en la investigación relacionada a los objetivos, la falta de capacitación de la comunidad universitaria, la sobrecarga de trabajo de los académicos, la falta de colaboración entre instituciones y con otros organismos en proyectos enfocados a los ODS, la falta de incentivos por parte del gobierno, y la complejidad de los ODS acompañada de la percibida baja relevancia de estos en algunos cursos (Serafini et al., 2022).

2.6 Contribución de las Instituciones de Educación Superior ante el cambio climático

De acuerdo con la IPCC, (2023), el cambio climático (CC) es un cambio persistente en el estado del clima, durante un período de tiempo prolongado, que puede ser identificado por cambios en la media y/o en la variabilidad de sus propiedades, pudiendo atribuirse a los

procesos naturales, como las erupciones volcánicas, la actividad solar, el movimiento de las placas tectónicas, los cambios en la órbita y las corrientes oceánicas (Turrentine, 2022), o a la intervención humana, a través de los cambios en la composición atmosférica y en el uso de suelo.

Por otro lado, el calentamiento global es una consecuencia del cambio climático, y se refiere al aumento de la temperatura de la superficie terrestre, que se promedia en periodos lo suficientemente largos como para evitar el ruido estadístico causado por las variaciones interanuales, con respecto a un periodo de referencia, que suele ser la época preindustrial (1800-1950). Dado lo anterior, el cambio climático abarca el espectro más amplio de los cambios que están sucediendo (IPCC, 2023).

De acuerdo con el Reporte sobre Cambio Climático de 2023 de la IPCC (2023), las actividades antropogénicas han derivado en el calentamiento global, elevando la temperatura global 1.1°C, en el periodo de 2011-2020, por sobre la temperatura del periodo de 1850-1900, esto debido principalmente a la liberación de GEI producto del uso insostenible de la energía, el uso de suelo y el cambio de uso de suelo, los estilos de vida, y los patrones de consumo y producción entre las regiones, países e individuos.

Las afectaciones del cambio climático pueden incluir, entre otras consecuencias, las ondas de calor, cambios en la distribución geográfica de los climas, el aumento en el nivel del mar, sequías, inundaciones; cambios en la distribución, comportamiento y ciclo de vida de las diferentes especies; la disminución de la productividad en el sector agropecuario y los servicios ambientales, sequías, afectaciones a la disponibilidad de agua potable en cantidad y calidad, inundaciones, y afectaciones al suelo (erosión, salinización, desertificación), con consecuencias en la salud, la vulnerabilidad de la población, la empleabilidad y la educación (European Commission, n.d.). El cambio climático es, probablemente, el reto más apremiante para la sustentabilidad en el siglo XXI.

Las IES son una pieza clave en la atención al cambio climático, debido a que constituyen algunos de los principales sitios para la generación, comunicación y validación de los conocimientos acerca de este fenómeno, además de formar a profesionales y proveer servicios a la comunidad y al gobierno, funcionando como pequeñas sociedades y economías. Debido a esta complejidad en sus características, su impacto también lo es. Por un lado, las IES proporcionan un mejor entendimiento del cambio climático y las estrategias de mitigación o adaptación para afrontarlo, pero al mismo tiempo, desarrollan la ciencia y la tecnología que hace posible continuar con la explotación y uso de los combustibles fósiles (McCowan, 2020).

La mitigación consiste en implementar acciones sobre las causas del cambio climático. Estas se concentran en reducir o prevenir las emisiones de GEI a la atmósfera desde las fuentes principales, como granjas, medios de transporte, plantas eléctricas y fábricas, o mejorando la capacidad de los sumideros para absorber el carbono, tales como el suelo, el océano y los bosques (EEA, 2024). El papel de las IES en este caso sería desarrollar investigación e innovaciones en torno a la eficiencia energética, la captura de carbono, las energías renovables, la geoingeniería, y otras estrategias, así como en la concientización del estudiantado para motivarlo a actuar (McCowan, 2020)

La adaptación, en cambio, se refiere a la anticipación a los efectos adversos del cambio climático, y por ende a prepararse para afrontarlos a través de la prevención o la

minimización de los impactos, o incluso tomando ventaja de las oportunidades que se presenten (EEA, 2023). En este caso, las IES pueden ofrecer sus conocimientos para sensibilizar a la población y construir las capacidades requeridas para adaptarse al cambio climático, en términos de los cambios en el estilo de vida, las actividades económicas, la vivienda, los servicios de salud y otras actividades (McCowan, 2020).

Los desafíos que enfrentan las IES en torno al cambio climático son que, a pesar de que cada vez son más las instituciones que reconocen la crisis climática actual, aún se requiere mayor participación de este sector, y en ocasiones las acciones se ven entorpecidas por la disminución en el financiamiento público, un clima competitivo entre y dentro de las IES que desmotiva la colaboración, la diversidad en los intereses y capacidades de las IES para promover la sustentabilidad efectivamente, la contraposición entre académicos y departamentos que trabajan en promover la sustentabilidad y los que fomentan actividades que exacerbaban la crisis, y colaboraciones con entes privados que pretenden transmitir una imagen sustentable sin serlo (Kelly et al., 2022), además de otras controversias.

2.6.1 Medidas desde las funciones sustantivas

Tal como sucede en el caso de la sustentabilidad, uno de los retos principales en las IES para atender el cambio climático es la implementación de medidas, en primer lugar, desde sus funciones de gobernanza, a través de la generación de estatutos de distintos tipos que puedan servir como un eje rector del resto de las actividades de las instituciones.

Los estatutos pueden abordar temas como la gestión de riesgos, la gestión ambiental, políticas estratégicas climáticas y de sustentabilidad, políticas de calidad (que pueden incluir la EDS y la integración de principios de sustentabilidad), políticas de financiamiento, códigos de ética y regulaciones ambientales, entre otros múltiples documentos (Gallagher-Cooke, 2023). Autores como Kautto et al. (2018) sugieren a las IES incorporar la adaptación al cambio climático dentro de sus procesos de planificación y gestión de riesgos, a través de la experiencia académica interna para mapear los impactos del CC y la colaboración con externos para la obtención de recursos.

La adopción de metas o prácticas para la descarbonización de las IES se ha vuelto cada vez más frecuente, desde la búsqueda de operaciones bajas en carbono hasta la innovación educativa, integrando el CC en el currículo y fomentando un estilo de vida más consciente (Leal et al., 2023).

El cambio climático por lo regular se toma en cuenta dentro de las políticas de sustentabilidad de las IES, no suelen crearse políticas exclusivas para este tema, como en el caso de la Universidad de California que lo incluye dentro de su Política de Prácticas de Sustentabilidad, mencionándolo directamente como Acción Climática, pero integrándolo en general en todas sus áreas, como diseño de edificios, transporte y energías limpias (UC, 2024), o en la Política de Sustentabilidad de la Universidad de Magallanes, en la que incluso se toma en cuenta la seguridad ocupacional (UMAG, 2020).

Aunque las políticas en torno al CC son cada vez más frecuentes, aún faltan esfuerzos. Aunque las IES en E.U. han incluido cada vez más contenido sobre CC, la gran mayoría de instituciones en dicho país aún no cuentan con una política de esta naturaleza (MECCE Project & NAAEE, 2023) a pesar de que E. U. es uno de los principales emisores de GEI.

Los Planes de Acción Climática (PAC) son documentos estratégicos para abordar y mitigar los efectos del cambio climático, con medidas específicas, y objetivos a corto, mediano y largo plazo para la reducción de emisiones y para aumentar la resiliencia frente a los impactos climáticos. También pueden denominarse programas en lugar de planes.

Dentro de las IES, los PACs pueden concentrarse sobre las operaciones en el campus, como el PAC de la Universidad de la Columbia Británica (UBC Vancouver Climate Action Plan 2030), que se ha propuesto reducir este tipo de emisiones en un 85 % para 2030, hasta llegar al 100 % en 2035, e incluso una reducción del 45 % de sus emisiones indirectas (transporte, alimentos, residuos y materiales) para 2030 (UBC, n.d.). También existen planes que toman en cuenta el aspecto educativo y de investigación, como es el caso del PAC de la Universidad de Boston (Boston University's Climate Action Plan), que además de proponerse alcanzar la neutralidad de carbono para 2040 y disminuir sus emisiones indirectas, ofrece cursos sobre temas de sustentabilidad y el programa Campus Climate Lab para el desarrollo de proyectos (BU, 2017).

Hay otras instituciones que tienen PACs mayormente concentrados en establecer las bases para comenzar a determinar las estrategias de reducción de emisiones, como el PAC-UNAM 2019-2024, que plantea el establecimiento de las bases para elaborar una Estrategia Universitaria Contra el Cambio Climático, que sirva posteriormente para elaborar proyectos que construyan capacidades de adaptación y mitigación, y un Proyecto de Acciones Climáticas (PINCC, 2021).

Se han presentado otros esfuerzos para atender el cambio a nivel regional, tales como la Coalición por el Cambio Climático Universitaria (UC3) entre E. U., Canadá y México, para colaborar en iniciativas de acción climática en sus campus, comunidad y a escala global (Hernández, 2021; Second Nature, n.d.), y a nivel internacional, a través de la iniciativa global Race To Zero (Carrera hacia cero) en el que las IES firman un compromiso para reducir sus emisiones a cero, elaboran un plan de acción, ejecutan dicho plan, y publican sus resultados (Race To Zero, n.d.).

Las estrategias para la descarbonización que han implementado las IES incluyen las asociaciones entre IES y entidades del sector privado para la financiación, instalación y operación de sistemas de energía solar; energías renovables; el uso de vehículos eléctricos como parte de su flota de transporte; plantación de árboles; mejoras en la eficiencia energética (reemplazo de luminarias y equipos eléctricos como aires acondicionados, p. ej.); inventarios de arbolado y jardinería comunitaria; edificios de baja emisión de carbono o similares; la desinversión en combustibles fósiles; entre otras medidas (Leal et al., 2023).

El entendimiento del cambio climático es complejo, tal como sucede con la sustentabilidad, por lo que es importante identificar los conceptos erróneos que pudieran estarse acarreado y garantizar el entendimiento de las causas y consecuencias de este fenómeno, además de ayudar a los estudiantes a convertirse en ciudadanos activos y críticos, capaces de ser agentes de cambio (Leal et al., 2023). Con el fin de proporcionar todas estas herramientas a los estudiantes, se han desarrollado distintas técnicas de enseñanza-aprendizaje centradas en los alumnos, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Metodologías de enseñanza-aprendizaje.

Metodología	Descripción	Referencia
-------------	-------------	------------

Aprendizaje basado en problemas	Enfoque colaborativo y participativo centrado en el estudiante, que le brinda las competencias y habilidades prácticas de resolución de problemas en un contexto de sustentabilidad, explorando escenarios de la vida real.	Bessant et al. (2014)
Aprendizaje basado en indagación	Inicia con una pregunta propuesta por los estudiantes o basada en sus intereses, sobre la que luego se reflexiona y discute, para llegar a un conocimiento, por lo que se genera una actitud orientada a la investigación.	Kolano-Law & Anja-Bettina (2024)
Gamificación	Consiste en la aplicación de elementos y principios del diseño de juegos en entornos educativos para mejorar el aprendizaje. Sus tres componentes son elementos de juego (puntos, niveles, medallas, narrativas), dinámicas de juego (competencias, desafíos, recompensas) y tecnología (plataformas digitales y aplicaciones).	Alzahrani & Alhalafawy, (2023)
Estudios de caso participativos	Es una modalidad de investigación de casos de estudio en la que se involucra a los participantes, grupos locales o a la comunidad durante todo el proceso de investigación, desde la conceptualización del trabajo, hasta su elaboración y la difusión de sus resultados, promoviendo la colaboración, el compromiso y la interpretación de los resultados en la práctica.	Reilly (2010)

Fuente: Elaboración propia.

La educación sobre el cambio climático se ha integrado de cuatro formas distintas en los programas educativos de las IES: sesiones individuales, cursos o módulos agregados a las estructuras actuales; mediante la especialización, creando módulos, cursos o grados específicos; a través de la integración transversal, que incluye el cambio climático en los programas educativos completos; con un enfoque transdisciplinario, ofertando cursos de CC a todos los estudiantes, integrando contenido de diferentes disciplinas (Molthan-Hill et al., 2019).

La investigación sobre cambio climático tiene antecedentes desde 1896, con el estudio pionero de Svante Arrhenius sobre un modelo de equilibrio de energía en la atmósfera, hasta llegar a los 120,000 artículos en 2015, observando el desarrollo de nuevas temáticas según las necesidades de la sociedad, tales como la ciencia de atribución, que permite establecer relaciones de causa-efecto entre las emisiones de GEI y los eventos relacionados al clima (Suart-Smith et al., 2021); el impacto de la salud social en el CC, la incorporación de conocimientos ecológicos tradicionales y perspectivas indígenas; y una cantidad cada vez mayor de estudios sobre adaptación, con enfoques como la adaptación basada en comunidades e investigación participativa (Leal et al., 2023).

Además, las investigaciones han pasado de realizarse individualmente a ser realizadas en centros de investigación con un enfoque interdisciplinario, con mayor involucramiento de distintos actores de la sociedad, llevando a investigaciones colaborativas, desarrollando incluso iniciativas a nivel internacional con la participación de varias instituciones, facilitadas por las agencias de financiación (Leal et al., 2023).

Sin embargo, gran parte de la investigación se ha inclinado hacia la búsqueda de estrategias de adaptación y mitigación a través de STEM, con un subdesarrollo de las ciencias sociales en tema de CC. No obstante, las ciencias sociales son importantes para atender las causas y diseñar las soluciones para resolver la crisis ambiental actual, a través de estudios en psicología, política, sociología y cultura. La situación actual ha llevado al

sector académico y político a replantearse la configuración del sistema global, y a proponer una transformación socioeconómica concentrada en el bienestar humano y los límites planetarios en lugar del crecimiento económico (Kelly et al., 2022).

2.6.2 Planeación estratégica de la infraestructura

Los efectos del cambio climático también se ven reflejados en la infraestructura. Sucesos como el incremento en el nivel del mar, marejadas ciclónicas y fuertes precipitaciones, aunadas al desarrollo económico en zonas portuarias, están dañando carreteras, edificios, complejos industriales e incluso instalaciones militares. Al interior del territorio, los cuerpos de agua incrementan su volumen luego de las intensas precipitaciones y el derretimiento de las capas de nieve acumulada, por lo que también pueden exceder los límites de protección de inundaciones que fueron originalmente diseñados tomando en cuenta condiciones históricas. El calor extremo también afecta la integridad de la infraestructura de transporte, como las carreteras, vías de tren y las pistas de aterrizaje (Melillo et al., 2014).

A pesar de que cualquier infraestructura está en riesgo de ser afectada por el CC, las medidas de adaptación por parte de las IES son escasas dentro de la literatura. La mayoría de las instituciones se han concentrado en medidas de mitigación, probablemente debido a que históricamente este ha sido el enfoque principal contra el CC, además de que usualmente este tipo de medidas son de largo plazo y pueden requerir inversiones significativas, con resultados que pueden ser difíciles de monitorear (Kautto et al., 2018).

Algunas estrategias específicas dentro de los PACs de las instituciones u otros estatutos son medidas principalmente enfocadas en la reducción de las emisiones, a través del monitoreo del consumo energético, mejorando la eficiencia energética de los edificios, removiendo fuentes de generación de emisiones (MECCE Project & NAAEE, 2023; UBC, s.f.) e incluso promoviendo la renovación de edificios y las regulaciones en la construcción de nuevos edificios (PINCC, 2021; UC, 2024).

También hay IES que, como la Universidad de Boston, llevan sus acciones más allá evaluando la resiliencia de los campus ante el CC, particularmente con la intención de disminuir los costos asociados a la recuperación de eventos climáticos extremos, a través de la adquisición de seguros, barreras de agua y evitar la utilización y construcción de sótanos, y las olas de calor, estableciendo áreas comunitarias con aire acondicionado y la declaración de contingencias. La universidad también reconoce el riesgo latente por la contaminación del aire, para lo cual propone alertas sobre la calidad del aire, además de instar a continuar con las evaluaciones de riesgo (BU, 2017).

En una encuesta internacional a 45 IES (Kautto et al., 2018), solo el 29 % había establecido estrategias de atención o adaptación al cambio climático, como evaluaciones de riesgo y vulnerabilidad, acciones u objetivos en PACs, o con un plan específico para la adaptación, siendo evidente que la planificación sistemática para los riesgos relacionados al clima es escasa, debido a desafíos como los recursos limitados, la falta de priorización sobre la adaptación –al no percibir los beneficios claramente, dada la naturaleza lenta del CC–, y la falta de apoyo institucional.

La base para implementar estrategias de infraestructura resiliente es el acceso a información de alta calidad, datos consistentes y la capacidad de utilizar estos recursos para la planeación, para lo cual se pueden utilizar plataformas y herramientas virtuales que facilitan el acceso a la información (OECD, 2018).

La información puede obtenerse a través de evaluaciones de riesgo que consideren las probabilidades de los eventos y su magnitud potencial, los recursos en riesgo (naturaleza, equipos, suministros, cortes de energía, interrupciones en telecomunicaciones) y los costos de responder a dichos eventos, como recomienda la Universidad de Boston (BU, 2017).

A partir de las evaluaciones de riesgo pueden proponerse estrategias para afrontar los impactos potenciales del cambio climático, que pueden ser abordados desde la gestión (planificación y administración), o a través de medidas estructurales (intervenciones físicas) (OECD, 2018). Rezvani et al. (2023) propone cinco categorías para las estrategias de adaptación: infraestructura física, restauración y protección de los ecosistemas, gestión hídrica y la política y planeación (Tabla 5).

Tabla 5. Estrategias para la adaptación climática de la infraestructura.

Estrategia	Descripción	Aplicación
Infraestructura física	Construcción y adaptaciones a la infraestructura física para asegurar su resistencia a los impactos del cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> • Muros de contención marítimos • Muros contra inundaciones • Renovaciones a los sistemas de aguas pluviales y alcantarillado • Aislamiento térmico de edificios • Materiales de pavimentación termorresistentes • Materiales resistentes al fuego
Restauración y protección de los ecosistemas	Restauración y protección de los ecosistemas, que permiten secuestrar el carbono, reducir inundaciones, brindar protección y crear microclimas frescos	<ul style="list-style-type: none"> • Reforestación • Humedales • Plantación de árboles urbanos • Bancos de semillas • Planificación del uso de suelo
Gestión hídrica	Estrategias de gestión de agua que aseguran la disponibilidad y accesibilidad a este recurso	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de captación de agua de lluvia • Cultivos resistentes a las sequías • Sistemas de captación de agua de lluvia • Cultivos resistentes a las sequías • Sistemas de captación de agua de lluvia • Estrategias de eficiencia de uso del agua • Preservación del agua subterránea
Política y planeación	Las políticas y la planeación permiten y facilitan la implementación de distintas medidas	<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de energía renovable • Incentivos fiscales • Programas educativos

		<ul style="list-style-type: none"> • Políticas de mitigación y adaptación • Marcos de referencia de planeación espacial • Evaluaciones de proyectos y políticas de infraestructura • Estándares regulatorios y económicos
Medidas sociales y sobre la salud	Las medidas sociales y sobre la salud consisten en estrategias para atender a la población impactada por el cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de monitoreo y prevención • Planes de acción para las afectaciones a la salud por el calor • Servicios de emergencia eficientes • Programas de seguridad alimentaria • Sistemas de alerta • Iniciativas de adaptación basadas en la comunidad • Centros de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia con información de Rezvani et al. (2023) y OECD (2018)

2.7 Formulación de indicadores ambientales en las Instituciones de Educación Superior

La definición de un indicador depende en gran medida del sector en el que se aplica, sin embargo, de manera general un indicador es una variable cualitativa o cuantitativa informativa que hace referencia a la medición de resultados de una actividad, que puede estar vinculada a proyectos, programas e intervenciones, de acuerdo con ciertos parámetros (UNODC, 2014). Este tipo de herramientas pueden ayudar a visualizar el estado, la evolución y las tendencias del objeto de estudio a lo largo del tiempo y del espacio, por lo tanto, deben planearse de manera intencional y con cuidado en su proceso de elaboración.

Algunas de las ventajas de estas herramientas, sobre todo en la esfera ambiental, son su capacidad para monitorear el progreso y el desempeño a lo largo del tiempo, detectar tendencias, detectar cambios, comparar resultados, identificar estrategias de mejora y realizar diagnósticos, de manera simplificada y veraz, con la capacidad de incrementar la conciencia sobre el objetivo de estudio, y motivar la toma de acciones (S. E. Da Silva, 2009).

Sin embargo, de acuerdo con Mondragón (2002) los indicadores también tienen ciertas limitaciones, como unificar los intereses de los diferentes actores involucrados para determinar las necesidades de información y las metas, que no todo puede ser medido, la suposición de que las metas de las instituciones están disponibles y se incluyen en planes o programas entre los que existe coherencia, y que dependen de objetivos que pueden cambiar a lo largo del tiempo, por lo que es necesario mantenerlos constantemente actualizados. Además, algunas veces no es posible medir un fenómeno directamente, por lo que se utilizan indicadores proxy, que miden una variable distinta a la que es de interés pero que se relaciona directamente con el fenómeno de estudio (CONEVAL, 2013).

Los indicadores pueden clasificarse de acuerdo con el tipo de medición y proceso estadístico, en cuantitativos o cualitativos, que a su vez pueden subcategorizarse en más tipos, o dependiendo del campo de conocimiento, puesto que pueden utilizarse para estudiar distintos fenómenos complejos en el ámbito social, político, económico, humano y ambiental.

Los indicadores ambientales pueden definirse como aquellos valores o parámetros que proporcionan información sobre temas relacionados con el ambiente, de manera simple, midiendo las presiones ejercidas sobre un componente ambiental, o de manera compleja, incluyendo dimensiones espaciales y temporales (Rodríguez-Ortega & Flores-Martínez, 2008), con un significado que puede ir más allá de su medición (OECD, 2003).

Los indicadores de sustentabilidad son medidas cuantitativas y/o cualitativas que evalúan e interrelacionan los diferentes aspectos del desarrollo sustentable. Dentro de los usos que se dan a estos indicadores están la evaluación de los aspectos y su tendencia a lo largo del tiempo y el espacio, el progreso en el cumplimiento de metas y objetivos, la planeación y comunicación de resultados, la comparación entre sitios, promover la concientización y la participación, y motivar cambios tanto políticos como en el comportamiento (Moreno-Pires, 2014).

En este trabajo se interpreta a un indicador ambiental como una medida cuantitativa o cualitativa que representa el desempeño ambiental de las operaciones de una organización, integrando la perspectiva sustentable en sus mediciones, por lo que además de la dimensión ambiental, también debe considerar los aspectos sociales y económicos asociados.

La utilización de este tipo de indicadores en IES les permite monitorear el progreso de su desempeño en el tiempo, identificar áreas de oportunidad y establecer metas, demostrar su compromiso con la sustentabilidad, facilitar la comunicación de sus esfuerzos y resultados a todos los grupos de interés, facilitar las comparaciones entre instituciones, identificar las prácticas de mayor impacto positivo, motivar las colaboraciones, ayudar en la toma de decisiones estratégica –para asignar recursos, priorizar iniciativas y alinearse a los ODS–, aumentar el compromiso de la comunidad universitaria, e incluso a identificar algunos de los riesgos más importantes a los que se enfrentan (Gómez & Martínez, 2017).

2.7.1 Marco de referencia internacional para indicadores ambientales

Los indicadores se han utilizado en IES para monitorear su desempeño en relación a sus funciones sustantivas, con métricas como el número de estudiantes de nuevo ingreso, las calificaciones de los alumnos y sus contribuciones a la sociedad y la economía (Horan & O’regan, 2021). En la Tabla 6 se concentran algunos de los sistemas más ampliamente utilizados a nivel internacional, con un enfoque sobre aquellos que abarcan a partir de dos dimensiones de la sustentabilidad.

Tabla 6. Sistemas de indicadores internacionales para Instituciones de Educación Superior.

Marco de referencia	Año	Categorías	Alineación con los ODS	Enfoque	Indicadores
ARWU	2003+	Calidad educativa (10 %), calidad de la facultad (40 %), producción de	Ausente	Social	Egresados ganadores de premios Nobel y medallas Fields, artículos publicados en Nature and

		investigación (40 %), desempeño per- cápita (10 %)			Science, desempeño académico per-cápita de una institución
QSSR	2023+	Impacto social (45 %), impacto ambiental (45 %), gobernanza (10 %) Sub-categorías: Equidad, intercambio de conocimientos, impacto de la educación, empleabilidad y oportunidades, salud y bienestar; sustentabilidad ambiental, educación ambiental, investigación ambiental; buena gobernanza	ODS 1-16	Social, ambiental	Política de equidad, diversidad e inclusión; extensión y compromiso con la comunidad; impacto de la investigación en los ODS; preparación para la empleabilidad (percepción de los graduados); servicios de salud en el campus; compromiso con el cambio climático (percepción de trabajadores); compromiso de carbono cero; cursos de ciencia climática y/o sustentabilidad; estadísticas nacionales de investigación en sustentabilidad, cultura ética
QSWUR	2004+	Reputación académica (30 %), reputación del empleador (15 %), relación académicos- estudiantes (10 %), citas por académico (20 %), relación de académicos internacionales (5 %), relación de estudiantes internacionales (5 %), red internacional de investigación (5 %), resultados de empleabilidad (5 %), sustentabilidad (5 %)	Ausente	Social, ambiental	Los indicadores corresponden a las categorías en sí mismas
NWUR	2021	Academia, ambiente, recursos	Ausente	Sustentable	Calidad educativa, volumen de investigación, recursos financieros, datos del World Bank Data (estructura de la población, nivel de desarrollo, colegiaturas, préstamos, PIB), agotamiento de los recursos energéticos, impacto económico del dióxido de carbono
STARS	2009	Academia (68 pts): currículo, investigación; compromiso (50	Alineación poco clara	Sustentable	Oferta de cursos en sustentabilidad, investigación en sustentabilidad, evaluación

		pts): compromiso del campus, compromiso público; operaciones (86 pts): edificios y terrenos, energía y clima, alimentos y comedor, adquisiciones y residuos, transporte; planeación y administración (46 pts): coordinación y planeación, inversión, equidad social, bienestar y trabajo; innovación y liderazgo (10 pts adicionales): innovación y liderazgo			de la cultura de sustentabilidad, uso de agua, manejo ecológico de suelos, uso de energía, diseño y construcción, generación y recuperación de residuos, flotilla de vehículos, programa de inversión en sustentabilidad, paridad de género, salud seguridad y bienestar, innovaciones en alguna de las categorías
THEIR	2019+	ODS 1-17 (ODS 17 – 22 %, 1er ODS de mayor puntaje - 26 %, 2do ODS de mayor puntaje - 26 %)	ODS 1 – 17	Sustentable	Investigación, proporción de graduados y educación en relación a cada ODS; programas y ayuda financiera en tema de pobreza; colaboraciones y servicios de salud y bienestar; acceso de las mujeres a la educación; desperdicio de alimentos; buenas prácticas laborales; patentes; estudiantes con discapacidades; apoyo a las artes y patrimonio; políticas sobre medidas operativas; reportes de sustentabilidad; compromisos de carbono neutral; disposición responsable de residuos y agua
THEWUR	2004+	Docencia (29.5 %), entorno de investigación (29 %), calidad en la investigación (30 %), perspectiva internacional (7.5 %), industria (4 %)	Ausente	Social, económico	Reputación en enseñanza, reputación en investigación, impacto de las citas, colaboración internacional, patentes
TUR	2010	Dimensión de investigación (54.4 %), dimensión educativa (31.7 %),	Ausente	Sustentable	Investigadores altamente citados, gastos en TICS y/o la biblioteca, presencia en línea, relación de

		dimensión ambiental (13.9 %)			estudiantes foráneos, acuerdos ambientales voluntarios, programas orientados a la sustentabilidad, visión y misión de sustentabilidad
UIGMR	2010+	Entorno e infraestructura (15 %), energía y cambio climático (21 %), residuos (18 %), agua (10 %), transporte (18 %), educación e investigación (18 %)	ODS 1 – 17	Sustentable	Relación de área de espacios abiertos con el área total, uso de electricidad per-cápita, número de fuentes renovables de energía en el campus, programa de 3Rs para residuos, descarga de aguas, equipos ahorradores de agua, servicios de transporte, relación de cursos de sustentabilidad con cursos totales, relación de financiamiento en investigación sobre sustentabilidad con el financiamiento total de la investigación

Fuente: Elaboración propia.

El Academic Ranking of World Universities (ARWU) (Shangai Ranking Consultancy, 2023) fue uno de los primeros sistemas de indicadores internacionales, comenzando a aplicarse desde el 2003 y concentrándose principalmente en la investigación hasta la actualidad, con un enfoque sobre la dimensión social, siendo que sus categorías de análisis con mayor ponderación son la de calidad de la facultad (40 %) y producción de investigación (40 %), contemplando indicadores como el número de premios Nobel y Fields ganados por los académicos y el número de publicaciones específicamente en la revista Nature and Science.

Otros sistemas que se concentraron inicialmente en la dimensión social y las funciones más tradicionales de las IES son el Quacquarelli Symonds World University Rankings (QSWUR) y el Times Higher Education, World University Rankings (THEWUR).

Sin embargo, Quacquarelli Symonds desarrolló el QS Sustainability Rankings para evaluar la sustentabilidad de las IES, dando el mismo peso al impacto social (45 %) y al impacto ambiental (45 %), con indicadores como el impacto de la investigación en los ODS y el compromiso con carbono cero, aunque aún tiene deficiencias en la evaluación del desempeño ambiental e indicadores económicos (QS Quacquarelli Symonds, 2025a). Este ranking se integró al primero que desarrolló, como otra categoría más, pero con una de las ponderaciones más bajas (5 %); el mayor peso se asigna a la reputación académica (30 %), que depende de las perspectivas de los expertos recolectadas mediante encuestas (QS Quacquarelli Symonds, 2025b).

Por otro lado, Times Higher Education desarrolló el THE Impact Rankings (THEIR), enteramente enfocado en evaluar el desempeño de las IES hacia el cumplimiento de los ODS, utilizando a estos mismos para categorizar sus indicadores, proponiendo indicadores de acciones poco abordadas por las IES como los programas y la ayuda financiera para

atender la pobreza entre su comunidad universitaria, el desperdicio de alimentos, el arte y el patrimonio, y la integración de todos los ODS en la investigación y educación, buscando además puntuar a las IES de manera más equitativa, al evaluar el cumplimiento de cada ODS individualmente, pero asignando la puntuación total a partir de la suma del puntaje del ODS 17 con los dos ODS de mayor puntaje (THE, 2024).

En 2009, la Universidad de Indonesia convocó una Conferencia Internacional sobre la Clasificación Mundial de Universidades, a la que asistieron diversos expertos en rankings y se organizaron debates en los que se llegó a la conclusión de que los criterios que se estaban utilizando en ese entonces no eran los más adecuados debido a que pasaban por alto los esfuerzos de las IES en torno a la reducción de su impacto climático. A partir de la conferencia, surgió el sistema de UI Green Metric Rankings (UIGMR) con aplicación internacional y actualizaciones anuales de acuerdo con las necesidades que se van identificado (Universitas Indonesia, 2023).

Actualmente, UIGMR es uno de los más utilizados y ha logrado incluir la dimensión ambiental dentro de las funciones sustantivas de las IES, con un enfoque especial en el impacto climático de las instituciones, al tomar en cuenta que las acciones en torno a los residuos y al transporte, por ejemplo, pueden impactar positivamente al clima, además la categoría específica para energía y cambio climático representa la de mayor importancia para este sistema (21 %)(UIGMR - UI GreenMetric World University Rankings, 2024). A partir de 2021, este ranking también comenzó a incluir la clasificación de sus indicadores de acuerdo con los ODS (UIGMR, 2021).

El Three dimensional University Ranking (TUR) también destaca porque a pesar de haber sido una propuesta teórica previa a la publicación de los ODS, fue uno de los primeros sistemas en contemplar el aspecto ambiental como parte de sus evaluaciones, aunque con una baja ponderación (13.9 %) frente a la investigación (54.4 %) y la educación (31.7 %), además de no contener a la dimensión económica (Lukman et al., 2010).

El Novel World University Ranking fue una propuesta teórica publicada en 2021, que combinó los sistemas de ARWU, QS, THE y el U. S. News & World Report, un ranking específico para IES estadounidenses, para elaborar indicadores académicos, y la información de la Base de Datos del Banco Mundial, para los indicadores sobre ambiente y recursos, por lo que tiene un fuerte componente de datos demográficos y económicos. En cuanto a la dimensión ambiental, aborda indicadores sobre áreas protegidas terrestres, minerales, bosques, importación de combustibles, importación de alimentos y cálculo de daños por dióxido de carbono (Lin & Chen, 2021).

El cambio en la percepción del papel de las IES en la construcción de sociedades más sustentables puede verse reflejado en la evolución de los sistemas de indicadores, que comenzaron por preocuparse únicamente por la enseñanza y la investigación a principios de los 2000s, para después incorporar el impacto de las operaciones y las políticas asociadas, además de la EA y la EDS a partir de la segunda década del siglo.

2.7.2 Marcos de referencia en herramientas de evaluación de la sustentabilidad

Existen diversas herramientas para evaluar la sustentabilidad en IES, de manera cualitativa y cuantitativa, incluyendo distintos parámetros de evaluación, ya sea centrándose en las funciones sustantivas de las IES, o en categorías de sustentabilidad con un enfoque mayor

sobre las operaciones de las instituciones sin descuidar el resto de sus actividades, como se observa en la Tabla 7.

Tabla 7. Herramientas de evaluación de la sustentabilidad en Instituciones de Educación Superior

Marco de referencia	Año	Categorías	Enfoque	Indicadores
AISHE	2000-2001	Planeación: Visión y política (nivel 1-5), conocimiento especializado (nivel 1-5); acción: metas educativas (nivel 1-5) y metodología (nivel 1-5), contenido educativo (nivel 1-5); revisión: evaluación de resultados (nivel 1-5)	Social, ambiental	Visión, política, gestión ambiental interna, redes, plan de desarrollo del personal, perfil de los graduados, metodología educativa, currículo, integración de resolución de problemas, nivel de percepción del personal y alumnado sobre la Sustentabilidad
AMAS	2015	Compromiso institucional: declaración, estrategias, coordinación; establecimiento de ejemplo/liderazgo: diversidad y equidad, consumo de recursos, experiencia en el campus; y progreso en la sustentabilidad: educación, investigación, participación Pública	Sustentable	Compromisos de sustentabilidad firmados, plan de sustentabilidad, coordinación de la gestión ambiental, estudiantes con perfil de bajos recursos, consumo energético, consumo de agua, programa de reciclaje, investigación en sustentabilidad, colaboración de sustentabilidad inter-campus
COMPLEXUS	2013	Identidad institucional, educación, investigación, extensión y difusión, vinculación	Sustentable	Perspectiva ambiental y de sustentabilidad en la política institucional, programas de educación continua en ambiente y sustentabilidad, grupos multidisciplinarios de investigación en temas de ambiente y sustentabilidad, programas y proyectos de difusión
GASU	2006	Economía: impactos económicos directos; ambiente: ambiente; social: prácticas laborales y trabajo decente, derechos humanos, sociedad, responsabilidad sobre productos; educación: currículo, investigación, servicio	Sustentable	Costo de los bienes y servicios adquiridos, pagos totales y beneficios, subsidios recibidos, cantidad de materiales utilizados, uso de energía por fuente, uso total de agua, cantidad total de terreno, programas de protección y restauración de ecosistemas y especies en áreas degradadas, emisión de GEI, desempeño de proveedores, incidentes y multas por incumplimiento,

				cursos en desarrollo sustentable, investigación en sustentabilidad
PFSI	2021	Energía, emisión de GEI, residuos, agua, transporte y educación e investigación, gestión y gobernanza	Sustentable	Consumo de energía, emisiones GEI, secuestro de carbono o cobertura forestal/vegetal, generación de residuos, consumo y descarga de agua, traslado, educación e investigación en sustentabilidad, política de sustentabilidad
QMEP	2021	Institucional, legal, energía y cambio climático, huella de agua, residuos sólidos y desechos; sustancias, materiales y residuos peligrosos; planeación, gestión del suelo y diversidad biológica; aspectos sociales/alimentos, enseñanza e investigación, consumo económico/ sustentable Puntuación para cada indicador: rojo (0-1), amarillo (2-3), verde (4-5)	Sustentable	Política ambiental, manual de procedimientos en temas ambientales, consumo anual de energía, edificaciones verdes, transporte interno, instrumento de gestión del agua, tratamiento de aguas residuales por uso o destino final, instrumento de gestión de residuos y desechos, uso de residuos de jardinería; protocolos de manejo de sustancias, materiales y residuos peligrosos; programas de conservación biológica alineados a planes nacionales, responsabilidad social en políticas, origen de los alimentos, materias relacionadas al ambiente, número de publicaciones en ambiente y sustentabilidad
SAQ	2009	Currículo, investigación y erudición, operaciones, desarrollo y recompensas del personal docente y administrativo, extensión y servicio, oportunidades para el estudiantado; administración, misión y planeación	Sustentable	Cursos ofertados sobre sustentabilidad, cantidad de investigación o erudición en sustentabilidad, construcción y renovación con principios verdes de diseño, conservación de agua y energía, reducción de residuos, paisaje sustentable, conocimientos en sustentabilidad como criterios de contratación, colaboraciones con otros niveles educativos, sitios sustentables para estudiantes, compromiso con la sustentabilidad

Una de las primeras herramientas más citadas para la evaluación de la sustentabilidad es el Auditing Instrument for Sustainability in Higher Education (AISHE) (Roorda, 2001), sin embargo, esta se centra en las políticas, la educación y la investigación, mientras que aborda la gestión ambiental de manera general sin especificar el tipo de temas que deberían de incluir las IES. Cada indicador se divide en cinco etapas para determinar el nivel de su cumplimiento: 1) actividad aislada, 2) forma parte de un proceso, 3) forma parte de un

proceso con retroalimentación, 4) forma parte de una cadena de procesos, y 5) forma parte de la sociedad, por lo que este modelo resulta útil para medir el progreso en la escala de adopción de medidas, para buscar que tengan un mayor impacto positivo.

Un instrumento similar al AISHE fue el desarrollado por Lozano (2006), quien creó el Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU) al agregar las dimensiones de educación e investigación a la herramienta Global Reporting Initiative (GRI), utilizada originalmente para reportar la sustentabilidad en empresas. El autor encontró que la mayoría de los indicadores de dicha herramienta eran útiles a las IES, sin embargo, no especificó cuáles eran aplicables y cuáles no, por lo que queda a interpretación de quien utilice el GASU. El modelo GASU cuenta con una perspectiva sustentable que solo carece de indicadores sobre infraestructura.

Las herramientas de evaluación de sustentabilidad no solo se dan a través de indicadores, sino que también pueden utilizarse cuestionarios para determinar la información existente y el desempeño, tal es el caso del Sustainability Assessment Questionnaire (SAQ), desarrollado por la University for a Sustainable Future (ULSF, 2009), y el cuestionario elaborado por Villalba & Useche (2021), que caracteriza el desempeño ambiental y al que se denominará QMEP (Questions Menu for Environmental Performance). Ambos se caracterizan por su enfoque en todas las dimensiones de la sustentabilidad.

El SAQ consta de preguntas abiertas y cerradas, diseñadas para aplicarse a un grupo de representantes integrados por miembros estudiantiles, docentes, personal y la administración, quienes deben tener conocimientos asociados a las preguntas del cuestionario. Este ejercicio sirve para que las instituciones puedan discutir sobre las medidas que es necesario tomar para mejorar su desempeño (ULSF, 2009).

El QMEP está integrado por múltiples preguntas abiertas en cada categoría de análisis, que son puntuadas con respecto a su cumplimiento a través del método del semáforo, en donde la ausencia del indicador (0 puntos) o si el indicador se encuentra apenas en proceso de construirse (1 punto), se asigna el color rojo, si la construcción del indicador es incipiente (2 puntos) o se está trabajando de manera un poco más significativa en construir el indicador, se asigna el color amarillo, y si el indicador existe con un cumplimiento deficiente (4 puntos) o el indicador existe y es cumplido a cabalidad (5 puntos), se asigna el color verde (Useche & Villalba, 2021).

La organización mexicana (COMPLEXUS, 2013) desarrolló un conjunto de indicadores para medir la contribución de las IES al desarrollo sustentable, en su manual incluye detalladamente todas las consideraciones que deben tomarse a la hora de aplicar los indicadores, como los temas ambientales a los que se refiere cuando habla de gestión ambiental, por ejemplo. Esta herramienta puede ser muy útil tanto para identificar áreas de oportunidad como para medir las acciones que ya se están implementando, ofreciendo distintas unidades de medida para cada indicador.

El Adaptable Model for Assessing Sustainability in higher education (AMAS) también cuenta con una perspectiva sustentable, aunque carece de indicadores relacionados con el entorno (o paisaje), la infraestructura y el transporte, pero ofrece diversos indicadores relacionados a los aspectos de gobernanza de las instituciones, como la sustentabilidad en la misión y visión, declaraciones de sustentabilidad, coordinación de la sustentabilidad y planeación de la sustentabilidad (Urquiza Gómez et al., 2015).

La herramienta Practical Framework of Sustainability Indicators Relevant to All Higher Education Institutions (PFSI), elaborada por Horan & O’regan (2021), destaca particularmente porque a pesar de que sus categorías abarcan todos los temas relevantes en cuanto a sustentabilidad en IES, todas se relacionan muy cercanamente con la medición de los impactos y las acciones en torno al cambio climático. Este modelo además contempla el uso de información publicada por el gobierno para construir los indicadores, aunque la disponibilidad de la misma puede variar entre países. La forma de evaluación de estos indicadores es a través de la información directa que proporcionan, en cantidades absolutas o relativas, por lo que la medición del progreso puede ser un poco más compleja a diferencia de las herramientas que utilizan escalas de evaluación.

2.8 Escenario ambiental actual del municipio de Mexicali

La capacidad que tienen las Instituciones de Educación Superior para mejorar su desempeño ambiental se ve influenciada por su entorno local, que puede presentarle tanto oportunidades como retos. No obstante, simultáneamente las IES pueden influir positivamente en su entorno, por lo que es importante abordar las principales problemáticas ambientales a las que se enfrentan. Particularmente, en el municipio de Mexicali se presentan retos frente a la gestión de residuos, del agua, y la energía y cambio climático, como se aborda a continuación.

2.8.1 Retos en la gestión de los residuos

A nivel estatal, la gestión de residuos constituye un desafío, tomando en cuenta que se genera un estimado de 3,535 toneladas de residuos diarios, de los cuales se recolecta el 90.66 %, pero cuyas opciones dentro de los sitios de transferencia se limitan al trasvase, almacenamiento temporal y/o trituración, además de que el estado no cuenta con plantas de tratamiento. Los residuos se llevan a sitios de disposición final, de los cuales 25 son no controlados, dos son sitios controlados y dos son rellenos sanitarios (INECC, 2022).

A nivel municipal Mexicali presenta problemas para controlar el destino final de los residuos, debido a que las capacidades y la regulación del sistema son insuficientes, además de que el paisaje físico, las prácticas de la población, la abundancia de los residuos de corta vida útil (ropa, calzado, artículos domésticos), y la falta de recolección en colonias periféricas y rurales, han llevado a que se utilicen terrenos baldíos, cuerpos de agua, parcelas abandonadas, cañones y cañadas para desechar los residuos, lo que también ha facilitado la generación de incendios que contaminan el aire y afectan la salud (Gobierno del Estado de Baja California, 2023c).

En el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, se reporta la ausencia de un programa municipal para RSU, además de infraestructura deficiente en la forma del Centro de Transferencia “El Paraíso” (que no cuenta con separación de residuos) y dos rellenos sanitarios, el Relleno Sanitario San Felipe, con control de acceso, control en la admisión de residuos y compactación y recubrimiento, y el Relleno Sanitario Ejido Benito Juárez, que solo cuenta con compactación y recubrimiento, y ninguno de los SDF tiene la infraestructura básica de protección ambiental que establece la ley (SEMARNAT, 2020), además de que se han identificado al menos seis basureros no autorizados en los que 24% de los residuos son RSU (Gobierno del Estado de Baja California, 2023c), por lo que puede hablarse de un problema estructural en la gestión de residuos.

Para los Residuos de Manejo Especial, de acuerdo con el Programa Estatal de Protección al Ambiente 2022-2027 (Gobierno del Estado de Baja California, 2023c), los rellenos municipales no admiten residuos como los de línea blanca, por lo que se ha acondicionado el Centro de Transferencia “El Paraíso” para recibir los RME, pero ha sido insuficiente. Este panorama ha llevado a que los RME representen un 76 % de los residuos depositados en sitios no autorizados, compuestos principalmente de escombros, tierra y neumáticos.

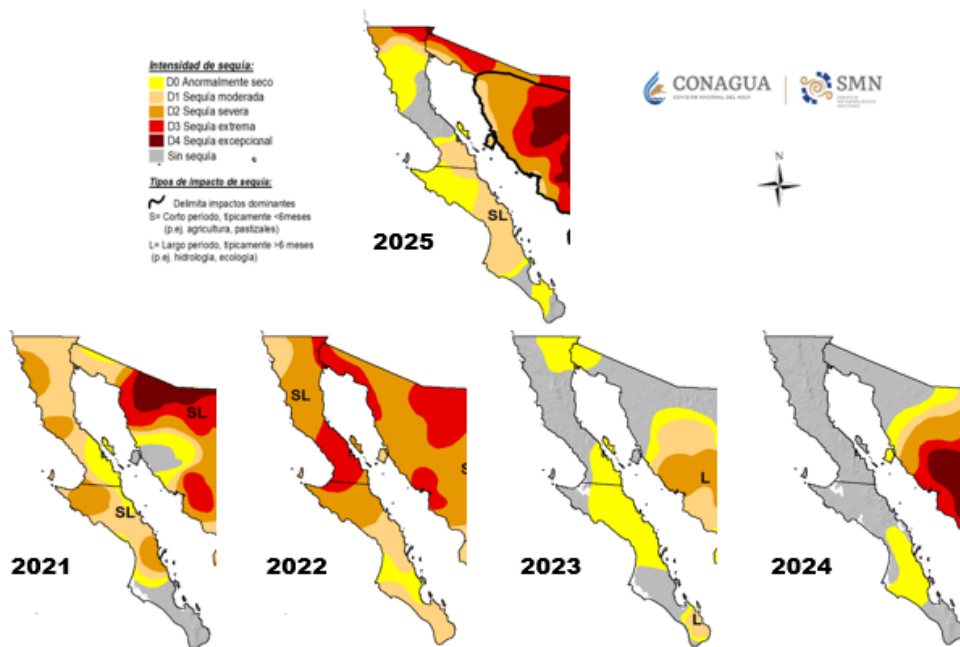
En este contexto, la atención a RME es especialmente importante, tomando en cuenta que se generan en grandes volúmenes, y que por ende pueden resultar en impactos y retos mayores, además de que existe la posibilidad de darles un segundo uso y/o de enviarlos a distintos sitios para recuperar materiales como metal (cobre, níquel, estaño) y metales preciosos (oro, platino, paladio), de modo que también se eviten los efectos tóxicos que estos pudieran ocasionar (SEMARNAT, 2019).

De acuerdo con la SEMARNAT (2020), Baja California cuenta con infraestructura para el manejo de RP, conformada por 54 empresas de recolección y/o transporte, 25 de almacenamiento y acopio, 21 de reciclaje, una de coprocesamiento, cuatro de tratamiento, una de incineración, una de aprovechamiento y cuatro de tratamiento ex situ de RPBI. Además de que el estado es uno de los que tienen la mayor cantidad de empresas registradas como generadoras, con una masa de 20,001 - 100,000 toneladas (SEMARNAT, 2019). No obstante, la gestión de RP dentro del municipio de Mexicali es poco clara, aunque sí se cuenta con empresas registradas dentro del padrón de proveedores de servicios y se ha reconocido que este tipo de residuos también se disponen frecuentemente en sitios no autorizados (Gobierno del Estado de Baja California, 2023c).

El inadecuado o ineficiente funcionamiento de los sistemas de manejo de residuos pueden afectar tanto de manera directa como indirecta al ambiente y la salud en todas las etapas del proceso. La liberación de residuos al ambiente de manera indiscriminada se asocia con emisiones de GEI como el CH₄, lixiviados, olores, la proliferación de vectores de enfermedades, el bloqueo de tuberías y drenajes que producen inundaciones, la asfixia de animales, y en general, la contaminación del aire, el suelo y el agua (Abubakar et al., 2022). Estos efectos, aunados al volumen cada vez mayor de residuos y la complejidad en la composición de los mismos (UNEP, s.f.), posiciona a la gestión de residuos como uno de los aspectos ambientales más importantes en la actualidad.

2.8.2 Retos en la gestión del agua

En Baja California, el 93.72 % de la superficie presenta un clima seco o muy seco, con una precipitación media anual de apenas 196 mm (Gobierno del Estado de Baja California, 2023b), condiciones que favorecen escenarios recurrentes de sequía. En la Figura 4 se observa que, durante los últimos cinco años, las categorías han ido de anormalmente seco a sequía extrema, a excepción del 2024 (SMN, 2025).



Fuente: Sistema Meteorológico Nacional (SMN) (2025).

Figura 4. Intensidad de sequía en Baja California, 15 de junio del periodo 2021-2025.

En Mexicali el clima cálido-seco predomina en el 47 % del territorio (el Valle y la Ciudad), seguido del clima semi-cálido (37 %) (en la parte central), el clima templado-seco (6%) y el clima templado-semi-seco (10 %) (GCoM, 2024), con una temperatura media anual de 24.3°C, pero temperaturas extremas que pueden sobrepasar los 40°C en verano. Por otra parte, la precipitación promedio anual es de 78.7 mm (INEGI, 2024).

La principal fuente de abastecimiento en Baja California es el Río Colorado, regulado por el Tratado de Aguas de 1944 con Estados Unidos, que otorga a México 1,850 millones de metros cúbicos anuales. No obstante, debido a la sequía a nivel de cuenca binacional y a los acuerdos establecidos en el Acta 323 (2017) y el Acta 330 (2024), se han implementado reducciones que derivaron en que 2025 sea el cuarto año consecutivo con menor entrega, quedando en 1,504 millones de metros cúbicos (Sandoval et al., 2024). Además, el agua subterránea constituye otra fuente relevante de agua, siendo un total de 48 acuíferos administrativos, aunque el 29.2 % presentan déficit, el 14.6 % problemas de intrusión marina y 6.3 % han sido afectados por la salinización. Específicamente, en Mexicali el 95 % del agua proviene del Río Colorado y el 5 % restante de pozos de agua subterránea (Gobierno del Estado de Baja California, 2023b).

Por otro lado, aunque las lluvias sean escasas, el manejo del agua pluvial es relevante en el municipio de Mexicali porque, además de estar abundantemente pavimentado en algunas zonas, tener escasa vegetación y suelos compactos, no cuenta con sistemas de drenaje suficientes para el agua de lluvia (Guerra, 2025), tomando en cuenta que se tienen 1,050 kilómetros de tuberías de alcantarillado pluvial (Gobierno del Estado de Baja California 2021), de los cuales la CESPMA ha reportado que el 30 % requieren reposiciones (Mena, 2025) y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción ha señalado que se requiere una inversión de al menos 5 mil millones de pesos para solventar la situación del alcantarillado pluvial (Iturberro, 2025).

En cuanto al manejo de las aguas residuales, el municipio carece de informes actualizados que detallen la situación de manera integral. Sin embargo, el informe de la Formulación del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran Visión (CILA, 2020), ha reportado que la cobertura del alcantarillado a nivel municipal a 2019 es del 84 % y que presenta problemas como pequeños valores de pendiente que hacen necesario bombear las aguas residuales, bajas velocidades que facilitan el azolve y la acumulación de gases que producen corrosión, y que algunas tuberías son antiguas y requieren ser reemplazadas. La mayor parte del agua residual se destina las PTAR Zaragoza (capacidad instalada de 1300 L/s) y Arenitas (capacidad original de 840 L/s), y una menor proporción se dirige a las de UABC (10 L/s), CETYS (7 L/s) y el Instituto Tecnológico de Mexicali (7 L/s), lo que permite dar tratamiento al 100 % del agua residual colectada, que corresponde al 88.8 % de la que es generada por los usuarios.

De acuerdo con la CESP (Baylon, 2024), se reutiliza alrededor del 60 % del agua tratada. Además, también se cuenta con proyectos vigentes para atender el sistema de saneamiento de aguas residuales, como el de Mejoras al Sistema de Alcantarillado Sanitario (Fase I) y Estaciones de Bombeo de Mexicali, Baja California y Mejoras al Sistema de Alcantarillado Sanitario (Fase II) en Mexicali, Baja California, e incluso proyectos concluidos como el Mexicali IV, que amplió la capacidad de la PTAR las Arenitas hasta 1760 L/s, por lo que existen ciertos esfuerzos por mejorar el manejo de las aguas residuales.

La descarga de aguas residuales sin tratamiento puede llevar a la contaminación por microorganismos, metales pesados, nutrientes excesivos y contaminantes químicos que impactan la calidad de las fuentes de agua potable y del suelo; además el suelo puede sufrir otros efectos como mayor salinidad, compactación y erosión. Los contaminantes presentes en las aguas residuales pueden afectar la salud tanto de los ecosistemas como de los seres humanos, además de afectar la agricultura y propiciar la pérdida de biodiversidad (Kesari et al., 2021).

Otra problemática, el cambio climático, puede tener dos efectos simultáneos en el tratamiento del agua. Por un lado, en el proceso se liberan GEI como el CO₂ (durante la oxidación aeróbica), CH₄ (por el proceso anaeróbico) y N₂O (asociado a la desnitrificación), no obstante, ante el aumento en la escasez del agua y los eventos climáticos extremos, como inundaciones, tanto el tratamiento como el reúso del recurso serán cada vez más necesarios (Zouboulis & Tolkou, 2015), además de que el agua sin tratamiento sigue representando un riesgo mayor, tanto desde el punto de vista de las emisiones atmosféricas como del resto de sus impactos sobre los ecosistemas y la salud humana (J. Li et al., 2023).

2.8.3 Retos en la gestión de la energía y el cambio climático.

En Baja California, se cuenta con 18 plantas de generación eléctrica, con una capacidad instalada de 4,310.7 MW, de los cuales el 75.04 % corresponden a fuentes fósiles (tres plantas de combustión interna, cinco de ciclo combinado y cuatro de turbogás) y el resto a energía renovable (tres plantas fotovoltaicas, una geotérmica y dos eólicas). Además, el estado también cuenta con acceso a interconexiones con el sistema eléctrico de E. U., el Western Electricity Council (WECC). Esto evidencia que a pesar de que se continúa buscando una transición hacia las energías limpias, sigue existiendo una dependencia importante a los combustibles fósiles. Particularmente, el consumo de energía en Mexicali es el más alto de la región, debido a su clima árido extremo, que durante los meses de mayo a septiembre -cuando las temperaturas superan los 40°C- provocan una mayor

demanda de energía, lo que podría agravarse tanto por el crecimiento poblacional como por los efectos del cambio climático (CFE, 2024, 2025; Gobierno del Estado de Baja California, 2023a).

Dentro del municipio de Mexicali, el tipo de transporte predominante es el privado. De acuerdo con el Plan Estratégico del Municipio de Mexicali 2015-2029, el 83 % de los viajes se realizan en vehículo privado y el 17 % en vehículo público (CDEM & UABC, 2011). Esta es una situación que se ha derivado de ineficiencias producidas por varias concesiones operando sobre las mismas rutas, que además se concentran sobre las áreas comerciales, industriales, laborales y educativas más transitadas, descuidando las zonas residenciales menos céntricas; los paraderos que son en su mayoría informales (85 %); y la falta de distribución equitativa de rutas, que finalmente terminan por disminuir el número de usuarios y elevar los costos de operación (Leal Torres, 2021). Como consecuencia, está el incremento de emisiones atmosféricas tanto por el número de vehículos como por la congestión vial, con el sector transporte siendo el segundo mayor emisor de CO² a nivel mundial (Calatayud, 2023).

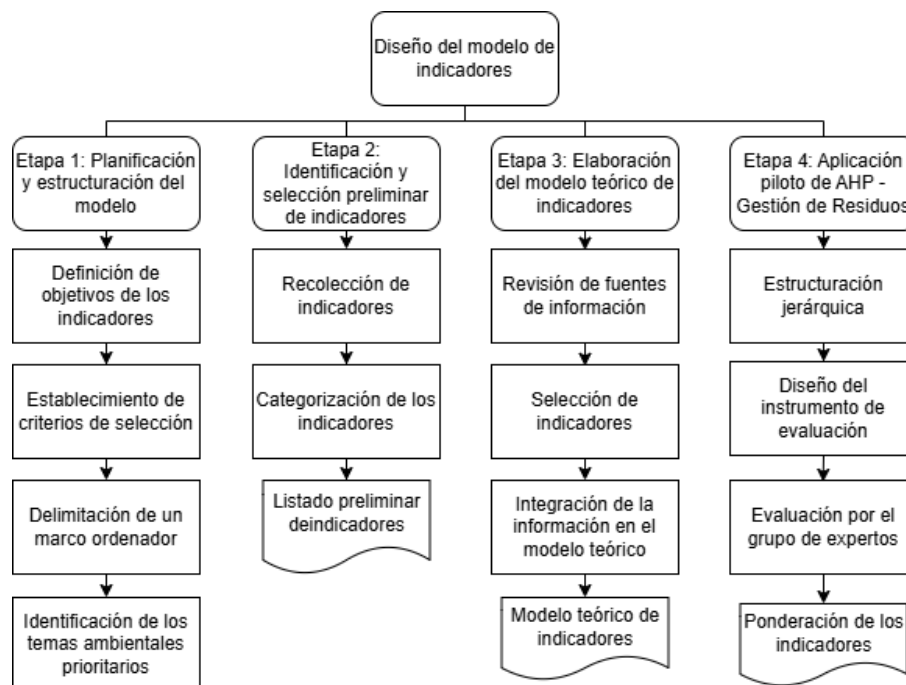
La contaminación atmosférica constituye una problemática importante para el municipio, porque además del alto consumo de energía y los problemas de transporte, también hay una influencia importante de las condiciones meteorológicas, como la inversión térmica que favorece la acumulación de contaminantes principalmente en invierno, los factores naturales, como los incendios estacionales y el ambiente desértico, las actividades económicas, como la industrial, comercial y de servicios, y las prácticas de la población, como la quema de residuos sólidos en zonas periféricas, quema de llantas, quema de electrónicos para la extracción y posterior venta de metales, y quemas agrícolas, además de la falta de pavimentación y cubierta vegetal. En 2020, la red de monitoreo de REDSPIRA, reportó que se excedieron los promedios de 24 horas de partículas PM_{2.5} (10 µg/m³, establecidos por la OMS) por 120 días, mientras que los otros 245 días se estuvo por debajo del límite (Fundación para la Investigación de la Calidad del Aire A.C., 2020).

En el caso del cambio climático, los escenarios presentados para Mexicali dentro del Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades Climáticas (GCoM, 2024) indican que para el horizonte cercano (2015 – 2039) habrá un aumento de temperatura mínima y máxima en enero y junio, respectivamente. El modelo GDL-CM3 situó el aumento de la mínima en 1.4°C (rcp 4.5) y 1.5°C (rcp 8.5), y un aumento en la máxima de 2.8°C (rcp 4.5) y 2.4°C (rcp 8.5), en comparación con el periodo de referencia (1961 – 2000). También se estima la disminución promedio de la precipitación mínima y máxima para los meses de septiembre y junio. El modelo HADGEM2-ES indica la mayor disminución en la precipitación mínima para el mes de junio, siendo esta de 0.46 mm (rcp 4.5) y 0.44 mm (rcp 8.5 mm), mientras que el modelo GFDL-CM3 indica la mayor disminución en la precipitación máxima para septiembre, con 8.37 mm (rcp 4.5) y 2.22 mm (rcp 8.5), respecto al mismo periodo de referencia.

3 Metodología

Para responder a la necesidad institucional de contar con un sistema de evaluación ambiental confiable, esta investigación se enfocó en el diseño de un modelo de indicadores para el campus Mexicali de la UABC. La metodología empleada se fundamenta en un enfoque mixto, integrando revisión documental, análisis comparativo y validación contextual, con el propósito de construir una herramienta útil para la toma de decisiones, el seguimiento de políticas ambientales y la mejora continua del desempeño institucional. Este proceso metodológico se estructuró cuidadosamente para garantizar la pertinencia, aplicabilidad y replicabilidad del modelo propuesto.

La elaboración del modelo de indicadores para evaluar el desempeño ambiental del campus Mexicali se dividió en cuatro etapas (Figura 5).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Esquema del diseño del modelo teórico de indicadores.

En la primera etapa, la planificación y estructuración del modelo de indicadores consistió en la definición del objetivo de los indicadores, es decir, se estableció su propósito y alcance, posteriormente se definieron los criterios de selección, para asegurar que los indicadores fueran relevantes al objeto de estudio, y finalmente, se delimitó un marco ordenador para los indicadores, es decir, los temas ambientales que pueden evaluarse en la IES, de acuerdo con un marco de referencia en sustentabilidad, que funcionan como categorías de clasificación. A partir de este marco de referencia, se identificaron los tres temas prioritarios para la IES (categorías prioritarias), de acuerdo con el Plan de Desarrollo Institucional, las líneas de trabajo de la institución, la información disponible, los recursos que se les destinan, su impacto ambiental, y el control y la capacidad de incidencia de la institución sobre los mismos.

La segunda etapa, identificación y selección preliminar de los indicadores, consistió en la recolección de los indicadores identificados en la literatura revisada y su categorización. El resultado de esta etapa fue una lista preliminar de indicadores, incluyendo duplicaciones.

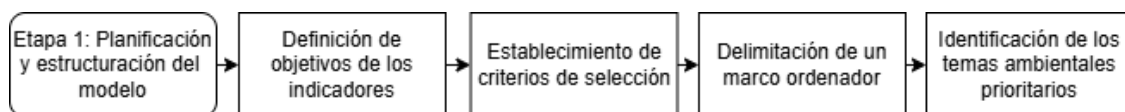
La tercera etapa fue la elaboración del modelo teórico de indicadores, en donde primero se definieron los indicadores para el Campus Mexicali a través de la revisión de la lista preliminar de indicadores y la selección de aquellos aplicables al objeto de estudio, de acuerdo con las actividades y procesos llevados a cabo dentro de la IES y que tenían un registro en la forma de bases de datos y documentos institucionales. Para ello, se tomaron en cuenta tanto las acciones que ya se realizaban dentro de la IES, como las prácticas recomendables para fortalecer la sustentabilidad. Como resultado de esta etapa, se obtuvo un listado de indicadores, integrados por subindicadores, para los procesos más relevantes dentro del Campus Mexicali, los cuales se integraron en el formato del modelo teórico.

Dentro del formato del modelo teórico para cada categoría se incluyeron los indicadores de desempeño con una descripción general, su alineación con los ODS, los subindicadores con descripciones específicas, los datos para construir cada subindicador, las fuentes de información, los procedimientos de cálculo, el resultado del cálculo, y la definición de una meta. Este formato fue diseñado con la finalidad de que cualquier interesado o responsable sea capaz de realizar la evaluación bajo las mismas consideraciones.

Finalmente, en la etapa 4, se sometió la categoría de Gestión de Residuos a la verificación y ponderación por un grupo de expertos a través de la metodología de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), como un estudio de caso piloto.

3.5 Etapa 1: Planificación y estructuración del modelo de indicadores

El proceso de la Etapa 1 se muestra en la Figura 6, consistiendo en la definición de objetivos, el establecimiento de criterios de selección y la delimitación de un marco ordenador.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6. Etapa 1 del diseño del modelo teórico de indicadores.

3.5.1 Definición de objetivos de los indicadores

Los indicadores ambientales en este estudio tienen la finalidad de evaluar el desempeño ambiental del Campus Mexicali de la UABC, con una perspectiva de sustentabilidad, de acuerdo con las líneas de acción establecidas por la institución en el Plan de Desarrollo 2023-2027, específicamente las referentes a la Estrategia 9 de la Prioridad Institucional de Desarrollo Regional e Internacionalización, que tiene por objetivo “Impulsar la integración de la perspectiva de sustentabilidad al quehacer de la UABC como un programa de la agenda institucional acorde a los ODS –siendo prioritaria la atención del cambio climático-, para favorecer procesos y enfoques trans e interdisciplinarios aplicados a la producción y el consumo responsable” (UABC, 2023).

Dentro de las líneas de acción (Tabla 8) se mencionan áreas clave como la integración de la sustentabilidad a la política institucional y como eje transversal; manejo eficiente de la energía, seguimiento al manejo de las emisiones, implementación de energías verdes, y programas y acciones para mitigar el cambio climático; manejo responsable del uso y reúso del agua; seguimiento al manejo de residuos, y separación y valorización de los residuos; acciones de movilidad urbana sustentable; protección y cuidado de la biodiversidad en los campus y la región; proyectos de extensión y vinculación para la formación en ODS a nivel universitario, a niveles educativos previos y a organizaciones del sector público y privado; y el cumplimiento de los ODS.

Tabla 8. Líneas de acción en torno a la sustentabilidad en la UABC.

Núm.	Línea de acción
1	Implementar, ampliar y mejorar la infraestructura y el equipamiento destinados al cuidado del entorno para cumplir con las normas ambientales y de seguridad, a fin de que la institución sea reconocida como referente de universidad sustentable a nivel regional, nacional e internacional
2	Desarrollar el portal UABC-ODS, como un repositorio en el que se registren, analicen y evalúen los procesos, acciones y resultados de las actividades realizadas en la institución relacionadas con el cambio climático, para el cumplimiento de los indicadores de una universidad sustentable
3	Promover el uso eficiente de los recursos, en particular el agua y la energía, para contribuir al cumplimiento de los ODS
4	Destinar recursos para fortalecer programas y acciones ambientales que promueven la mitigación de los impactos del cambio climático, tales como: Universidad Limpia, Campus Sustentable, Separación y Valorización de Residuos, Manejo Responsable del Uso y Reúso del Agua, Manejo Eficiente de la Energía e Implementación de Energías Renovables, Infraestructura Verde, entre otros.
5	Promover el consumo responsable en la institución, con base en una política de compras a proveedores que dentro de sus esquemas de seguimiento contemplen el retorno de sus productos al final de su vida
6	En colaboración con otras dependencias, desarrollar proyectos de extensión y vinculación para promover acciones de formación relacionadas con los ODS, dirigidos tanto a la comunidad universitaria y niveles educativos previos como a organizaciones de los sectores privado, público y socia
7	Incorporar la sustentabilidad como política institucional y eje transversal del quehacer de la comunidad universitaria
8	Implementar acciones de movilidad urbana sustentable en la comunidad universitaria
9	Dar seguimiento a los procesos de manejo de residuos y emisiones a través del análisis y evaluación de las edificaciones, la infraestructura y el equipamiento
10	Promover la protección y el cuidado de la biodiversidad en los campus de la universidad y en la región

Fuente: Plan de Desarrollo Institucional (UABC, 2023)

3.5.2 Delimitación de un marco ordenador

El marco ordenador de los indicadores, es decir, las categorías en las que fueron clasificados, se construyeron con base en la revisión de literatura especializada. Para ello, se identificaron los aspectos clave comúnmente considerados en evaluaciones institucionales en el ámbito universitario, tales como las políticas y la gestión de aspectos como el agua, los residuos, las áreas verdes y biodiversidad, la energía, y el bienestar general de la comunidad universitaria (asociado a la salud). Estos elementos fueron adaptados al contexto específico del campus en estudio, considerando su estructura organizativa, las prioridades institucionales (véase la Tabla 8) y las acciones ambientales que se realizan, evidenciadas a través de los planes, programas, y proyectos con los que cuenta la IES (Tabla 9).

Tabla 9. Instrumentos para la gobernanza institucional.

Aspectos clave	Instrumentos de gobernanza institucional
Generales	Plan de Desarrollo Institucional

	Política ambiental
Agua	Programa de Manejo Responsable del Uso y Reúso del Agua Buenas Prácticas Ambientales para la gestión del agua en los campus universitarios
Residuos	Programa Cero Residuos Programa de reducción y separación de papel y cartón Programa de intercambio de insumos de oficina en los espacios administrativos de la UABC Programa de recolección de cartuchos de tinta y tóners en espacios administrativos Manual de Procedimientos para la Recolección y Almacenamiento de Residuos sólidos generados en la UABC Buenas Prácticas Ambientales para el manejo de residuos de poda y jardín Buenas Prácticas Ambientales para el manejo de residuos de alimentos generados en cafeterías y kioscos Buenas Prácticas Ambientales para el manejo de residuos de construcción y demolición (RCD)
Áreas verdes y biodiversidad	Buenas Prácticas Ambientales para la gestión de las áreas verdes de los campus universitarios
Energía	Plan de Acción de Cambio Climático
Salud y bienestar	Programa Institucional Universidad Saludable Compromiso Institucional con la Salud y el Bienestar Universitario Buenas Prácticas Alimentarias para la venta y expendio de alimentos en cafeterías y kioscos de la UABC

Fuente: Elaboración propia.

Tras la revisión de los instrumentos de gobernanza institucional, se estructuró el modelo de indicadores de forma coherente de acuerdo con los referentes teóricos, dando como resultado las categorías descritas en la Tabla 10, incluyendo una descripción del tipo de información que incluye cada una.

Tabla 10. Categorías del marco ordenador.

Categoría de análisis	Abreviatura	Descripción
Gobernanza Institucional	GI	Incluye las políticas, normativas internas, programas, estrategias de planificación, aspectos presupuestales y otros mecanismos de gobernanza para implementar estrategias de sustentabilidad.
Gestión del Agua	GA	Monitoreo relacionado con el uso, reúso, reciclaje y disposición del agua (potable, gris, residual y/o pluvial), incluyendo las instalaciones, los instrumentos de gestión (políticas, programas, planes, proyectos) y las capacitaciones.
Gestión de Residuos	GR	Monitoreo relacionado a la gestión de residuos: generación, reducción, separación, valorización, tratamiento y disposición final de residuos orgánicos, inorgánicos, de manejo especial y peligrosos, además de los instrumentos de gestión (políticas, programas, planes, proyectos) y las capacitaciones.
Energía y Cambio Climático	ECC	Monitoreo relacionado al uso de la energía, eficiencia energética, energías renovables, la reducción y mitigación de las emisiones de GEI, el transporte, la calidad del aire, y las estrategias de adaptación al cambio climático, además de los instrumentos de gestión (políticas, programas, planes, proyectos) y las capacitaciones.
Infraestructura	IN	Registro de las características de la infraestructura, así como la verificación de que se tomen en cuenta criterios de diseño como la eficiencia energética, la minimización de la contaminación, la restauración de espacios naturales afectados por obras de construcción, el cuidado de la calidad del aire interior, la accesibilidad para personas con discapacidad, y la certificación de edificios con carácter sustentable.

Gestión Territorial y Diversidad Biológica	GTDB	Monitoreo relacionado con la conservación de la biodiversidad, tanto dentro como fuera del campus, incluyendo el manejo de las áreas verdes, abarcando aspectos como el diseño de las áreas verdes, la elaboración de inventarios de especies, el mantenimiento de los espacios y el manejo de los residuos de poda y jardín. Se incluyen también los instrumentos de gestión (políticas, programas, planes, proyectos) y las capacitaciones.
Salud y Bienestar	SB	Registro de las prácticas implementadas por la institución para la promoción de la salud y el bienestar, tales como comedores sustentables, acceso a agua segura para consumo, orientación nutricional, y estrategias para la mejora de la salud física y mental, además de la salud ocupacional.
Educación e Investigación	EI	Programas curriculares, materias ofertadas, cursos de inducción, capacitaciones para estudiantes y académicos, promoción de la investigación en sustentabilidad, desarrollo de innovaciones, organizaciones estudiantiles, y la extensión de la educación al público en general.

Fuente: *Elaboración propia*

El establecimiento de categorías se realizó con el fin de identificar todos los aspectos fundamentales para que cualquier institución pueda atender los aspectos ambientales que tiene a su cargo con una perspectiva de sustentabilidad. La agrupación de los indicadores relacionados también permite mantener cierto orden en la información, mantener la claridad de las dimensiones evaluadas, medir y comparar los resultados dentro de una misma categoría, identificar fortalezas y debilidades de los aspectos evaluados, facilitar el análisis, comunicar la información de manera efectiva, y la evaluación integral de todas las dimensiones, reduciendo el sesgo de enfoque en un solo aspecto.

3.5.3 Establecimiento de los criterios de selección

Los criterios utilizados para la selección de los indicadores ambientales para el Campus Mexicali fueron los siguientes:

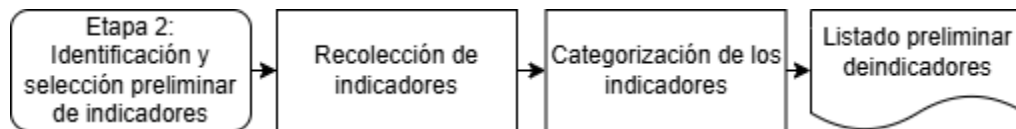
1. Base teórica-conceptual: Ser propuestos o respaldados por la literatura revisada. Esta base se construye a partir de la revisión de literatura especializada (técnico-científico), estudios previos, modelos existentes y corrientes de pensamiento relevantes para el tema.
2. Pertinencia contextual: Estar alineados con las actividades y características operativas del campus Mexicali, asegurando su aplicabilidad local.
3. Vinculación institucional: Contribuir a la medición del progreso respecto a las líneas de acción establecidas en el Plan de Desarrollo Institucional, particularmente aquellas relacionadas con la implementación de la sustentabilidad (véase Tabla 8).
4. Cobertura funcional: Tener la capacidad de evaluar el desempeño ambiental en todas las funciones sustantivas de la universidad: operaciones, gobernanza, docencia, investigación, y extensión y vinculación.
5. Cumplimiento de criterios SMART: Ser específicos (claros y bien definidos), medibles (cuantificables y con posibilidad de seguimiento), alcanzables (realistas en cuanto a recursos y capacidades), relevantes (alineados con las prioridades institucionales) y temporalmente definidos (asociados a un periodo de evaluación).
6. Sensibilidad al cambio: Mostrar capacidad para reflejar los efectos de las políticas y medidas implementadas, permitiendo su utilización en procesos de toma de decisiones y planificación.
7. Claridad comunicativa: Ser comprensibles y fácilmente comunicables a las partes interesadas, favoreciendo su apropiación y uso.

3.5.4 Identificación de los temas ambientales prioritarios.

Si bien el modelo contempla ocho categorías de indicadores ambientales considerados como básicos para cualquier institución y en particular para la UABC, en esta investigación se desarrollaron únicamente los indicadores teóricos correspondientes a las categorías de Gestión del Agua, Gestión de Residuos, y Energía y Cambio Climático. Esta decisión responde a que dichas categorías representan áreas prioritarias de atención ambiental en el contexto institucional, cuentan con mayor disponibilidad de información, y permiten ejemplificar con claridad la propuesta metodológica. Asimismo, el trabajo se plantea como una base replicable para que, en futuras etapas, se integren las categorías restantes.

3.6 Etapa 2: Identificación y selección preliminar de indicadores

Esta etapa consistió en la recolección de indicadores desde las fuentes de información consultadas, que se seleccionaron de acuerdo con ciertos criterios de inclusión y exclusión, y la posterior categorización de los indicadores en el marco ordenador definido (Figura 7).



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Etapa 2 del diseño de modelo teórico de indicadores.

3.6.1 Recolección de indicadores

Los indicadores ambientales se obtuvieron a través de una búsqueda en la base de datos de Clarivate Web of Science, mediante la combinación de palabras clave como *environment*, *sustainability*, *indicators*, *method*, *assessment*, *university* y *higher education institution*, con la utilización de los operadores booleanos OR y AND, tomando en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.

- Criterios de inclusión y exclusión

Se tomaron en cuenta los artículos más relevantes en español e inglés, restringiendo el periodo de búsqueda de 2014 a 2025, y se recopilaron los estudios aplicables dentro de los primeros 100 resultados. Los estudios aplicables fueron aquellos centrados en propuestas de modelos de indicadores para IES, que incluían la metodología para su elaboración, la lista de sus indicadores y las técnicas de evaluación de los mismos.

3.6.2 Categorización de los indicadores

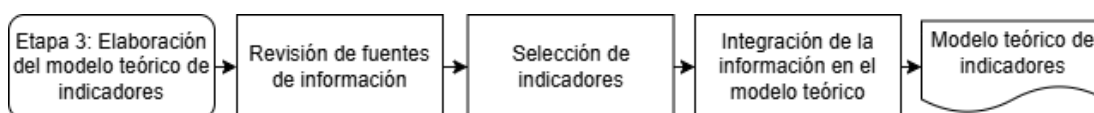
Los indicadores ambientales se organizaron en una hoja de cálculo de acuerdo con las categorías definidas en el marco ordenador (Tabla 10). A cada indicador se le asignó un número de identificación compuesto por el número de artículo (ID) y el número consecutivo del indicador dentro de dicho artículo (#ind). Además, se incluyó una breve descripción del indicador y una sección de notas para registrar observaciones (aclaraciones conceptuales, similitudes, diferencias, entre otros aspectos). El listado corresponde a una compilación exhaustiva de los indicadores encontrados en la literatura revisada; por lo tanto, algunos indicadores aparecen duplicados debido a que son reportados en más de una fuente.

Clasificación según el artículo	ID	# Ind	Indicador	Descripción	Notas
Huella de agua	1	1	¿Cuenta la institución con un instrumento de gestión de residuos y residuos sólidos?	Identificar la existencia de planes, programas, proyectos y/o actividades.	

Figura 8. Formato para la categorización de los indicadores.

3.7 Etapa 3. Elaboración del modelo teórico de indicadores para el campus Mexicali

En esta etapa se verificaron las fuentes de información disponibles, se contrastaron con los indicadores recolectados, se seleccionaron y adaptaron los más adecuados para las actividades y los intereses de la IES, y se completó el modelo teórico de indicadores para el campus Mexicali, como se muestra en la Figura 9.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9. Etapa 3 del diseño del modelo teórico de indicadores.

3.7.1 Revisión de fuentes de información

Las fuentes de información utilizadas, tanto públicas como privadas, fueron:

- Programas, planes y proyectos (véase la Tabla 9)
- Bases de datos: Sistema Nacional de Información del Agua, Sistema de Indicadores y Estadísticas Institucionales, consumos de agua proporcionados por la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM), y recibos de luz por la Comisión Federal de Electricidad.
- Solicitudes de información a la vicerrectoría y unidades académicas, en donde se recopiló información sobre los eventos, cursos y capacitaciones impartidas, además de cualquier otra iniciativa ambiental.
- Se consultaron los documentos generados por la coordinación encargada de la gestión ambiental en la UABC, revisando reportes semestrales de los paneles solares, reportes del agua residual tratada, y registros de los residuos reciclables, residuos sólidos institucionales (RSI), residuos de manejo especial (RME) y residuos peligrosos (RP).

3.7.2 Selección de indicadores e integración de la información en el modelo teórico

La selección de indicadores de desempeño para cada categoría se llevó a cabo identificando primero los indicadores más relevantes y contrastándolos con las actividades que se llevan a cabo dentro del Campus, de acuerdo con los criterios de selección (sección 3.1.3). Cada indicador de desempeño se definió como un gran grupo para evaluar los aspectos relevantes dentro de la categoría correspondiente, por lo que tienen un carácter compuesto al estar conformados por subindicadores, que se diseñaron para medir detalles específicos de cada indicador con mayor precisión. Posteriormente, se verificó la existencia de indicadores duplicados dentro de la literatura, los cuales fueron integrados y resumidos en una sola versión, que luego fue adaptada de acuerdo con los recursos y necesidades

del campus para crear subindicadores. Finalmente, se descartó al resto de indicadores que no eran pertinentes para el análisis.

Para ejemplificar el procedimiento anteriormente descrito, a continuación, se aborda la definición de uno de los indicadores para la categoría de gestión de residuos. Primero se definió el indicador de desempeño de *Manejo integral de los residuos sólidos institucionales* para englobar todos los parámetros relativos a este tipo de residuos. Después, tomando como ejemplo el manejo de los residuos orgánicos para la definición de uno de los subindicadores, este aspecto tuvo diferentes versiones de medición dentro de los artículos, como el *Aprovechamiento de los restos vegetales provenientes de la poda del jardín y/o los residuos orgánicos generados en el campus*, la *Gestión de residuos de alimentos* y el *Tratamiento de residuos orgánicos e inorgánicos*. Con el fin de evitar la duplicación de la información medida, estos se condensaron en el subindicador de *Proporción de residuos orgánicos reutilizados y reciclados*, lo que permitió consolidar las mediciones bajo una categoría coherente y funcional que busca promover la recuperación de los residuos orgánicos del campus para darles tratamiento (como el compostaje) o reutilización (como mulch), pero se enfocó específicamente en residuos de jardinería y poda, debido a que la institución solo cuenta con una alternativa de compostaje y mulch para este tipo de residuos, con una meta de recuperación del 100 %. De este modo, se unificaron los indicadores en una versión integral y adaptada al contexto del Campus Mexicali.

La determinación de los ODS a los que contribuye cada indicador de desempeño se realizó al hacer una comparación entre el indicador de desempeño y sus subindicadores con las metas de los objetivos. Por ejemplo, el indicador de *Manejo Integral de los Residuos Sólidos Institucionales* aporta al ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, al reducir el impacto ambiental negativo de los residuos municipales, al ODS 12 “Producción y Consumo Responsables”, al reducir la generación de residuos a través de la prevención, reducción, reciclado y reutilización, y al ODS 13 “Acción por el clima”, porque al gestionar los residuos adecuadamente se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero.

Al mismo tiempo que se definieron los subindicadores, se determinó la forma de calcularlos y cumplirlos, así como las metas para cada uno, combinando tanto subindicadores cuantitativos como cualitativos dentro del modelo.

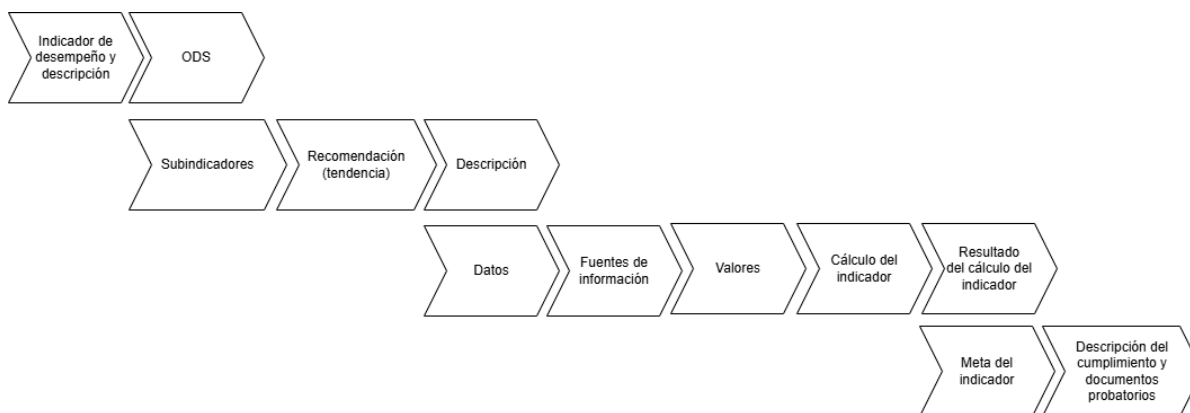
Los subindicadores cuantitativos tienen la característica de que se tenía información suficiente para asignarles una meta numérica, tal es el caso de la *Proporción de residuos inorgánicos reciclados*, que busca promover la recuperación de al menos el 21% de los residuos inorgánicos para enviarlos a reciclaje, en concordancia con los residuos generados de acuerdo al Estudio de generación del Campus Mexicali y el mercado actual, que solo tiene salidas para el papel, cartón, PET y latas de aluminio. El resultado del cálculo del indicador se reporta como un porcentaje de cumplimiento de la meta (que es de 21 %).

Por otro lado, a los subindicadores cualitativos se asignaron ciertos criterios de cumplimiento evaluados a través de una puntuación. Por ejemplo, el subindicador de *Estrategias de reducción en la fuente* establece la promoción de un mínimo de estrategias de reducción en la fuente, que consisten en (1) el uso de recipientes reutilizables en cafeterías, (2) fuentes de agua en espacios públicos, (3) comunicaciones electrónicas, (4) trabajos digitales, (5) el uso de hojas por ambos lados, (6) evitar desechables de un solo uso, (7) reparación de equipos para prolongar su vida útil y (8) optimización de operaciones

para reducir la generación de residuos, que deben reflejarse en una o más políticas institucionales. Para reportar este subindicador, se especifica el porcentaje de cumplimiento respecto a la meta (que es de 8 puntos).

Para cada subindicador también se definió una recomendación de la tendencia (aumentar, disminuir o mantener el valor); una descripción detallada sobre lo que cada uno mide, su finalidad, los requisitos para su construcción y las evidencias requeridas; celdas con los datos específicos solicitados, las fuentes de esta información (sistemas, registros institucionales, registros externos y otras referencias), el valor o puntaje de los datos, la fórmula de cálculo del valor del subindicador, el resultado del subindicador, la meta numérica establecida, y por último, un área para describir el cumplimiento y adjuntar los documentos probatorios. Para adjuntar los documentos se sugiere la utilización de ligas asociadas a un servicio de almacenamiento en la nube.

En la Figura 10 se muestra la forma en la que se estructuró la información de cada categoría con el fin de permitir un análisis sistemático y comparativo del desempeño ambiental dentro de las funciones de las IES, facilitando la toma de decisiones orientadas a la mejora continua en materia de sustentabilidad.



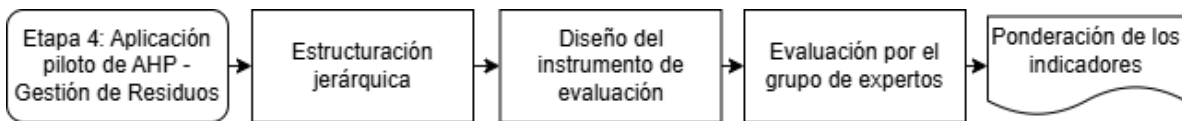
Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Formato del modelo de indicadores.

3.8 Etapa 4: Aplicación piloto de AHP para la validación de indicadores - Gestión de Residuos

Una vez delimitados los indicadores definitivos, se seleccionó la categoría de Gestión de Residuos como caso piloto para aplicar el proceso de validación y ponderación de indicadores mediante el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) (Saaty, 1980), debido a que este método se ha utilizado ampliamente en la literatura para definir los temas ambientales más relevantes en las evaluaciones de sustentabilidad, la planeación estratégica y la toma de decisiones multicriterio en contextos universitarios (Adenle et al., 2021; Du et al., 2023; Y. Li et al., 2018; Yadegaridehkordi & Nilashi, 2022).

En la Figura 11 se muestra el procedimiento, en el que primero se definió la estructura jerárquica, luego se diseñó el instrumento de evaluación, se llevó a cabo la evaluación por el grupo de expertos y, por último, se definió la ponderación de los indicadores.

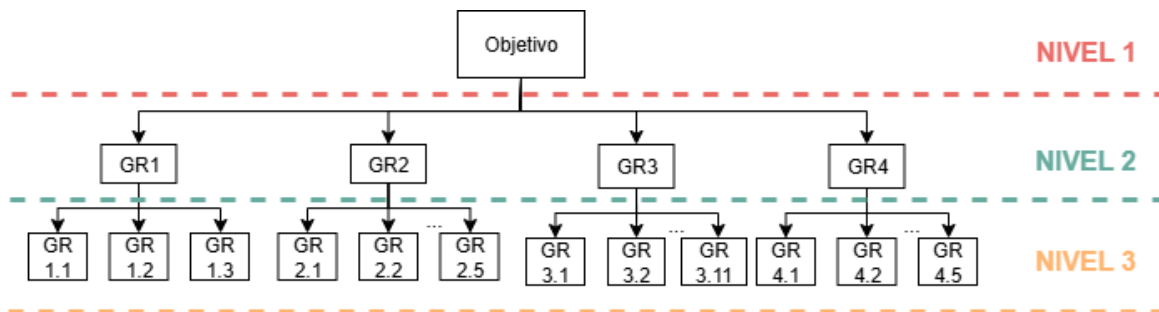


Fuente: Elaboración propia

Figura 11. Etapa 4 del diseño del modelo de indicadores.

3.8.1 Estructuración jerárquica

La evaluación de la categoría de Gestión de Residuos se organizó en tres niveles de análisis, 1) el objetivo de la evaluación, que corresponde a determinar la jerarquía de importancia de los indicadores de gestión de residuos dentro de la institución, 2) los indicadores de desempeño, y 3) los subindicadores. En la Figura 12, se ejemplifica la jerarquía analítica del modelo de indicadores.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Jerarquía analítica del modelo de indicadores.

3.8.2 Diseño del instrumento de evaluación

Se elaboró un instrumento de evaluación en Microsoft Excel, denominado Encuesta para Priorizar Indicadores Clave en la Gestión de Residuos dentro del Campus Mexicali, en donde se incluyó una portada con la información del proyecto (título de la tesis, nombre del instrumento, instrucciones, nombre de la tesista/responsable, logos institucionales y fecha) (Figura 12), los datos del experto evaluador (nombre completo, experiencia como investigador, títulos académicos y departamento o área de especialización), y pestañas para la matriz de ponderación de indicadores de desempeño y las matrices de subindicadores.

a)

Tesis: "Indicadores ambientales para fortalecer la sustentabilidad en el Campus Mexicali"	
ENCUESTA PARA PRIORIZAR INDICADORES CLAVE EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DENTRO DEL CAMPUS MEXICALI	
Instrucciones: Complete el cuestionario asignando puntuaciones en las celdas verdes, evitando modificar las celdas en gris.	
Datos a completar/seleccionar por el experto evaluador	
NO MODIFICAR	
Estudiante de maestría: Sheila Liliana Dafne Lobato Rocha	
	
Instituto de Ingeniería, Campus Mexicali, Universidad Autónoma de Baja California	
Fecha:	

b)

Datos del experto evaluador	
Nombre completo	
Experiencia como investigador (si/no)	
Títulos académicos	
Departamento o área de especialización	

c) Seleccione qué tan importante es el criterio de la fila (A) respecto al de la columna (B), usando la escala proporcionada.

Criterio B \ Criterio A	GR1-Instrumentos de gestión de residuos	GR2-Manejo integral de los residuos sólidos institucionales	GR3-Manejo integral de residuos de manejo especial	GR4-Manejo integral de residuos peligrosos
GR1-Instrumentos de gestión de residuos	1			
GR2-Manejo integral de los residuos sólidos institucionales	#DIV/0!	1		
GR3-Manejo integral de residuos de manejo especial	#DIV/0!	#DIV/0!	1	
GR4-Manejo integral de residuos peligrosos	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	1

d) Seleccione qué tan importante es el criterio de la fila (A) respecto al de la columna (B), usando la escala proporcionada.

Criterio B \ Criterio A	GR1.1-Existencia de programas, planes y/o proyectos de gestión de residuos vigentes	GR1.2-Monitoreo de programas, planes y/o proyectos	GR1.3-Estrategias de reducción en la fuente
GR1.1-Existencia de programas, planes y/o proyectos de gestión de residuos vigentes	1		
GR1.2-Monitoreo de programas, planes y/o proyectos	#DIV/0!	1	
GR1.3-Estrategias de reducción en la fuente	#DIV/0!	#DIV/0!	1

Nota: a) Portada, b) Datos del experto evaluador, c) Matriz de ponderación de indicadores, d) Matriz de ponderación de subindicadores
 Figura 13. Priorización de indicadores ambientales: Caso de Gestión de Residuos en el Campus Mexicali.

La información básica en la portada le permitió a los expertos conocer el ejercicio en el que estaban participando, mientras que los datos de los expertos fueron recabados con el fin de facilitar el seguimiento en caso de requerirse aclaraciones o validaciones posteriores, confirmar el nivel de formación y capacidad técnica de las personas evaluadoras para emitir juicios fundamentados, comprobar su campo de especialización para garantizar la

coherencia y la solidez temática del proceso, y para promover la transparencia de la evaluación.

Las matrices de ponderación fueron construidas para la comparación entre indicadores de desempeño y entre los subindicadores de cada uno de esos indicadores.

Cada matriz es cuadrada de orden n , donde n corresponde al número de elementos evaluados (indicadores o categorías), y se representa como $A = [a_{ij}]$, siendo a_{ij} la importancia relativa del elemento i respecto al elemento j .

Para facilitar la captura y procesamiento de los datos, se diseñó el formato de la matriz en una hoja de cálculo donde los expertos solo ingresaron los valores ubicados por encima de la diagonal principal. A partir de estas entradas, se automatizó el cálculo de los elementos ubicados por debajo de la diagonal, aplicando la propiedad fundamental del método AHP (ecuación 1):

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ para } i \neq j \quad \text{Ecuación 1}$$

La diagonal principal fue completada con valores de 1, es decir:

$$a_{ii} = 1, \forall i$$

Para que los expertos pudieran asignar los valores y determinar qué tan importante era un indicador (A) respecto a otro (B), se les proporcionó la escala de valoración del método AHP, en donde 1 indica igual importancia y el 9 representa que un indicador es extremadamente más importante que el otro, como se describe en la Tabla 11.

Tabla 11. Escala de evaluación cuando se favorece el criterio A sobre el B.

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio A es igual de importante que el criterio B.
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio A sobre el B.
5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio A sobre el B.
7	Importancia muy grande	El criterio A es mucho más importante que el B.
9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio A sobre el B está fuera de toda duda.
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores cuando sea necesario matizar la importancia del criterio A sobre el B.	

Fuente: Benítez-Merino & Bojórquez (2021)

De manera recíproca, si un indicador (A) es menos importante respecto al otro (B), se asigna el inverso del valor (por ejemplo, 1/3 en lugar de 3), como se explica en la Tabla 12, lo que asegura la coherencia en la matriz de comparaciones.

Tabla 12. Escala de evaluación cuando se favorece el criterio B sobre el A.

Valor	Definición	Comentarios
1	Igual importancia	El criterio B es igual de importante que el criterio A.

1/3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente al criterio B sobre el A.
1/5	Importancia grande	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente al criterio B sobre el A.
1/7	Importancia muy grande	El criterio B es mucho más importante que el A.
1/9	Importancia extrema	La mayor importancia del criterio B sobre el A está fuera de toda duda.
1/2, 1/4, 1/6, 1/8	Valores intermedios entre los anteriores cuando sea necesario matizar la importancia del criterio B sobre el A.	

Fuente: Elaboración propia con información de Benítez-Merino & Bojórquez (2021)

Este procedimiento redujo la carga cognitiva para las personas participantes, minimizó errores en la consistencia matemática de la matriz y permitió garantizar la reciprocidad requerida por la metodología.

3.8.3 Evaluación por el grupo de expertos

Dado que el objetivo de la investigación y de la metodología AHP es obtener juicios especializados, la representatividad no se establece en términos de tamaño de muestra estadística, sino en la diversidad y pertinencia de los perfiles participantes.

Para la realización de la evaluación, se convocó a través de correo electrónico al grupo de expertos en Gestión de Residuos, conformado por 13 miembros, que es parte de la Red de Expertos en Sustentabilidad de la UABC, además de que también se contactó directamente por correo a especialistas universitarios externos con experiencia en la gestión de residuos, buscando plasmar la perspectiva interna de la institución y también la perspectiva general dentro de las IES. De esta manera, al dar un seguimiento personalizado y extender el rango de participantes incluso fuera del ámbito del Campus Mexicali, se buscó maximizar la participación.

Dentro del correo que les fue enviado, se incluyó una breve explicación de la finalidad de la evaluación, las instrucciones y el archivo de Microsoft Excel con las matrices para recopilar sus respuestas.

3.8.4 Ponderación de los indicadores

Después de recibir y recopilar las respuestas, se procedió a integrar las valoraciones individuales de los expertos mediante el método de Agregación de Juicios Individuales (AIJ) dentro de Microsoft Excel, es decir que, para cada matriz de comparación, se construyó una matriz grupal a partir de los juicios individuales de los expertos correspondientes, a través del cálculo de la media geométrica, de tal modo que se mantiene la coherencia interna de los juicios emitidos por cada experto. Este método es comúnmente recomendado en la literatura metodológica del AHP cuando los participantes trabajan de manera independiente (Mendoza et al., 2019; Siekelova et al., 2021).

La agregación se realizó celda por celda mediante el promedio geométrico, conservando la estructura multiplicativa de las matrices de AHP (ecuación 2):

$$a_{ij}^{\text{grupal}} = \left(\prod_{r=1}^k a_{ij}^{(r)} \right)^{1/k} \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

$a_{ij}^{(r)}$ es el valor de la celda i, j de la matriz del experto r , k es el número de expertos que evaluaron esa matriz y a_{ij}^{grupal} es el valor agregado que se incorporó en la matriz grupal.

Una vez obtenida la matriz grupal para cada nivel, esta se ingresó en el software especializado de apoyo a decisiones multicriterio *Super Decisions* versión 3.2.0, un programa adherido al algoritmo de Saaty, de uso libre, gratuito y práctico, al proporcionar una interfaz más amigable para el usuario, a diferencia de otros que requieren conocimientos en programación.

El programa calculó el vector de ponderaciones ($A * w$) (la matriz original multiplicada por la matriz normalizada), y luego verificó el índice de consistencia (CI) y la razón de consistencia (CR) (ecuación 3):

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$, $\lambda_{max} = \frac{(A*w)_i}{w_i}$, n tamaño de la matriz y RI Random Index, que depende del tamaño de la matriz, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Valores típicos de RI

Tamaño de la matriz (n)	RI (Random Index)
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49

Fuente: Merino-Benítez & Bojórquez-Tapia (2021)

Una vez calculada la razón de consistencia para cada matriz, se verificó que $CR \leq 0.1$, ya que los valores que exceden dicho coeficiente se consideran juicios inconsistentes, es decir, que este coeficiente representa la aceptación de un error del 10 % en los juicios (Merino-Benítez & Bojórquez-Tapia, 2021).

Finalmente, los resultados de la evaluación, es decir, las ponderaciones calculadas por el software con base en la media geométrica de las valoraciones de las encuestas, fueron reportados como porcentajes dentro del presente trabajo para facilitar la comunicación de la importancia de cada criterio.

4 Resultados y discusión

En esta sección se presentan los principales hallazgos obtenidos a lo largo del estudio, derivados del proceso de diseño del modelo de indicadores para evaluar el desempeño ambiental del Campus Mexicali. Los resultados se organizaron en función de las etapas metodológicas previamente descritas, destacando tanto los aspectos cuantitativos como cualitativos obtenidos a través de la revisión documental, la construcción del modelo teórico y la aplicación del caso de estudio piloto del método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP). Asimismo, se discuten las implicaciones de los resultados en relación con el contexto institucional, los objetivos de sustentabilidad universitaria y la literatura especializada. Esta sección busca no solo exponer los datos obtenidos, sino también interpretar su significado, identificar fortalezas y áreas de mejora, y proponer recomendaciones para futuras aplicaciones del modelo.

La búsqueda de artículos se llevó a cabo en la plataforma Web Of Science, al aplicar los filtros de palabras clave y el periodo de inclusión 2014-2025, se obtuvieron 299,568 resultados. Posteriormente, se aplicaron los criterios de exclusión para recolectar únicamente artículos de investigación o revisión, en inglés o español, enfocados en la propuesta de modelos de indicadores para evaluaciones ambientales o de sustentabilidad, sugerido por el título, el resumen o las palabras clave, de ese modo se obtuvieron un total de 56 artículos dentro de los primeros 100 resultados de búsqueda. Al realizar una verificación más exhaustiva dentro del contenido de las investigaciones, principalmente en las secciones de metodología y resultados, se refinó la selección, obteniendo finalmente 15 artículos aplicables que incluían la metodología para su obtención y evaluación, y el listado de indicadores resultantes (Figura 14).

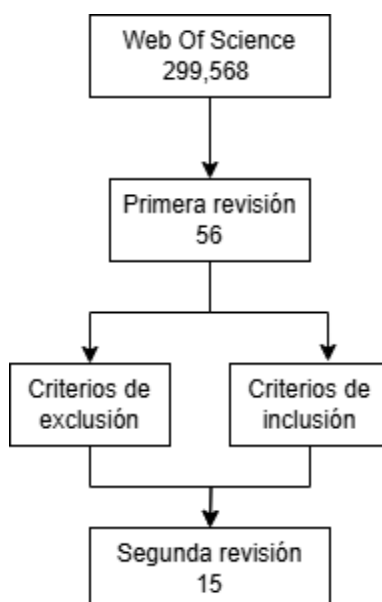


Figura 14. Diagrama de flujo de la recopilación de artículos para la revisión.

El 33 % de los artículos seleccionados corresponden al 2021, con una amplia participación de países, el 27 % de ellos siendo parte de Latinoamérica, con Brasil contando con la mayor participación entre todas las publicaciones. El continente con más publicaciones fue Asia

(33 %), con mayor participación de China. Cabe resaltar que todas las publicaciones encontradas estaban en el idioma inglés.

En las siguientes secciones se discutirán las metodologías de obtención y evaluación de los indicadores, así como las características de los distintos modelos de indicadores abordados dentro de la literatura.

4.5 Construcción de los modelos de indicadores en la literatura

En la Tabla 14 se muestran las principales características de las metodologías para la creación y validación de los modelos de indicadores dentro de la literatura analizada. Las siglas de cada modelo se tomaron de los artículos que las incluían, y se definieron para las que no.

Tabla 14. Metodologías para la construcción de modelos de indicadores.

ID	Título	Año	País	Modelo	Abreviación	Aplicación	Metodología	Evaluadores	Validación	Referencia
1	A sustainability evaluation framework for Science and Technology Institutes: an international comparative analysis	2016	Brasil	Sustainability Evaluation Framework for Science and Technology Institutes	SEIF/STI	General	Adaptación de GRI, A3E e ISCN	NA	NA	De Lima et al. (2016)
2	Assessing Sustainability and Its Performance Implications: An Empirical Analysis in Spanish Public Universities	2019	España	Empirical Analysis in Spanish Public Universities	EASPU	Específica	Adaptación de UIGMR y GASU, el Sistema Automático de Diagnóstico y Propuestas de Mejora Económica Financiera para Universidades Públicas e indicadores del Ministerio de Educación.	NA	NA	Blasco et al. (2019)
3	Assessing the relative importance of sustainability indicators for smart campuses: A case of higher	2021	Nigeria	Campus Sustainability Performance Appraisal	CSPA	Específica	Adaptación de SAQ, GASU, SUM, UEMS, AISHE, USAT, TUR, DPSEAA, GMID, SCAS, AMASHE, UIGMR y STARS, consulta de las	Grupo de 18 expertos, miembros de la Association of Town Planning Consultants of Nigeria.	AJP	Adenle et al. (2021)

	education institutions in Nigeria						redes sociales de 142 IES en Nigeria, verificación de criterios SMART y verificación de que los indicadores podían calcularse con Sistemas de Información Geográfica.			
4	Developing a Practical Framework of Sustainability Indicators Relevant to All Higher Education Institutions to Enable Meaningful International Rankings	2021	Irlanda	Simplified Sustainability Indicator Framework for HEI sector	SSIFHEI	General	Adaptación de UIGMR y STARS.	NA	NA	Horan & O’regan (2021)
5	Emerging ESG reporting of higher education institutions in China	2023	China	Environmental, Social and Governance Reporting	ESGR	Específica	Adaptación de GRI y GASU, junto con información de 147 IES.	NA	NA	Mo & Wang (2023)

6	Exploring the coverage of environmental-dimension indicators in existing campus sustainability appraisal tools	2020	Hong Kong	Environmental, Campus-wide and Spatial-based indicators Broad List	ECS	General	Adaptación de SAQ, GASU, SUM, UEMS, AISHE, USAT, TUR, DPSEAA, GMID, SCAS, AMASHE, UIGMR y STARS y verificación del cumplimiento con los criterios SMART.	NA	NA	Adenle et al. (2020)
7	Green campus paradigms for sustainability attainment in higher education institutions - a comparative study	2021	Malasia	Green Campus Paradigms	GCP	Específica	Revisión de documentos de prácticas verdes en 16 IES en Malasia y de literatura secundaria sobre sustentabilidad dentro del mismo país.	NA	NA	Anthony Jnr (2021)
8	Holistic integration of sustainability at universities: Evidences from Colombia	2021	Colombia	University Sustainability Questionnaire	USus	General	Revisión de literatura desde el 2000, análisis de los principios de la universidad sustentable, y las herramientas STARS, GRI y GASU.	Revisión por tres académicos expertos	NE	Hernández-Diaz et al. (2021)
9	Inter-University Sustainability	2019	Canadá	Ranking of HEIs Based on WEC	WECF	Específica	Se tomaron en cuenta los flujos	NA	NA	Alghamdi et al. (2019)

	Benchmarking for Canadian Higher Education Institutions: Water, Energy, and Carbon Flows for Technical-Level Decision-Making			Flows for Canada			de agua, energía y carbono reportados por las universidades, reportes gubernamentales y la base de datos de STARS para 34 IES en Canadá.			
10	Methodological approach for the construction of environmental management indicators in universities	2021	Venezuela	Questions Menu	QM	General	Revisión bibliográfica de UIGMR, ISO14001, sobre gestión ambiental y la Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe.	Se entrevistó a 12 profesores universitarios de Venezuela, 7 de ellos pertenecientes a la Red Venezolana de Universidades por el Ambiente.	Entrevista Semi-estructurada	Villalba & Useche (2021)
11	Moving towards green university: a method of analysis based on multi-criteria	2022	Malasia	Assessing Green Building Universities in Malaysia	AGBUM	Específica	Adaptación del Green Building Index a universidades en Malasia.	Panel de 20 expertos en la implementación de edificios verdes en Malasia	AJP	Yadegaridehkordi & Nilashi (2022)

	decision-making approach to assess sustainability indicators									
12	Prioritising performance indicators for sustainable construction and development of university campuses using an integrated assessment approach	2018	Australia	Sustainable Australian Campuses Framework	SACF	Específica	Revisión de documentos publicados por las IES en Victoria, Australia	Se alimentó la matriz AHP con los puntajes designados a través de los criterios de QSM	QSM, AJP	Li et al. (2018)
13	Sustainability indicators for higher education institutions: a proposal based on the literature review	2019	Brasil	Sustainability Indicators for Higher Education Institutions in Brazil	SIHEIB	Específica	Revisión de literatura nacional (Brasil) e internacional orientada a la medición de la sustentabilidad en IES, consultando artículos sobre HES, principalmente de Brasil.	NA	NA	G. S. da Silva & Almeida (2019)
14	Sustainable Assessment Tools for Higher	2023	China	A two-hierarchy sustainability	THSus: IBT	Específica	Revisión de HES: Chinese ASGC, STARS, ASSC,	Grupo de 34 expertos de investigadores,	AJP	Du et al. (2023)

	Education Institutions: Developing Two-Hierarchy Tools for China			assessment tool: In depth Benchmarking Tool			UIGMR, Green Universities Toolkit y AISHE, además de 15 casos de la región de Beijing-Tianjin-Hebei.	diseñadores, ingenieros, líderes académicos y funcionarios de gobierno.		
14	Sustainable Assessment Tools for Higher Education Institutions: Developing Two-Hierarchy Tools for China	2023	China	A two-hierarchy sustainability assessment tool: The Quick Analysis Tool	THSus QAT	Específica	Revisión de HES: ASGC de China*, STARS, ASSC, UIGMR, Green Universities Toolkit, AISHE.	Grupo de 34 expertos de investigadores, diseñadores, ingenieros, líderes académicos y funcionarios de gobierno.	AJP	Du et al. (2023)
15	Sustainable development goals: a framework for deploying indicators for higher education institutions	2022	Brasil, Alemania	Sustainable Development Goals Framework	SDGF	General	Revisión de artículos sobre HES: AISHE, CTE/AMB, CSAF, DUK, GASU, GMID, STARS, AMAS, UIGMR, USAT, STRAUNCH, GRI. La selección de indicadores se hizo de acuerdo con los ODS más abordados dentro de los mismos.	Grupo de 8 investigadores en sustentabilidad a nivel de licenciatura y posgrado	Escala Likert	Griebeler et al. (2022)

Nota. Las abreviaturas empleadas se detallan en la **Tabla A1 del Anexo A**.

El 60 % de los artículos se enfocaron en desarrollar metodologías para Instituciones de Educación Superior (IES) dentro de países específicos, lo que recalca la importancia de adaptar las estrategias y, consecuentemente, las evaluaciones de sustentabilidad a los contextos particulares de las instituciones.

Con el fin de seleccionar los indicadores de acuerdo al contexto de las IES en cada país, los autores consultaron los datos públicamente disponibles a través de la información proporcionada por herramientas de clasificación como UIGMR (Blasco et al., 2019) y STARS (Alghamdi et al., 2019), fuentes de datos del gobierno (Blasco et al., 2019) (Alghamdi et al., 2019), documentos publicados por las IES (reportes, cartas, sitios web) (Alghamdi et al., 2019; Anthony Jnr, 2021; Mo & Wang, 2023), las redes sociales oficiales de las instituciones (Adenle et al., 2021; Mo & Wang, 2023), estudios previos sobre desarrollo sustentable en IES (Anthony Jr, 2021) y la revisión de las políticas locales (acceso a la universidad, tratamiento de residuos, fuentes de energía, entre otros) (Da Silva & Almeida, 2019).

Se observó que ninguno de los artículos reportó haber tenido acceso directo a la información proporcionada por las IES. Esto representa una limitación en la aplicación de modelos de evaluación ambiental, ya que muchos de ellos requieren una gran cantidad de datos específicos que no están disponibles en fuentes de consulta pública. Esta falta de información genera vacíos significativos que dificultan la implementación efectiva de los modelos. Por ello, la participación activa de la administración institucional resulta fundamental para garantizar evaluaciones más precisas, confiables y útiles para la toma de decisiones.

El 70 % de los modelos específicos estuvieron basados en herramientas que ya existían (Tabla 11). Por ejemplo, Anthony Jnr (2020) en Malasia y Li et al. (2018) en Canadá crearon sus propios indicadores, tomando como base las prácticas sustentables observadas en las IES de sus respectivas regiones de estudio. Estos enfoques destacan la importancia de considerar las particularidades locales, entre ellas culturales, normativas y operativas, al momento de evaluar el desempeño ambiental institucional. Por otro lado, Alghamdi et al. (2019) propusieron un índice basado en los flujos de agua, energía y carbono de las IES, para comparar la sustentabilidad de las IES desde un punto de vista técnico.

En el caso de los modelos generales, como se observa en la Tabla 11, todos estuvieron basados en herramientas de evaluación de la sustentabilidad. No obstante, Hernández-Díaz et al. (2021) utilizó otros criterios adicionales para elegir los indicadores, a través de la realización de un análisis temático de los factores clave para la integración de la sustentabilidad en las IES, como la educación para el desarrollo sostenible y los principios de la sostenibilidad corporativa.

Villalba & Useche (2021) también revisaron diversos artículos relacionados a los componentes ambientales en IES, además de la ISO14001 (ISO, 2015), una herramienta auxiliar en la implementación de sistemas de gestión ambiental, y la Guía metodológica para el desarrollo de indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe (Quiroga, 2009), que es un marco estructurado para la construcción de indicadores principalmente para América Latina y el Caribe.

Por otra parte, después de que Griebeler et al. (2022) obtuvo un listado inicial de indicadores a partir de la literatura que revisó, estableció la relación entre los indicadores recopilados y

los ODS a través del software Nvivo, analizando las palabras más frecuentes dentro de las metas y objetivos e identificándolas dentro de los indicadores.

En general, independientemente de la especificidad del modelo, las herramientas en las que se basaron fueron principalmente, STARS, GASU y UIGMR. La primera y la segunda herramienta son clasificaciones internacionales, en el caso de STARS cuenta con 1,223 instituciones registradas, pero solo 359 con una clasificación activa (AASHE, n.d.), mientras que UIGMR ha aumentado su número de participantes hasta 1,183 al año 2023 (UIGMR - UI GreenMetric World University Rankings, 2024). Ambas tienen públicas sus metodologías e indicadores, lo que podría incentivar su utilización, aunque STARS sí supone un costo para someter las IES a su evaluación.

Una forma de asegurar que los indicadores fueran adecuados a los contextos internacionales o nacionales, al mismo tiempo que se validaban, era sometiéndolos a una evaluación realizada por un grupo de expertos a través de diferentes métodos de toma de decisiones y evaluaciones de preferencias.

El 33 % de los estudios emplearon el método de Análisis Jerárquico de Procesos (AHP), para la selección y ponderación de indicadores ambientales en IES. Sin embargo, existen enfoques alternativos que incorporan la perspectiva cualitativa de actores institucionales; por ejemplo, Villalba & Useche (2021) utilizaron entrevistas semiestructuradas aplicadas a 12 profesores universitarios en Venezuela, con el objetivo de validar la pertinencia de las categorías e indicadores propuestos, definir quién debería encargarse de su implementación, establecer la ponderación adecuada para cada categoría, y explorar la relevancia del instrumento en la gestión ambiental, así como su vinculación con los ODS, si en sus IES se trabaja en torno a éstos. Por otro lado, Griebeler et al. (2022) adoptaron un enfoque cualitativo mediante el uso de una escala de Likert para determinar la importancia de cada indicador respecto a los ODS. Este tipo de metodología permite captar la percepción de los participantes de manera estructurada, facilitando la priorización de indicadores en función de su relevancia institucional.

Cabe destacar que, a pesar de que Li et al. (2018) utilizó el AHP, no lo hizo en conjunto con un panel de expertos si no que utilizó un Sistema de Puntuación Cualitativa (SPC), con el que se evaluó cada indicador de acuerdo con una serie de ocho criterios de calidad de la información, calificados de manera binaria (0-1), y utilizó dichas calificaciones para alimentar la matriz de AHP y calcular los pesos relativos de los indicadores.

4.6 Estructuración de los modelos de indicadores en la literatura: Categorías e indicadores

Se recopilaron un total de 16 modelos de indicadores, como se muestra en la Tabla 15, junto con algunas de sus características más relevantes, resaltando que todos mencionaron tener una perspectiva de sustentabilidad, pero el modelo WECF presentaba más bien un enfoque operativo, al no incluir métricas específicas de los impactos sociales y económicos, y solo concentrarse en los ambientales.

Tabla 15. Modelos de indicadores de evaluación del desempeño ambiental y de la sustentabilidad.

Modelo	Carácter	Herramienta	Evaluación	Categorías	Indicadores	Referencia
AGBUM	Sustentable	HES	Puntuación	6	51	(Yadegaridehkordi & Nilashi, 2022)

CSPA	Sustentable	HES	Puntuación	6	14	(Adenle et al., 2021)
EASPU	Sustentable	HES	Índice	3	17	(Blasco et al., 2019)
ECS	Sustentable	HES	Numérica	6	35	(Adenle et al., 2020)
ESGR	Sustentable	HES	Puntuación	4	112	(Mo & Wang, 2023)
GCP	Sustentable	GES	NE	0	21	(Anthony Jnr, 2021)
QM	Sustentable	CES	Puntuación*	10	91	(Villalba & Useche, 2021)
WECF	Operativo	HCS	Índice	NA	NA	(Alghamdi et al., 2019)
SACF	Sustentable	HES	Puntuación	22	54	(Y. Li et al., 2018)
SDGF	Sustentable	HES	Numérica	0	61	(Griebeler et al., 2022)
SEIF/STI	Sustentable	CES	Puntuación	3	301	(De Lima et al., 2016)
SIHEIB	Sustentable	HES	Numérica	6	57	(G. S. Da Silva & Almeida, 2019)
SSIFHEI	Sustentable	HES	Numérica	7	12	(Horan & O'regan, 2021)
THSus QAT	Sustentable	HES	Puntuación	3	29	(Du et al., 2023)
THSus IBT	Sustentable	HES	Puntuación	3	70	(Du et al., 2023)
USus	Sustentable	CES	Puntuación	0	32	(Hernández-Díaz et al., 2021)

NE: No especificado.

Las herramientas de evaluación de la sustentabilidad (HES) pueden identificarse bajo esta denominación general o clasificarse de manera más específica según su enfoque. El 69 % de los casos analizados fueron reportados como HES, ya que ofrecían un marco estructurado con métricas y parámetros definidos para evaluar las prácticas sustentables de forma sistemática y comparativa.

Sin embargo, también hubo cuestionarios de evaluación de la sustentabilidad (CES), que fueron aplicados al personal interno encargado de la gestión ambiental, como hicieron De Lima et al. (2016) y Villalba & Useche (2021), o de manera más extensa a los directores, personal académico y administrativo, y a estudiantes de licenciatura y de posgrado, en el caso de Hernández-Díaz et al. (2020), lo que hace a este último modelo relevante porque permite integrar la percepción de la sustentabilidad de la comunidad universitaria en general.

Alghamdi et al. (2019) creó una herramienta comparativa de la sustentabilidad (HCS), este tipo de herramientas comparan el desempeño, ya sea dentro de las mismas organizaciones o entre organizaciones distintas, no obstante, el modelo WECF tomó en cuenta la información de 34 IES para crear un estándar contra el cual comparar los resultados individuales de cada institución, lo que le permitió determinar el desempeño ambiental de acuerdo al contexto del área de estudio, aunque crea la necesidad de reunir la información de varias instituciones, por lo que incentiva la mejora de los procesos pero no necesariamente asegura las mejores prácticas, porque solo toma en cuenta datos de consumo de agua, consumo de energía y emisiones de carbono, además del área que ocupan las instituciones, la temperatura (clima) y factores de cálculo para determinar el uso del aire acondicionado.

Por otro lado, Anthony Jnr (2021) propuso una guía para la evaluación de la sustentabilidad (GES), una especie de marco de políticas a través del cual se estableció la línea base para implementar y evaluar el desempeño, describiendo las características deseables para los distintos temas ambientales, como la eficiencia energética, la gestión del agua, la reducción de los contaminantes y la educación en sustentabilidad, llegando a 21 indicadores que no dividió en más categorías.

Los modelos revisados presentan una amplia variabilidad en cuanto al número de categorías utilizadas para clasificar sus indicadores. La menor cantidad registrada fue de tres categorías. Por ejemplo, Blasco et al. (2019) y Gustavo de Lima et al. (2016) estructuraron sus indicadores en torno a las tres dimensiones de la sustentabilidad (ambiente, economía y sociedad), mientras que Du et al. (2023) propuso una clasificación basada en tres áreas operativas: el ambiente construido, las operaciones y la participación. Por otro lado, el modelo con mayor número de categorías fue reportado por Mo & Wang (2023), quienes identificaron 29 categorías, como las de materiales, energía, agua y efluentes, prácticas laborales y trabajo decente, estructura y composición de la gobernanza, y enseñanza. Esta diversidad refleja la flexibilidad metodológica en el diseño de indicadores ambientales, así como la necesidad de adaptar los modelos a los objetivos específicos y al contexto institucional de cada caso.

Algunas de las categorías más importantes, de acuerdo con los autores, fueron la eficiencia energética -sobre todo en cuestión de diseño- (Yadegaridehkordi & Nilashi, 2022), el transporte (Adenle et al., 2021), el cumplimiento con los requisitos legales (Villaba & Useche, 2021), la cultura (de la sustentabilidad) (Li et al., 2018) y el ambiente construido (modelo IBT) (Du et al., 2023).

La cantidad de indicadores varía significativamente, desde 12 hasta 301, sin embargo, es importante destacar que, a mayor número de indicadores, mayores son los desafíos asociados a su implementación. Entre estos retos se encuentran la dificultad para acceder a información confiable, el tiempo y los recursos requeridos para recolectar, procesar y analizar los datos, así como la complejidad en la gestión de grandes volúmenes de información, lo cual puede dificultar la toma de decisiones estratégicas (Da Silva & Almeida, 2019; Horan & O'Regan, 2021). Por ello, el diseño de modelos de indicadores debe buscar un equilibrio entre la amplitud del análisis y la viabilidad operativa, asegurando que los instrumentos sean útiles, aplicables y sostenibles en el contexto institucional.

Entre los indicadores más relevantes identificados en la literatura destacan aquellos relacionados con la eficiencia energética, y la reducción de emisiones. Por ejemplo, Yadegaridehkordi & Nilashi (2022) resaltan la importancia de la optimización del consumo de energía, la promoción del uso de energías renovables y la reducción de emisiones de CO₂ en los edificios universitarios. Li et al. (2018) enfatizan indicadores vinculados a la diversidad cultural y la inclusión de estudiantes internacionales e indígenas como parte de la gestión ambiental con un enfoque de equidad. Por su parte, Du et al. (2023) propone indicadores centrados en el diseño y la renovación de infraestructura, uso de materiales sustentables, y la calidad del ambiente interior reflejando una visión integral que vincula la sustentabilidad con el bienestar físico y psicológico dentro del campus.

En cuanto a la evaluación de los indicadores en cada modelo, la mayoría de ellos (69 %) lo hace a través de la asignación de puntuaciones a cada indicador, mientras que otros

modelos únicamente proporcionan los datos relativos o absolutos obtenidos a través de ellos, como el volumen de agua consumida (litros, galones, m³), la cantidad de residuos generados (kg, ton), el consumo de energía (kWh) y los tipos de uso de suelo (%) (Adenle et al., 2020; Da Silva & Almeida, 2019; Griebeler et al., 2022; Horan & O’regan, 2021), por poner algunos ejemplos.

Anthony Jnr (2021) y Hernández-Díaz (2021) evaluaron el cumplimiento de los requisitos de cada indicador a través de una escala de Likert, que iba desde el nulo cumplimiento hasta el cumplimiento total, aunque el primer autor no consideró este método como parte de la metodología de evaluación de los indicadores, pero la sugirió posteriormente cuando evaluó diversas IES en Malasia.

Por otro lado, el modelo AGBUM puede asignar una puntuación de 1 a 15 dependiendo del indicador, ya que los autores definieron la puntuación máxima para cada uno, pero no es claro de qué depende asignar la puntuación completa.

Las puntuaciones también pueden darse a través de porcentajes, como hicieron Mo & Wang (2023), Du et al. (2023) y Gustavo de Lima et al. (2016), asignando cierto grado de cumplimiento para cubrir cierto porcentaje del indicador. ESGR y QAT lo determinaron en función de la cantidad de información (0 – 100 %, desde ausencia de información a cumplimiento total del requisito), mientras que SEIF/STI tomaron en cuenta el tamaño de la inversión o la magnitud del control sobre el indicador (0 – 100%, desde sin inversión/control a inversión/control total del elemento). En el caso del modelo QAT, además de evaluar indicadores específicos, también es capaz de proporcionar una clasificación general del desempeño ambiental para la IES. Esta clasificación se representa mediante una escala que va de verde claro a verde oscuro, en función del índice calculado, el cual oscila entre 0 y 1. Esta visualización facilita la interpretación del nivel de sustentabilidad alcanzado por la institución, permitiendo comparaciones rápidas y fomentando la mejora continua.

Blasco et al. (2019) y Alghamdi et al. (2019) puntuaron sus indicadores de tal modo que al final también obtuvieron un índice. En el primer caso, este se construyó a partir de las puntuaciones dadas a cada indicador dentro de las tres dimensiones de la sustentabilidad, además de que al final el modelo era capaz de clasificar a las IES en cuatro cuartiles (alto, medio, medio-alto, medio-bajo), y en el segundo caso el modelo reporta un coeficiente que entre más se acerca a 1, indica un mejor desempeño.

Un sistema de puntuación de tipo semáforo fue propuesto por Villalba & Useche (2021), en él se asignaba una puntuación de 0 – 5 (desde *sin esfuerzos para construir el indicador* hasta *el indicador existe y se cumple cabalmente*), dividiendo las seis calificaciones posibles en tres colores: rojo, amarillo y verde, este último señalando que se tienen las puntuaciones más altas. Al final, el modelo también proporciona una evaluación global de la IES, que puede ir desde *sin evidencia de gestión ambiental* (rojo) hasta *excelente gestión ambiental* (verde).

En el presente trabajo se clasificaron los 957 indicadores obtenidos a través de la literatura, de acuerdo con el marco de referencia utilizado para definir los indicadores del campus Mexicali. La mayoría de los indicadores formaron parte de la categoría de Gobernanza Institucional (GI, 40.5 %), seguido de Energía y Cambio Climático (ECC, 11.6 %), Infraestructura (I, 11.2 %), Educación e Investigación (EI, 10.7 %), Gestión de Residuos

(GR, 9.8 %), Gestión del Agua (GA, 5.9 %), Salud y Bienestar (SB, 5.6 %), y Gestión territorial y Diversidad Biológica (GTDB, 4.7 %).

La prevalencia de indicadores de Gobernanza Institucional podría explicarse debido a que la base para la integración de la sustentabilidad en las funciones de las IES es un marco de políticas sólido, con planes, programas y otros instrumentos que permitan organizar las prácticas sustentables, además de que también se requieren recursos para ponerlas en práctica (Filho et al., 2021), siendo importante destacar que en este trabajo los indicadores financieros se contemplaron dentro de dicha categoría. Además, si las decisiones se toman desde la dirección, esto también puede influir significativamente en la percepción que se tiene de la sustentabilidad en las IES e incentivar a la participación, partiendo desde el liderazgo, la educación en sustentabilidad y la cultura universitaria (Mohammadi, 2023).

De los indicadores directamente relacionados con el desempeño ambiental, en términos de de energía y cambio climático, residuos, agua, infraestructura, y territorio (43.2 %), la categoría con más indicadores es la de energía y cambio climático, debido a que se contemplaron todas las métricas de consumo energético, energías renovables, emisiones de GEI y otros contaminantes, y también el transporte, que algunas metodologías consideraban como una clasificación separada, pero que incide directamente sobre el tema en cuestión. Los indicadores referentes a la calidad del aire en general (incluyendo el ruido) fueron apenas un 0.5 % (Griebeler, 2021; Li et al., 2018, Du et al., 2023), por lo que se consideraron como parte de ECC.

En muchos modelos revisados, los indicadores relacionados con la Gestión Territorial y Diversidad Biológica suelen ser clasificados dentro de la categoría de infraestructura, no obstante, en este trabajo se le asignó una categoría propia porque constituyen un elemento importante dentro de las IES que no solo se enfoca en las áreas verdes, sino en otras formas de protección de la biodiversidad como los programas de conservación, la gestión de áreas naturales protegidas, la protección de recursos forestales, la planificación del uso de suelo y otros temas que impactan a la comunidad más allá de la perspectiva de la infraestructura.

En cuanto a los indicadores relacionados con el agua, los más comunes en los modelos revisados incluyen el consumo de agua, generación y manejo de aguas residuales, captación de agua pluvial, reúso del agua, programas y/o prácticas de conservación del agua, y equipos eficientes. Los indicadores de residuos tendieron a concentrarse en la generación, tratamiento, recolección selectiva, reducción, protocolos de manejo, consumo de papel y los instrumentos de gestión. Finalmente, en términos de infraestructura, los indicadores abarcaron la sustentabilidad en el diseño de los edificios, la calidad del aire interior, la eficiencia energética, el uso de materiales sustentables y la gestión correcta de los residuos de construcción.

4.7 Modelo teórico de indicadores ambientales para el Campus Mexicali

Las Instituciones de Educación Superior (IES) cumplen principalmente funciones formativas dentro de la sociedad. Sin embargo, su papel no se limita a proporcionar las herramientas necesarias para la formación de profesionales capaces de atender las necesidades sociales, sino que también pueden influir directamente en su entorno. Debido a su tamaño,

diversidad de actividades académicas, culturales, de salud y alimentación, así como a la variedad de edificaciones, espacios e integrantes, las IES pueden considerarse como pequeñas ciudades. En ellas es posible implementar medidas que no solo reduzcan sus propios impactos ambientales, sino que además sirvan de ejemplo e inspiración para que los tomadores de decisiones locales adopten estrategias similares o promuevan colaboraciones entre el sector educativo y el gubernamental. Esto resulta especialmente relevante para fortalecer el desempeño ambiental.

En el caso del campus Mexicali, se han desarrollado diversas acciones en favor del ambiente; sin embargo, estas no han sido sistematizadas de manera que permitan identificar con claridad las líneas de acción y los avances asociados a ellas. En este contexto, la elaboración de un modelo de indicadores ambientales para el campus puede facilitar la evaluación, el monitoreo y la optimización de su desempeño ambiental, al tiempo que aporta información útil para identificar áreas de oportunidad, diseñar estrategias, contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y dar continuidad y seguimiento a los planes, programas y políticas implementadas.

A continuación, se presenta el proceso de elaboración de dicho modelo, que comprende la definición de las tres categorías ambientales más relevantes, los indicadores y subindicadores que las conforman, así como las necesidades que cada uno de ellos busca atender.

Para el modelo teórico de indicadores, se designaron tres categorías como principales, la gestión de residuos, la gestión del agua, y la energía y cambio climático.

La gestión de residuos se eligió al considerar que el PDI aborda los residuos directamente como parte de la Estrategia 9 en las líneas de acción 4 (destinar recursos para Universidad Limpia y Separación y Valorización de los Residuos), 5 (promover el consumo responsable con una política de compras que tome en cuenta el retorno de productos al final de su vida útil) y 9 (seguimiento al manejo de residuos y emisiones). Además, el Programa Cero Residuos ha sido un eje central de la política ambiental de la institución, alrededor del cual se han creado otros 11 programas, como el *Programa de reducción y separación de papel y cartón* y el *Programa de recolección de cartuchos de tinta y tóners en espacios administrativos*, siendo que también hay un mayor control y disponibilidad en la información, con documentación como bitácoras y manifiestos de transporte.

Además, uno de los principales retos para la IES es la falta de información acerca del destino final de los residuos, ya que el sistema de manejo actualmente solo abarca la generación, sobre la que requiere estrategias de reducción, la separación, que tiene oportunidad de mejorar entre la comunidad universitaria, el acopio, que tiene el reto de mantener la separación y el almacenamiento adecuado, y la entrega a un transportista autorizado, que no siempre especifica el destino de los residuos.

La Gestión del Agua se incluyó como eje de análisis al ser un tema central en la Estrategia 9 del PDI, siendo directamente mencionada en la línea de acción 3 (promover el uso eficiente del agua), 4 (recursos para el Manejo Responsable del Uso y Reúso del Agua) y 9 (seguimiento al manejo de las emisiones). En particular, la institución mantiene registros sobre el consumo de agua, el tratamiento de las aguas residuales y las medidas administrativas para el cuidado del agua.

Adicionalmente, el agua es un recurso limitado tanto por factores geográficos como administrativos, y constituye un elemento fundamental para las actividades de la institución, por lo que es importante mantener registros sobre su manejo y la implementación de las mejores prácticas para su conservación. Actualmente, la CESPМ ha establecido una dotación de 35 metros cúbicos anuales por persona para el uso de agua potable por parte de la comunidad universitaria, un límite que es importante mantener para prevenir el sobreconsumo y, consecuentemente, los cargos derivados del mismo.

El eje referente a la Energía y Cambio Climático se coloca como un tema prioritario dentro de la Estrategia 9, y dentro de las líneas de acción se abordan los aspectos del uso eficiente de la energía, recursos para el Manejo Eficiente de la Energía e Implementación de Energías Renovables, acciones de movilidad urbana sustentable, y el seguimiento al manejo de emisiones, como parte de las líneas 3, 4, 8, y 9, respectivamente. La institución también cuenta con registros del consumo de energía, de la producción de energía de los paneles solares, del programa de carpool y también ha implementado medidas administrativas para el uso eficiente de la energía.

También es importante destacar que las tres categorías seleccionadas concentran la mayor parte de los recursos destinados a los proyectos para la mitigación de los impactos del cambio climático en la UABC, específicamente para el manejo de las aguas residuales, la separación y valorización de los residuos, y el manejo eficiente de la energía (UABC, 2024), además de que se atienden problemáticas relacionadas con los impactos ambientales más significativos a nivel municipal, como se abordó en la sección 2.4.

Una vez definidas las categorías prioritarias que formarían parte del modelo teórico de indicadores, se seleccionaron los indicadores y subindicadores para cada una.

La categoría de Gestión del Agua se dividió en cuatro indicadores de desempeño, *GA1 – Instrumentos de gestión del agua*, *GA2 – Manejo de agua potable*, *GA3 – Manejo de aguas pluviales* y *GA4 – Manejo de aguas residuales*, abarcando los tres tipos de agua que están bajo control de la IES.

El indicador GA1, se encarga de verificar que las acciones que se toman en torno a la conservación del agua estén contempladas dentro de uno o más programas, planes y/o proyectos generales que sean capaces de guiar la gestión de los recursos hídricos, impulsando un mayor compromiso y la rendición de cuentas, así como la continuidad de las medidas entre periodos rectorales.

A través del subindicador de *GA1.1 - Existencia de programas, planes y/o proyectos de gestión del agua* y *GA1.2 - Monitoreo de programas, planes y/o proyectos*, se atiende el *ODS 6 – Agua limpia y saneamiento*, asegurando la gestión integrada de los recursos (meta 6.5), el *ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles*, con la reducción del impacto ambiental negativo de la ciudad a través de la gestión del agua (meta 11.6), y el *ODS 12 – Producción y consumo responsables* al promover la gestión sustentable y el uso eficiente de los recursos naturales (meta 12.2).

El indicador GA2 se concentra sobre la gestión del agua potable, la cual es muy importante para asegurar que haya agua suficiente para la realización de las actividades diarias y la provisión de servicios, además de propiciar el uso eficiente de los recursos hídricos, evitar el desperdicio y el sobreconsumo, y proteger las fuentes de agua y los ecosistemas

asociados (UNCCD, 2017), especialmente tomando en cuenta que el 95 % del agua en Mexicali proviene del Río Colorado, que se encuentra afectado por la sobreexplotación, el déficit de escurrimiento y una sequía histórica (Gobierno del Estado de Baja California, 2023b).

Los subindicadores que conforman a GA2 son el *GA2.1 - Estatus de riesgo del suministro de agua potable*, determinado por el origen del agua potable y su nivel de riesgo según la disponibilidad de las cuencas y acuíferos con información de CONAGUA, la existencia de un plan de contingencia para prever acciones en caso de interrupciones en el suministro, y la consideración de fuentes alternas de agua; *GA2.2 - Implementación de equipos altamente eficientes en el uso del agua*, buscando un mayor número de equipos ahorradores frente a los convencionales; *GA2.3 - Mantenimiento periódico de las instalaciones*, para evitar el deterioro de las instalaciones que puede facilitar el desperdicio de agua; y *GA2.4 Consumo per-cápita ajustado al volumen asignado de agua potable*, que busca mantener la demanda de agua por debajo del volumen autorizado por la CESPM.

Con este tipo de medidas se abona al ODS 6, a través de la búsqueda de la sustentabilidad en la extracción y abastecimiento del agua dulce para enfrentar la escasez y la potencial falta de agua (meta 6.4), y la protección de los ecosistemas relacionados con el agua (meta 6.6) de forma indirecta, al *ODS 13 – Acción por el clima*, al buscar la resiliencia y adaptación a los riesgos relacionados con el clima (como la escasez del agua) (meta 13.1), y al *ODS 15 – Vida de Ecosistemas Terrestres*, porque se contribuye a la protección de los ecosistemas terrestres y el agua dulce de la que dependen (15.1).

El indicador GA3 verifica que se cuenta con estrategias de manejo de las aguas pluviales, de tal modo que se favorezca la continuidad del ciclo del agua, la recarga de acuíferos, la prevención y disminución de la erosión del suelo, la reducción de los riesgos a la infraestructura como las inundaciones, evitar pérdidas materiales y humanas, y la prevención de la contaminación de los cuerpos de agua (Kim et al., 2024; Meilvang, 2021).

Particularmente, el Campus Mexicali carece de infraestructura para el manejo de las aguas pluviales y también puede verse afectado por las inundaciones debido a que la mayoría de las unidades se encuentran rodeadas de sitios pavimentados. No obstante, la extensión actual de las áreas verdes constituye una oportunidad para la infiltración del agua de lluvia siempre y cuando se atienda y prevenga la compactación y erosión del suelo.

A través de *GA3.1 Estrategias de manejo de aguas pluviales*, se busca mejorar la gestión del agua pluvial por medio de distintas medidas que promuevan la absorción o captación del agua, aunque tomando en cuenta las condiciones climáticas de Mexicali, con un clima predominante muy seco cálido en el Valle y la Ciudad y temperaturas de hasta 45°C en verano, y la limitada precipitación, de apenas 78.7 mm en promedio anual (INEGI, 2024), las estrategias más incentivadas se concentran en la absorción del agua, que estén reflejadas en políticas, planes y/o programas, con medidas como superficies absorbentes, jardines, zanjas de infiltración y cortes de guarniciones, además de sistemas de captación. Por otro lado, también se busca el registro específicamente del *Área de absorción del agua pluvial* (GA3.2) con la finalidad de detectar las oportunidades de implementación de más sitios de este tipo, de ser factible, o al menos asegurar su conservación.

Los ODS abarcados por GA3 son el 6, con la protección de los ecosistemas relacionados al agua (meta 6.6), el ODS 13 con el fortalecimiento de la resiliencia y la capacidad de

adaptación a riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales, el ODS 15 a través de la reducción del impacto de los desastres (meta 15.5), como inundaciones y sequías, y el ODS 15 mediante la conservación y restauración de los ecosistemas terrestres y de agua dulce.

El indicador GA4 está enfocado en la adecuada gestión de las aguas residuales, tanto las aguas negras, provenientes del inodoro, como las aguas grises, generadas por el uso de los lavabos, fregaderos y regaderas, de tal manera que se puedan prevenir sus impactos negativos en el ambiente al mismo tiempo que se les da un segundo uso, lo que además constituye un ahorro en el consumo de agua potable.

En el Campus Mexicali, se cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con un caudal de 10 L/s que se emplea en el procesamiento del afluente proveniente de la colonia Independencia, ubicada a un costado de las instalaciones de la institución. De este modo, a través de un convenio con la CESP, la IES está exenta del pago del servicio de agua potable siempre y cuando continúe con el tratamiento de estas aguas y se apegue al consumo de agua potable asignado, lo que refuerza la necesidad de mantener y mejorar el funcionamiento de las operaciones. Además, actualmente solo se utiliza alrededor del 35 % del agua tratada para regar el 67% de las instalaciones del campus central (Mexicali I y Unidad Deportiva Rubén Castro Bojórquez), de acuerdo con el documento interno *Análisis de Ciclo de Vida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales* (CPGA, 2025), por lo que su uso puede extenderse para el riego de otras áreas verdes, el mantenimiento de parques, procesos industriales o en la agricultura, al cumplir los estándares de calidad de la NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación, e incluso puede explorarse su uso para otras actividades como la descarga de sanitarios, la limpieza de exteriores, en procesos industriales o como agua para incendios, siempre que se cumpla los estándares de calidad establecidos.

Los subindicadores que conforman el indicador de desempeño GA4 son *GA4.1- Gestión y control de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*, donde se verifica la documentación de la PTAR que respalde el diseño, mantenimiento, operaciones y capacitación; *GA4.2 - Reutilización del agua residual tratada*, que busca aumentar la reutilización del agua tratada a al menos un 90 %; *GA4.3 - Calidad del agua tratada*, para verificar que los análisis de calidad del agua se realicen periódicamente de manera semestral por un organismo certificado; *GA4.4 - Gestión de la reutilización de las aguas grises*, para impulsar la implementación de un sistema a través del diagnóstico, diseño, instalación, capacitación y monitoreo; y *GA4.5 - Reutilización del agua gris*, para incentivar el cumplimiento de un volumen meta de acuerdo con las características de diseño.

Los ODS a los que se aporta son el 6, al mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación (meta 6.3), aumentar el uso eficiente del agua (meta 6.4) y proteger y reestablecer ecosistemas relacionados con el agua, el ODS 11, al aportar a la reducción del impacto de los desechos de la ciudad (meta 11.6), el ODS 13, al aportar en la resiliencia y adaptación a riesgos climáticos (meta 13.1), el ODS 14 – *Vida submarina*, al prevenir y reducir la contaminación marina proveniente de actividades terrestres (meta 14.1), y el ODS 15, aportando a la conservación y restauración de los ecosistemas terrestres y de agua dulce.

La categoría de Gestión de Residuos está conformada por los indicadores *GR1 – Instrumentos de gestión de residuos*, *GR2 – Manejo integral de residuos sólidos institucionales*, *GR3 – Manejo integral de residuos de manejo especial* y *GR4 – Manejo integral de residuos peligrosos*.

El indicador GR1 se centra en establecer las bases para la gestión de los residuos a través de instrumentos y políticas, ya que estos son fundamentales al momento de implementar las diferentes estrategias para los tres tipos de residuos que maneja la IES.

El subindicador *GR1.1 Instrumentos de gestión de residuos* verifica e impulsa la existencia de programas, planes y/o proyectos que incluyan el monitoreo, la separación de acuerdo con las opciones de reúso y el mercado de residuos, la identificación de contenedores, la recolección selectiva, las condiciones de almacenamiento temporal, la supervisión, la promoción de la gestión adecuada, la existencia de manuales y la selección de proveedores de servicios; el *GR1.2 Monitoreo de programas, planes y/o proyectos* es para verificar que se da seguimiento a los instrumentos de gestión; y *GR1.3 Estrategias de reducción en la fuente*, tiene la finalidad de impulsar ciertas medidas administrativas para disminuir los residuos, siendo de carácter flexible al posibilitar la agregación de nuevas estrategias de ser necesario.

El indicador GR2 verifica que los residuos sólidos institucionales se gestionen de manera integral, promoviendo principalmente la disminución de la generación de residuos, la priorización de la reutilización y el reciclaje por sobre el envío de los RSI a sitios de disposición final, y que los SDF se encuentren autorizados.

Ante las carencias del sistema de manejo municipal de RSU, aunque la IES contrate únicamente transportistas autorizados -de acuerdo con los manifiestos-, los SDF en el municipio no cuentan con infraestructura básica de protección ambiental (SEMARNAT, 2020), por lo que esto recalca la importancia de que el Campus Mexicali tome medidas especiales para disminuir su generación y encontrar alternativas para lo que se continúe generando, de modo que su impacto ambiental pueda ser menor.

Los subindicadores para monitorear el cumplimiento del adecuado manejo de los RSI, son el *GR2.1 - Capacitación de los encargados del manejo de RSI*, para verificar que la totalidad del personal cuente con los conocimientos necesarios sobre el sistema; *GR2.2 - Proporción de residuos orgánicos reutilizados y reciclados*, ya que actualmente los residuos de poda y jardín son susceptibles de tratamiento y reutilización a través de la empresa Ciclo, y se busca promover otras medidas similares para el resto de orgánicos (compostaje, digestión anaeróbica); *GR2.3 - Proporción de residuos inorgánicos reutilizados*, buscando priorizar la reutilización, en sintonía con las iniciativas actuales para el intercambio de materiales dentro de la IES; *GR2.4 - Proporción de residuos inorgánicos reciclados*, teniendo como meta la recuperación de al menos el 21% de residuos inorgánicos, de acuerdo con el estudio de generación del Campus Mexicali en concordancia con el mercado actual (papel, cartón, PET y latas de aluminio); y *GR2.5 Proporción de residuos enviados a SDF*, como una métrica que permite visibilizar el problema de la disposición final de los residuos, y que no debe rebasar el 79 %.

El indicador GR3 es para monitorear que los residuos de manejo especial se gestionen adecuadamente, priorizando la disminución, reutilización y reciclaje de residuos de

construcción y demolición, papel y cartón, electrónicos, tóners, muebles, vehículos y otros elementos que se desincorporen del patrimonio nacional en la IES.

A través de la revisión documental y la realización de entrevistas, se ha determinado que el sistema de manejo interno universitario termina al entregar los RME a los transportistas autorizados, sin embargo, se desconoce el destino final preciso de los residuos, ya que los manifiestos solo incluyen el tipo de manejo que se les proporciona, como el reciclaje y el acopio. De ahí que se recalca la importancia de prevenir y disminuir la generación de este tipo de residuos, además de identificar la oportunidad de investigar esta información.

Los subindicadores que conforman GR3 contemplan el reuso y recuperación de distintos materiales. Desde el punto de vista administrativo, se implementan medidas a través de *GR3.1 - Obtención de permiso como generador de RME*, debido a que es un requisito legal para todas las unidades académicas; *GR3.2 - Capacitación de los encargados del manejo de RME*, para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema; *GR3.3 - Política de retorno de RAEE para su reciclaje o disposición final*, de modo que se priorice la adquisición de equipos con empresas que se hagan cargo de sus residuos; *GR3.4 - Protocolo de baja para equipos electrónicos*, asegurando que se complete el tiempo de vida útil del equipo; y *GR3.10 - Política de manejo de residuos de construcción*, en el que se requiera que los prestadores de servicio se hagan cargo de la gestión de sus propios residuos en las actividades de construcción, remodelación o mantenimiento, como parte de los contratos que firman con la IES.

Por otro lado, se promueve el seguimiento de los materiales recuperados por medio de *GR3.3 - Recuperación de tóners para su reciclaje*, en concordancia con el programa de retorno de tóners que se mantiene actualmente a través del servicio de HP, además de que se incentiva la búsqueda de la salida o sustitución de otras marcas por las que sí ofrezcan este manejo; *GR3.5 - Recuperación de Residuos Aparatos Eléctricos y Electrónicos para su reciclaje o disposición final*, manteniendo un registro de los que son acopiados por Fundación Hélice y de los que se gestionan de manera externa; *GR3.6 - Recuperación de papel y cartón para su reciclaje*, debido a que son materiales abundantes sobre los que se mantiene un control y una calidad adecuadas; *GR3.7 - Recuperación de bienes para su reutilización*, que ya constituye una práctica común que ayuda a aprovechar al máximo la vida útil de los bienes, tanto dentro de la IES como a través de su venta y/o donación a externos; *GR3.8 - Recuperación de bienes para su envío a reciclaje*, cuando ya no existe posibilidad de un segundo uso; y *GR3.9 - Recuperación de bienes para su envío a SDF*, de tal modo que se mantenga un registro de que los proveedores de servicios de transporte estén autorizados.

El indicador GR4 condensa lo relativo a la gestión adecuada de los residuos peligrosos: la disminución, implementación de protocolos de manejo, almacenamiento y tratamiento o confinamiento. Debido a sus características de toxicidad, flamabilidad, reactividad, corrosividad y carácter biológico-infeccioso, los RP constituyen un riesgo potencial directo para la salud y el ambiente si se liberan al ambiente sin ningún control (Kumar et al., 2023).

En el caso de los RP, aunque la institución los entrega a transportistas autorizados, los manifiestos no detallan específicamente el tipo de manejo de los residuos, lo que nuevamente refuerza la necesidad de implementar medidas de reducción en la fuente.

Tomando en cuenta los riesgos propios de los RP, las regulaciones legales bajo las que están sujetos y los retos que existen en su manejo tanto a nivel local como regional, el manejo adecuado de este tipo de residuos es relevante dentro de las funciones de la IES, que genera RP derivados de actividades en laboratorios, la operación de las PTARs y en actividades de mantenimiento.

Los subindicadores de GR4 son *GR4.1 - Obtención de permiso como generador de RP*, un requisito legal que deben cumplir todas las unidades donde se generen estos residuos; *GR4.2 - Condiciones adecuadas en almacenes temporales de RP*, verificando que se cumpla la normatividad correspondiente a las condiciones y al tiempo de almacenamiento; *GR4.3 - Protocolos vigentes de manejo de sustancias, materiales y residuos peligrosos*, con la finalidad de evitar y reducir la cantidad de RP generados, y asegurar que se gestionen adecuadamente, desde el generador, hasta quien los transporta internamente, los almacena, y los entrega a un proveedor de servicios para su tratamiento o confinamiento; *GR4.4 - Proporción de RP que son enviados a confinamiento controlado o tratamiento*, para procurar que los RP se dispongan correctamente en sitios autorizados y *GR4.5 - Capacitación de los encargados del manejo de residuos peligrosos*, para verificar que los participantes en el proceso de gestión tengan los conocimientos necesarios para realizar sus funciones y las desempeñen de manera segura.

Los ODS a los que se aporta son el 3, ya que al proporcionar un manejo integral de los residuos se evita que estos se libren al ambiente y representen un riesgo a la salud, el 11, al reducir el impacto de los desechos de la ciudad (meta 11.6), el 12, al reducir la generación de desechos a través de distintas estrategias en las diferentes etapas del manejo (meta 12.5) y al buscar la gestión racional de los productos químicos y sus desechos, y reducir su liberación al ambiente a fin de minimizar sus impactos negativos (meta 12.4), y el ODS 13, porque en general, a través de las medidas incentivadas pueden reducirse las contribuciones al cambio climático en la forma de emisiones de GEI, tanto al prevenir la generación de más residuos, como dándoles una segunda oportunidad mediante el reúso o reciclaje antes que la disposición final.

La categoría de Energía y Cambio Climático está conformada por los indicadores de desempeño *ECC1 – Instrumentos de gestión de la energía y el cambio climático*, *ECC2 – Eficiencia y gestión de la energía*, *ECC3 – Prácticas de movilidad sustentable*, *ECC4 – Desempeño en la emisión de gases de efecto invernadero*, y *ECC5 – Calidad del aire*.

En ECC1 se sientan las bases para la gestión a través de dos subindicadores; el *ECC1.1 - Existencia de un Plan de Acción de Cambio Climático*, en donde se verifica que las estrategias en torno al cambio climático estén dentro de un plan que funcione como un eje rector, abordando aspectos como la huella de carbono, metas de reducción de GEI, eficiencia energética de edificios, transición a energías renovables, gestión sostenible de residuos, movilidad sustentable, uso responsable del agua, gestión de áreas verdes, estrategias de adaptación, incorporación de la sustentabilidad en planes de estudio y estrategias de concientización, fomento de la investigación y desarrollo de soluciones innovadoras, y la colaboración con otras instituciones; y el *ECC1.2 - Monitoreo del Programa de Acción de Cambio Climático*, para verificar que se publique al menos un informe anual de los avances y áreas de oportunidad del plan.

El indicador ECC2 busca monitorear el consumo energético institucional, tomando en cuenta las fuentes de generación de la energía eléctrica, impulsando la utilización de energías renovables e implementando estrategias para el ahorro y el uso eficiente de la energía.

Tomando como contexto los altos consumo de energía de la región debido al calor extremo y la búsqueda simultánea de fuentes alternativas de energía, este es un aspecto en el cual la IES puede tener una incidencia importante, tomando en cuenta que su uso no se limita únicamente al horario de clases, sino también a las actividades administrativas, además de que constituye uno de los mayores gastos operativos. El Campus depende de la red pública de electricidad, pero también cuenta con un sistema de cubiertas solares fotovoltaicas en el estacionamiento del campus I, con una capacidad instalada de 498.68 kWp que es capaz de proporcionar un ahorro de hasta 904,513 kWh, además de que ha implementado estrategias adicionales para contribuir al uso eficiente y el ahorro de energía (CPGA, 2023).

Los subindicadores que conforman ECC2 son *ECC2.1 - Monitoreo del consumo energético institucional*, para verificar que se mantiene un registro anual, permitiendo comparar distintos periodos; *ECC 2.2 - Cumplimiento del ahorro energético proyectado por el uso de paneles solares*, comparando la generación anual real con la generación anual proyectada a través de una simulación en el periodo evaluado; *ECC2.3 - Instalación de fuentes de energía renovable*, para incentivar la transición energética tomando como base que el diagnóstico energético para el campus Mexicali (CPGA, 2023) detectó que hay cinco unidades críticas para el ahorro de energía mediante paneles solares; *ECC3.4 - Gestión de las energías renovables*, para verificar que se esté monitoreando el funcionamiento de los sistemas; *ECC3.5 - Estrategias administrativas para la disminución del consumo de energía*, que se concentra en la adopción de medidas a corto plazo con recursos limitados (horarios de verano e invierno, uso de luz natural, regulación de temperatura del aire acondicionado, concientización); *ECC3.6 - Estrategias técnicas para la disminución del consumo de energía*, que se enfoca en medidas a mediano y largo plazo (instalación de sub-medidores, sensores de presencia, mantenimiento de equipos, aislamiento térmico); y *ECC3.7 - Instalación de equipos energéticamente eficientes*, verificando que se priorice la adquisición de equipos energéticamente eficientes, que exista un proyecto de reemplazo de equipos y que se reporten avances sobre este último.

El indicador ECC3 se enfoca en el seguimiento y evaluación de las prácticas de movilidad de manera interna, gestionando la flota vehicular institucional, y externa, manteniendo un registro de las prácticas de transporte de la comunidad universitaria (por medios privados y públicos), además de mantener un control sobre los programas y estrategias implementadas para fomentar el uso de medios de transporte menos contaminantes.

La predominancia del transporte privado sobre el transporte público en el municipio también se ve reflejado en la movilidad de la comunidad universitaria. El campus Mexicali cuenta con algunas investigaciones internas referentes a los estacionamientos, que han emitido recomendaciones sobre los tipos y el número de espacios (Galindo et al., 1998, 2003; Santos, 2019), así como un análisis de la propuesta de circulación en un sentido en el campus central de Mexicali, que determinó que la medida era inconveniente (Santos, n.d.). También se han llevado a cabo acciones puntuales como el acceso a tarjetas de prepago y a tarifas preferenciales para estudiantes, en colaboración con el Instituto de Movilidad Sustentable del Estado (IMOS) (Ruiz, 2024), y el gobierno mantiene un registro sobre las

rutas disponibles (Gobierno del Estado de Baja California, n.d.). En 2025, también se comenzó con la implementación de un proyecto piloto de auto compartido con Hoop Carpool en la Facultad de Ingeniería del Campus Mexicali (López, 2025). Sin embargo, se carece de estudios que analicen más a fondo las necesidades de movilidad de la comunidad y de programas estratégicos. Por lo tanto, evaluar aspectos de movilidad con una perspectiva sustentable permitiría a la IES medir y reducir las emisiones asociadas a los desplazamientos, promover políticas y mejorar la equidad en el acceso al campus.

Las bases de ECC3 se plantean a través de *ECC3.1 - Existencia de un Programa de Movilidad Sustentable*, para guiar acciones como un diagnóstico integral, la promoción de transportes cero emisiones, la reducción del uso individual de automóviles, la colaboración con el sector del transporte público, la implementación de transporte universitario y la concientización en movilidad sustentable; y *ECC3.2 - Monitoreo del Programa de Movilidad Sustentable*, para verificar la publicación de al menos un informe anual.

Para dar seguimiento al programa de carpool en el Campus Mexicali, que se lleva a cabo en la Facultad de Ingeniería y que tiene planes de expansión al resto de las unidades, se incluyó el indicador *ECC3.3 - Implementación de un programa de carpool*, para mantener un registro de su gestión (convenios, eventos de difusión, estadísticas básicas y el porcentaje de implementación del programa).

El subindicador *ECC3.4 - Fomento del transporte público* busca incentivar la colaboración con el gobierno y/o empresas de transporte privadas para el acceso a transporte por parte de la comunidad universitaria, además de la concientización y recopilación de estadísticas en caso de impulsar un programa de este tipo.

Por último, *ECC3.5 - Incentivar la movilidad cero emisiones* busca promover la caminabilidad, el uso de bicicletas y otros vehículos no motorizados, y campañas de sensibilización sobre los beneficios de este tipo de transportes, además de la recopilación de estadísticas de uso, tomando en cuenta las condiciones climáticas extremas que caracterizan al municipio y que pueden limitar el uso de este tipo de opciones.

Los indicadores ECC4 y ECC5 abordan el monitoreo, seguimiento y reducción de la contaminación atmosférica, específicamente de los gases de efecto invernadero y los contaminantes criterio, respectivamente.

En el caso de la IES, las fuentes de emisión que contribuyen a la contaminación atmosférica son los vehículos públicos y privados de la comunidad universitaria, el polvo de las superficies sin cubierta vegetal o artificial, la combustión en laboratorios y cafeterías, actividades de construcción o mantenimiento, y las emisiones indirectas por el consumo de energía eléctrica. Además, aunque la institución participe en el monitoreo de la calidad del aire a través del Instituto de Ingeniería, que opera una estación meteorológica dentro de sus instalaciones y otra en la periferia del municipio (*Departamento de Meteorología y Climatología*, 2009), e impulse las conversaciones en torno a la calidad del aire a través del Primer Foro Binacional de Calidad del Aire (Gutierrez, 2025), aún tiene áreas de oportunidad en cuanto a metas y acciones de reducción de emisiones de contaminantes criterio y GEI.

El indicador ECC4, diseñado para monitorear las emisiones de GEI y su disminución respecto a una meta que determine la institución, incluye el subindicador *ECC4.1 -*

Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, debido a que la IES busca una huella de carbono cero para el 2040, por lo que se plantea el monitoreo de las emisiones de al menos el Alcance 1 (emisiones directas de la institución) y el Alcance 2 (emisiones indirectas), con la opción de integrar las emisiones del Alcance 3 (emisiones indirectas resultado de las operaciones de la institución, sobre las que no tiene control directo); y el subindicador de *ECC4.2 - Estrategias de secuestro de carbono*, con el fin de mantener un registro de las estrategias que se aplican para motivar y monitorear la reducción de emisiones de carbono, tanto in situ (cobertura vegetal, techos verdes, aplicación de composta) como ex situ (forestación, por ejemplo).

Para monitorear y facilitar la identificación de alternativas de reducción de las emisiones y la mejora en la calidad del aire, se tienen los subindicadores *ECC5.1 - Control de las emisiones de contaminantes criterio* (O₃, SO₂, CO, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, Pb), que se refiere al mantenimiento de un registro de al menos las emisiones directas (fuentes dentro del campus) y, de manera complementaria, de las emisiones indirectas (fuentes como la electricidad de la red pública), el subindicador *ECC5.2 - Reducción de las sustancias agotadoras de ozono*, para impulsar su sustitución y/o eliminación de los productos consumidos por la IES.

Uno de los ODS a los que aporta esta categoría es el 3, ya que, al promover la movilidad activa, a través de actividades como las caminatas y el uso de la bicicleta, y la mejora en la calidad del aire, también se aporta a la salud universitaria.

El ODS 7 - *Energía asequible y no contaminante*, se abona mediante la gestión eficiente y sustentable de la energía, el fomento de las energías renovables y la reducción de emisiones, la incentivación de la investigación y el desarrollo tecnológico -al colocar el cambio climático como un eje principal en el desempeño ambiental-, la búsqueda de la implementación de infraestructura, y la mejora tecnológica para una operatividad sustentable (metas 7.1 a 7.b).

El ODS 11 se atiende promoviendo la adopción de políticas para el uso eficiente de los recursos, la mitigación y la adaptación al cambio climático (meta 11.b); facilitando el acceso a transporte seguro, asequible y sustentable, y mejorando la seguridad vial (meta 11.2); y reduciendo el impacto ambiental negativo de la calidad del aire en la ciudad.

La participación en el ODS 12 se da a través de la gestión sustentable y las estrategias para el uso eficiente de la energía (meta 12.2), además del fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica hacia un consumo y producción más sostenibles, de tal modo que se reduzcan las emisiones y las operaciones sean más limpias (meta 12.a).

El ODS 13 también se aborda desde la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes (meta 13.2), la mejora de la capacidad institucional en medidas para la mitigación (meta 13.2), y la planeación y gestión eficaces (meta 13.a).

Las estrategias de secuestro de carbono, como la forestación o conservación de las áreas verdes, contribuyen al ODS 15 – *Vida de ecosistemas terrestres*, al mantener la integridad de los ecosistemas y su función como sumideros de carbono.

Por último, a través del *ODS 17 – Alianzas para lograr los objetivos*, se reconoce que se requiere la colaboración con dependencias locales y actores sociales para implementar las estrategias planteadas.

4.8 Validación y ponderación de indicadores de la categoría de Gestión de Residuos por AHP

Con el propósito de asegurar la relevancia y jerarquización de los indicadores propuestos en la categoría de Gestión de Residuos, se aplicó el método de AHP. Esta técnica permite integrar juicios expertos para asignar ponderaciones relativas a cada indicador, facilitando una evaluación estructurada y objetiva. A continuación, se describe el proceso de validación, selección de participantes y análisis de los resultados obtenidos mediante la aplicación de encuestas especializadas.

Las encuestas fueron distribuidas entre 19 integrantes del grupo de expertos en Gestión de Residuos de la UABC, obteniéndose respuesta únicamente del 21 % de ellos. Con el objetivo de ampliar la diversidad de perspectivas, se extendió la invitación a especialistas universitarios externos, logrando la participación adicional de ocho expertos.

En conjunto, la mayoría de los encuestados contaban con estudios de nivel doctorado; únicamente uno con licenciatura. Todos ellos tenían formación en disciplinas afines, tales como ciencia e ingeniería ambiental, química, ingeniería industrial, biología, oceanografía, desarrollo sustentable, energía y contaminación atmosférica. Su área de especialización se centraba principalmente en la gestión de residuos, así como en otros ámbitos de la gestión ambiental, incluyendo energía, atmósfera y agua.

Esta diversidad de perfiles permitió enriquecer el análisis, especialmente al aplicar la metodología AHP, cuya principal ventaja radica en reconocer que no todos los indicadores contribuyen de igual manera a la evaluación de la sustentabilidad, por lo que asignarles distintos valores relativos permite reflejar mejor la realidad, determinar los que son estratégicos, identificar las áreas con mayor peso en el desempeño, y también facilita las comparaciones y el seguimiento.

Además, permite realizar evaluaciones de manera rápida y sencilla, considerando que tan solo para la gestión de residuos, en total cada experto hizo 84 comparaciones, pero el formato proporcionado, que consistió en el llenado de matrices, simplificó el proceso, reflejando la lógica comparativa del método, permitiendo visualizar simultáneamente los elementos evaluados, haciendo clara la relación relativa entre los criterios, permitiendo detectar y corregir incoherencias en los juicios de manera fácil, y siendo un formato más técnico y ordenado. De esta manera, se mejoró la precisión en las comparaciones, la consistencia de las respuestas, la calidad de los resultados, así como la eficiencia en el uso del tiempo y la disposición de los participantes. Además, el análisis de los datos se facilitó al poder consolidar todas las respuestas en matrices globales, lo que permitió una interpretación más estructurada y coherente de la información recopilada.

No obstante, uno de los retos en la recepción de respuestas fue el desconocimiento de la metodología AHP, la complejidad en la transmisión de las instrucciones para su comprensión entre los participantes, y que no se conocen las opiniones de los expertos más allá de los criterios establecidos. Por ello, es recomendable que se ofrezcan capacitaciones

sobre el método, en cuanto a su funcionamiento, su utilidad en la toma de decisiones y las instrucciones específicas para la evaluación comparativa, de tal modo que se pueda comprender mejor la lógica del método, los criterios de valoración y la interpretación de las escalas, favoreciendo potencialmente la confianza en el proceso y la consistencia de los juicios emitidos. Durante el proceso de respuesta a las encuestas de este trabajo, se ofreció apoyo en la resolución de dudas y se detallaron más las instrucciones, a petición de uno de los expertos, notando un ligero incremento en la participación después de esta mejora (pasando de cinco respuestas a 12).

Para tomar en cuenta más ampliamente la opinión de los expertos, es recomendable sugerir que estos agreguen las observaciones que los llevaron a la resolución de los juicios dentro del mismo formato. También puede tomarse el camino de un abordaje inicial más directo en la fase de la delimitación de indicadores, antes de la etapa de evaluación con AHP, reuniendo a los expertos para discutir detalladamente cada indicador y tomar en cuenta sus opiniones más activamente, aunque debe considerarse la disponibilidad de tiempo, los recursos para llevar a cabo la sesión (espacio físico o digital, equipos, materiales de apoyo) y las actividades de organización (definición de objetivos, duración y la metodología de conducción para tomar en cuenta la opinión de todos), lo que finalmente puede alargar el proceso.

Una vez integradas las opiniones de los expertos en matrices globales, elaboradas a través del cálculo del promedio geométrico de las respuestas, e insertadas en Super Decisions, las razones de consistencia fueron todas menores a uno ($CR < 0.1$), lo que señala un nivel de inconsistencia aceptable. La matriz GR1-GR4, correspondiente a los indicadores, tuvo un CR de 0.01145, las matrices de los subindicadores de cada indicador tuvieron un CR de 0.06945 para GR1, 0.04623 para GR2, 0.03040 para GR3 y 0.03642 para GR4.

En la Tabla 16, se describen las puntuaciones asignadas a cada indicador y sus respectivos subindicadores.

Tabla 16. Ponderación de indicadores de la categoría de Gestión de Residuos por AHP.

Gestión de Residuos		
Objetivo: Determinar los indicadores clave en la gestión de residuos.		
Indicador		
GR1	Instrumentos de gestión de residuos	46.30 %
Subindicadores		
GR1.1	Existencia de programas, planes y/o proyectos de gestión de residuos vigentes	18.39 %
GR1.2	Monitoreo de programas, planes y/o proyectos	13.21 %
GR1.3	Estrategias de reducción en la fuente	14.69 %
Indicador		
GR2	Manejo integral de los residuos sólidos institucionales	21.18 %
Subindicadores		
GR2.1	Capacitación de los encargados del manejo de residuos sólidos institucionales	8.29 %
GR2.2	Proporción de residuos orgánicos reutilizados y reciclados	4.47 %
GR2.3	Proporción de residuos inorgánicos reutilizados	4.05 %
GR2.4	Proporción de residuos inorgánicos reciclados	2.70 %

GR2.5	Proporción de residuos enviados a SDF	1.67 %
Indicador		
GR3	Manejo integral de residuos de manejo especial	14.81 %
Subindicadores		
GR3.1	Obtención de permiso como generador de residuos de manejo especial	2.08 %
GR3.2	Capacitación de los encargados del manejo de residuos de manejo especial	2.61 %
GR3.3	Recuperación de toners para su reciclaje	1.16 %
GR3.4	Política de retorno de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para su reciclaje o disposición final	1.51 %
GR3.5	Protocolo de baja para equipos electrónicos	1.11 %
GR3.6	Recuperación de RAEE para su reciclaje o disposición final	1.17 %
GR3.7	Recuperación de papel y cartón para su reciclaje	1.36 %
GR3.8	Recuperación de bienes para su reutilización	1.35 %
GR3.9	Recuperación de bienes para su envío a reciclaje	1.07 %
GR3.10	Recuperación de bienes para su envío a SDF	0.61 %
GR3.11	Política de manejo de residuos de construcción	0.78 %
Indicador		
GR4	Manejo integral de residuos peligrosos	17.72 %
Subindicadores		
GR4.1	Obtención de permiso como generador de residuos peligrosos	5.55 %
GR4.2	Condiciones adecuadas en almacenes temporales de residuos peligrosos	4.31 %
GR4.3	Protocolos vigentes de manejo de sustancias, materiales y residuos peligrosos	3.17 %
GR4.4	Proporción de residuos peligrosos que son enviados a confinamiento controlado o tratamiento	2.27 %
GR4.5	Capacitación de los encargados del manejo de residuos peligrosos	2.43 %

Fuente: Elaboración propia.

El indicador con mayor peso fue el *GR1 – Instrumentos de gestión de residuos*, con casi la mitad del puntaje total (46.30 %), reforzando la importancia de que exista una base sobre la que se fundamente, regule, organice y refuerce la gestión de los residuos. De hecho, los sistemas de manejo de residuos, que combinan prácticas como la separación, recolección, reúso, reciclaje, compostaje y disposición final, han demostrado un desempeño superior a la ejecución de acciones aisladas en términos ambientales, económicos y sociales, ayudando a la recuperación más efectiva de los recursos y permitiendo prácticas sustentables, especialmente cuando se apoyan de políticas, tecnologías y la participación de la comunidad (Giurea et al., 2024; Ojuri et al., 2024). Las acciones aisladas, como campañas para mejorar la separación y disposición de los residuos dentro del campus, pueden incrementar la recuperación de residuos, pero son insuficientes si no se dispone de una infraestructura adecuada, claridad sobre los materiales recuperados y, en general, una dirección y acciones claras de las IES para atender la problemática de los residuos (Tangwanichagapong et al., 2017).

La puntuación de los expertos en el caso de los subindicadores de GR1 favoreció la existencia de programas, planes y/o políticas de gestión de residuos (18.39 %), seguido de las estrategias de reducción en la fuente (14.69 %), y finalmente el monitoreo (13.21 %), recalcando nuevamente la importancia del establecimiento de políticas para la

implementación de estrategias y el posterior seguimiento, de tal modo que se pueda detectar lo que está funcionando y lo que puede mejorar.

El siguiente indicador con mayor valor fue el *GR2 – Manejo integral de los residuos sólidos institucionales* (21.18 %), lo cual coincide en que los RSI son la corriente de residuos más abundantes dentro de las universidades que, debido a sus actividades y su densidad poblacional, son comparables con ciudades pequeñas. Una revisión elaborada por Rodríguez-Guerreiro et al. (2024), apuntó que a nivel mundial la tasa media de generación de residuos en IES fue de 0.19 ± 0.21 kg per-cápita por día, con una composición dominada principalmente por residuos orgánicos, papel y cartón, plásticos, y cantidades mínimas de vidrio y metal, en donde solo algunas instituciones incluyeron los residuos de poda, residuos peligrosos y residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en sus reportes, no obstante, puede observarse que la mayoría de residuos corresponden a RSI.

El factor más relevante en el manejo de RSI, de acuerdo con los expertos, fue la capacitación a los encargados del manejo de RSI (8.29 % del puntaje), ya que es un aspecto fundamental para facilitar el manejo interno de los residuos, es decir, su adecuada separación, recolección y almacenamiento, para posteriormente destinarlos al reúso, reciclaje, tratamiento o disposición final, sin comprometer la calidad de los materiales que aún son aprovechables.

El siguiente factor de mayor ponderación para GR2 fue la proporción de residuos orgánicos reutilizados y reciclados (4.47 %), lo que es especialmente importante considerando que son uno de los mayores contribuyentes al volumen de RSI, 30 ± 19 % a nivel mundial (Rodríguez-Guerreiro et al., 2024) y 27.29 % a nivel Campus Mexicali, y que tienen un alto contenido de carbono orgánico degradable, la tasa de producción de GEI más alta siendo de 2,708 kg CO₂eq/t seca para residuos de alimentos y 848 kg CO₂eq/t seca para madera (Lee et al., 2017), por lo que su atención es clave para reducir el impacto ambiental de la IES.

Cabe mencionar además, que los expertos priorizaron la reutilización por sobre el reciclaje de los residuos inorgánicos (con puntajes de 4.05% y 2.70 %, respectivamente), lo que tiene sentido desde el punto de vista de la disminución en la generación de residuos y la reducción del impacto ambiental de los residuos, ya que reciclar implica un reprocesamiento de los materiales para obtener materias primas secundarias o productos nuevos (Vanapalli et al., 2019), mientras que la reutilización extiende directamente la vida útil del producto o material, por lo que se disminuye el uso de los recursos naturales y la energía, y se evitan los procesos productivos y la contaminación asociada (Gu et al., 2024).

El indicador *G4 – Manejo integral de residuos peligrosos* es el siguiente en nivel de importancia para el desempeño en la gestión de residuos (17.72 %), esto debido probablemente al nivel de peligrosidad de los residuos que pueden conducir a la contaminación ambiental y riesgos de salud tanto para quienes manejan los residuos directamente como para el resto de la comunidad universitaria y la población. Las actividades de laboratorio y en el campus pueden generar residuos corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y biológico-infecciosos que requieren de un manejo cuidadoso para prevenir daños (Siril et al., 2021).

Además, los residuos peligrosos están sujetos a regulaciones dentro de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (2023), la NOM-052-SEMARNAT-2005

(SEMARNAT, 2006) y la NOM-087-ECOL-SSA1-2002 (SEMARNAT, 2003). La importancia del aspecto legal se ve reflejada en los subindicadores priorizados por los expertos: la obtención del permiso como generador de RP y condiciones adecuadas en los almacenes temporales (con puntajes de 5.55 % y 4.31 %, respectivamente). Mientras tanto, el establecimiento de protocolos de manejo de sustancias, materiales y residuos se consideró más importante que la capacitación, probablemente porque estos materiales son la base tanto para disminuir los RP como para cuidar y capacitar al personal encargado sobre las mismas pautas para el funcionamiento del sistema. Al final, se colocó la proporción de RP enviados a confinamiento o tratamiento, ya que para poner en práctica esta última medida se necesita el correcto funcionamiento de los procesos anteriores.

El indicador con puntaje más bajo fue *G4 – Manejo integral de los residuos de manejo especial* (14.81 %), pese a que este tipo de residuos son los más diversos y voluminosos, aunque dependiendo del tipo de material, algunos de ellos no se generan con tanta frecuencia y pueden tener mayores oportunidades de aprovechamiento dadas sus características, especialmente en el Campus Mexicali.

En el caso de los RME, se priorizó la capacitación de los encargados del manejo y la obtención del permiso como generador (con un puntaje de 2.61 %), nuevamente posiblemente porque estas son las bases para cualquier sistema de gestión. Posteriormente, a los distintos tipos de residuos se les asignaron puntajes similares en importancia de manejo.

En el caso de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), se favoreció la implementación de una política de retorno, antes que su recuperación para reciclaje (con un puntaje de 1.51 y 1.17 %, respectivamente). Las políticas de devolución y responsabilidad extendida del productor (REP) son importantes porque se responsabiliza a los productores tanto de sus productos como de los desechos que generan, en lugar de trasladar esta última responsabilidad a los usuarios. Un esquema de retorno puede ayudar a incentivar la recirculación de los materiales, extender la vida útil de los componentes, reducir los residuos, repensar el diseño y promover la reutilización en lugar de la obsolescencia programada (Ghulam & Abushammala, 2023).

En cambio, el manejo interno de los RAEE presenta distintos obstáculos, como la falta de habilidades técnicas, infraestructura insuficiente e inadecuada y recursos financieros limitados, especialmente en países en desarrollo (Rautela et al., 2021). Para las IES, algunos retos pueden ser la información insuficiente sobre la gestión, la clasificación de los equipos, la falta de concientización, la falta de regulaciones y políticas de manejo, y el propio mercado, desde el sector informal que trabaja en sitios no autorizados, con tecnología limitada y procesos complejos que pueden representar un riesgo ambiental y para la salud, hasta el sector formal, cuyas instalaciones aunque autorizadas, también están limitadas por el tipo de residuos a los que se puede proveer un manejo y tratamiento adecuados (Chibunna et al., 2012; Thao et al., 2025). En particular, el Campus Mexicali gestiona sus propios RAEE al final de su ciclo de vida a través de control patrimonial, quien contrata a un proveedor autorizado para el traslado de los residuos al centro de transferencia local, y se vería beneficiado tanto en términos ambientales como económicos de una política de REP.

El establecimiento de un protocolo de baja para equipos electrónicos (GR3.4) también es importante para asegurar que estos han cumplido a cabalidad su ciclo de vida, además de asegurar una recolección segura, la correcta separación, el reciclaje y la disposición final, reduciendo los riesgos de la contaminación, fomentando la recuperación de los recursos, motivando la participación de los diferentes grupos de interés y la trazabilidad de los RAEE en el ciclo (Ghulam & Abushammala, 2023; Murthy & Ramakrishna, 2022).

La recuperación de papel y cartón es un aspecto clave en la IES, y es el cuarto aspecto más importante en la gestión de RME (1.36 %) de acuerdo con los expertos. Dadas las actividades administrativas, de enseñanza, la aplicación de exámenes y la utilización de otros materiales de estudio, estos son algunos de los residuos más generados en universidades (Rodríguez-Guerreiro et al., 2024), y su alta reciclabilidad los hace un material clave para la reducción, la disminución de costos, la generación de ingresos y la disminución de la huella de carbono institucional (Najm & Mansour, 2024).

La recuperación de tóners se colocó con un puntaje muy cercano al de recuperación de electrónicos (1.16 %), no obstante, para la IES es uno de los RME más fáciles de rastrear, recuperar y devolver a través del servicio de recolección de HP Planet Partners, que recolecta tóners y cartuchos de HP y Samsung para enviarlos a reciclaje (HP, 2024). Los tóners son una fuente importante de contaminación al contener plásticos, metales y carcinógenos, con un tamaño de partícula pequeño que reduce aún más su tamaño posterior al uso, lo que los convierte en un riesgo mayor de contaminación atmosférica (Parthasarathy, 2021). Al recuperarlos no solo se previene la liberación de estos componentes sino también se obtiene la posibilidad de extraer materiales valiosos y reincorporarlos al ciclo de producción.

La recuperación de bienes para su reutilización se posicionó por encima del reciclaje y la disposición final (1.35 %, 1.07 % y 0.67 %, respectivamente), ocupando el quinto lugar en importancia dentro de los subindicadores de RME. Este tipo de bienes institucionales suelen generarse en grandes volúmenes, por lo que son un aspecto relevante en la disminución de la huella de carbono (Pandiyarajan et al., 2022), especialmente si se previene la generación de residuos con un enfoque principal sobre el reúso.

De este modo se reducen los residuos y, por lo tanto, el uso de rellenos sanitarios y la consecuente contaminación, se extiende la vida útil de los bienes y disminuye la demanda por recursos nuevos, se disminuye el costo de la gestión y abre la posibilidad de generar ingresos por la reventa, se contribuye socialmente a través de donaciones que benefician a la comunidad o instituciones con recursos limitados, y se contribuye al cumplimiento legal, la sustentabilidad y la responsabilidad social universitaria (Pandiyarajan et al., 2022; Tangwanichagapong et al., 2017).

Finalmente, la política de manejo de residuos de construcción fue el aspecto con el menor puntaje. No obstante, aunque puedan ser residuos que no son tan habitualmente generados, sí pueden contribuir significativamente al uso de espacio en sitios de disposición final, a la contaminación ambiental, a ser un riesgo de salud y también a impactar el presupuesto de las instituciones de educación superior, al requerir equipo y personal especializado para la recolección, separación y transporte, además de enfrentarse a un mercado limitado de reciclaje (Islam et al., 2024).

Por ello, resulta fundamental que los proveedores de servicios adopten políticas de responsabilidad respecto a los residuos que generan, con el fin de prevenir su disposición ilegal, evitar la contaminación del agua, el suelo y el aire, y contribuir a la protección de la salud pública y de los ecosistemas locales. Un manejo adecuado puede también significar un ahorro en costos cuando se reduce el material descartado. Las empresas que gestionan sus propios residuos han reportado una mejora en su rentabilidad y en la eficiencia de sus operaciones, pero es fundamental que estas responsabilidades se reflejen en los contratos (Nzima, 2022; Tafesse et al., 2022).

5 Conclusiones

En el presente trabajo se propuso un modelo de indicadores ambientales para evaluar el desempeño ambiental del Campus Mexicali de la UABC, con el propósito de fortalecer la gestión universitaria hacia la sustentabilidad.

Un procedimiento fundamental para el establecimiento de un modelo de indicadores es la determinación de los temas ambientales prioritarios. De este modo, la base para cualquier modelo orientado a mejorar el desempeño ambiental de las instituciones de educación superior son las siguientes categorías: la gobernanza institucional, la gestión del agua, la gestión de residuos, la energía y cambio climático, la gestión territorial y diversidad biológica, la salud y bienestar, y la educación e investigación. Estos temas fueron encontrados frecuentemente como parte de la literatura consultada, con variaciones en su agrupación y alcances. El desarrollo de cada categoría dentro de los modelos también depende de las necesidades particulares de cada IES, y su desarrollo puede irse abordando por etapas conforme a los recursos, oportunidades y prioridades que se vayan estableciendo.

En el caso del Campus Mexicali, para la construcción del modelo de indicadores, los temas ambientales prioritarios se determinaron conforme a su nivel de desarrollo, la disponibilidad de información, las posibilidades de incidencia directa en el impacto ambiental institucional, la capacidad de control, el nivel de participación, la experiencia acumulada, la asignación de recursos y las líneas de acción establecidas en la Estrategia 9 de la Prioridad Institucional de Desarrollo Regional e Internacionalización en el Plan de Desarrollo Institucional 2023-2027, enfatizando a su vez sobre el tema del cambio climático y la alineación con los ODS.

Los temas ambientales prioritarios determinados fueron la gestión de los residuos, la gestión del agua y la energía y cambio climático.

En cuanto a la gestión de residuos, se cuenta con una base sólida en el manejo de los residuos a través de la implementación del Programa Cero Residuos y los subsecuentes 11 programas desarrollados, y de los que deriva la disponibilidad de una amplia información documental. Así mismo, los residuos son una importante fuente de contaminación y están sujetos a regulaciones legales.

La gestión del agua se consideró fundamental porque el agua es uno de los principales recursos de los que depende el funcionamiento de la IES, además de que también se cuenta con estrategias para eficientizar su uso, una PTAR que beneficia tanto a la comunidad local como universitaria a través del tratamiento de agua residual municipal y su posterior reúso en las áreas verdes universitarias, y porque la asignación de agua de manera gratuita está regulada por el organismo de cuenca, por lo que se necesitan medidas de cuidado del agua tanto para atender el impacto ambiental como para asegurar que se siga disponiendo del recurso desde el ámbito administrativo.

La energía y cambio climático se tomó en cuenta debido a su relevancia no solo a nivel mundial sino también regional, dadas las características geográficas y meteorológicas del sitio donde se encuentra el campus Mexicali, con una sequía de cuenca a nivel binacional, un clima predominantemente cálido y seco, temperaturas extremas, los consecuentes

consumos altos de energía y los riesgos ante el cambio climático, además de las oportunidades que existen en el territorio para fomentar el uso de energías renovables, y el antecedente de paneles solares y otras estrategias para el ahorro de energía en el campus.

A través de la categoría GA, se pueden atender los aspectos clave del manejo del agua, mediante los indicadores *GA1 – Instrumentos de gestión del agua*, *GA2 – Manejo de agua potable*, *GA3 – Manejo de aguas pluviales* y *GA4 – Manejo de aguas residuales*, que brindan aportaciones al *ODS 3 – Salud y bienestar*, al atender prevenir los riesgos de salud por el agua residual, *ODS 6 – Agua limpia y saneamiento*, brindando una gestión integral del agua desde el consumo hasta su disposición, *ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles*, al reducir el impacto de la contaminación del agua en la ciudad, *ODS 12 – Producción y consumo responsable*, por el carácter sustentable que se busca en la gestión, *ODS 13 – Acción por el clima*, al buscar la resiliencia y adaptación a riesgos asociados al clima través del uso eficiente del agua, *ODS 14 – Vida submarina*, al prevenir la contaminación marina, y al *ODS 15 – Vida de ecosistemas terrestres*, por la protección y conservación de ecosistemas terrestres y de agua dulce.

La categoría GR incluye los indicadores *GR1 – Instrumentos de gestión de residuos*, *GR2 – Manejo integral de residuos sólidos institucionales*, *GR3 – Manejo integral de residuos de manejo especial* y *GR4 – Manejo integral de residuos peligrosos*, que aportan al cumplimiento del *ODS 3 – Salud y bienestar*, al evitar los riesgos de salud asociados a la liberación de residuos al ambiente, *ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles*, al reducir el impacto de la ciudad en torno a los residuos, *ODS 12 – Producción y consumo responsables*, al reducir la generación de residuos y proporcionarles un manejo adecuado que prevenga su disposición inadecuada, y el *ODS 13 – Acción por el clima*, porque a través del manejo integral pueden evitarse y disminuirse las emisiones de GEI desde la generación hasta el tratamiento y disposición final.

La categoría ECC está conformada por los indicadores *ECC1 – Instrumentos de gestión de la energía y el cambio climático*, *ECC2 – Eficiencia y gestión de la energía*, *ECC3 – Prácticas de movilidad sustentable*, *ECC4 – Desempeño en la emisión de gases de efecto invernadero*, y *ECC5 – Calidad del aire*, a través de los cuales se aporta al *ODS 3 – Salud y bienestar*, ya que el cuidado de la calidad del aire previene problemas de salud y puede promover la actividad física, *ODS 7 – Energía asequible y no contaminante*, al incentivar la gestión sustentable de la energía, las energías renovables, la reducción de emisiones, la investigación e innovación tecnológica y la mejora de la infraestructura, *ODS 12 – Producción y consumo responsable*, implementado estrategias de gestión y uso eficiente, además de fortalecer la capacidad científica y tecnológica para operaciones más limpias, el *ODS 13 – Acción por el clima*, por la adopción de medidas dentro de la planeación en la gobernanza institucional, *ODS 15 – Vida de ecosistemas terrestres*, al mantener la integridad de los ecosistemas y su función como sumideros de carbono, y al *ODS 17 – Alianzas para lograr los objetivos*, incentivando la colaboración entre los distintos sectores sociales para implementar las estrategias de manera efectiva.

En este estudio también se aplicó la evaluación piloto de la categoría de Gestión de Residuos a través del método de Análisis Jerárquico de Procesos, de tal modo que se recopiló la opinión de 12 expertos en residuos que determinaron que los indicadores de mayor importancia fueron los *GR1 - Instrumentos de gestión de residuos (46.3 %)*, reconociendo la importancia de sentar las bases para el correcto funcionamiento de un

sistema de gestión de residuos, y el *GR2 - Manejo de los residuos sólidos institucionales* (21.18 %), siendo los RSI el tipo de residuos que se generan con mayor frecuencia, con una diversidad considerable de materiales y con un mercado limitado pero que brinda una importante salida para este tipo de residuos, como el compostaje para los residuos orgánicos de poda y jardín y el acopio y reciclaje de materiales como el papel, el cartón y los envases de plástico. El manejo de RP fue el siguiente indicador con mayor importancia (17.72 %), destacando la priorización de los expertos sobre la obtención del permiso como generador, la capacitación y el establecimiento de protocolos de manejo, mientras que el manejo de RME se colocó en último lugar (14.81 %), con mayor énfasis sobre la capacitación, la obtención de permiso como generador y el establecimiento de una política de retorno de RAEE. Esta última medida se posicionó por sobre la recuperación de este tipo de aparatos para reciclaje o disposición, y se otorgaron puntuaciones similares a la recuperación de toners, papel, cartón y otros bienes.

En general, las encuestas AHP reflejaron la priorización de medidas como la reutilización, el retorno, el reúso y el reciclaje para reintegrar los materiales a la cadena de valor antes que enviarlos a disposición final, poniendo de manifiesto la perspectiva de sustentabilidad que integraron los expertos en sus juicios.

La aplicación piloto de la metodología AHP facilitó el análisis ordenado de cada categoría ambiental y sus componentes, ayudó en la integración de los juicios de diferentes expertos, redujo la arbitrariedad en la asignación de pesos al proporcionar una escala claramente definida, permitió evaluar y reafirmar la coherencia de los juicios, y facilitó la participación de los expertos.

Además, también se dilucidaron las oportunidades de mejora en la aplicación del método para futuras instancias, a través de medidas como la capacitación de los participantes, canales de apoyo para clarificar dudas sobre el llenado de las encuestas, la integración de los juicios por escrito dentro de los formatos para conocer más detalladamente la opinión de los expertos, y una etapa previa a la aplicación de las encuestas en donde los participantes puedan discutir los indicadores y sus perspectivas de manera más activa, participativa y detallada, de tal modo que pueda fortalecerse la confianza en el proceso y la consistencia de los juicios emitidos.

En suma, el modelo presentado está diseñado para auxiliar y mejorar el desempeño ambiental de la IES concentrándose en las tres categorías de mayor importancia en cuanto al impacto ambiental, el agua, los residuos y la energía y cambio climático. No obstante, para continuar con el fortalecimiento de la sustentabilidad en el Campus Mexicali, se sugiere seguir trabajando sobre la integración del resto de las categorías ambientales al modelo teórico, aplicando también la metodología AHP para evaluarlas, tomando en consideración que se tendrían 4 niveles de análisis correspondientes al objetivo de la evaluación y la comparación entre categorías, entre indicadores y entre los subindicadores de cada indicador.

Al continuar con el desarrollo de la metodología tanto para la delimitación de los indicadores como para su evaluación y ponderación, se favorecerá la adquisición de un conocimiento más profundo de la situación ambiental de la IES, permitiendo identificar otros procesos y operaciones que requieren atención, la delimitación y seguimiento de metas en torno a

ellos, la implementación de estrategias, y la consolidación de la sustentabilidad en todos los ámbitos en los que incide la universidad.

Para fortalecer el funcionamiento del modelo, aprovechar su utilidad informativa y maximizar el alcance de sus beneficios, se recomienda difundir los resultados del desempeño ambiental, como una manera de fortalecer la transparencia, generar conciencia y motivación, invitar a la participación, y propagar un mayor compromiso por parte de la comunidad universitaria, como una parte integral de su experiencia y formación profesional.

La difusión de resultados también atiende la responsabilidad social universitaria y puede colocar a la IES como un referente en la sustentabilidad, tanto a nivel local como internacional. En este mismo sentido, el modelo puede ser utilizado para alimentar la información requerida por otros sistemas de evaluación como los rankings ambientales, facilitando el acceso a la información requerida y la familiarización con los aspectos que evalúan.

A partir del modelo y la ponderación con AHP, también pueden desarrollarse recursos como un semáforo de desempeño ambiental, utilizando una escala de color para manifestar diferencias en el puntaje de las categorías evaluadas, facilitando la comunicación de los resultados.

Una recomendación clave es integrar el modelo de indicadores en una plataforma digital, preferentemente un software o página web, ya que esto facilitaría su estandarización, automatización y uso continuo. La interfaz digital permitiría actualizar datos en tiempo real, reducir errores de captura, mejorar la trazabilidad de las fuentes y obtener visualizaciones dinámicas que apoyen la toma de decisiones. Además, centralizar la información en un entorno digital fortalecería la interoperabilidad con otros sistemas institucionales, ampliaría el acceso para distintos perfiles de usuarios y favorecería la generación de reportes sistemáticos para el seguimiento ambiental del campus.

Por último, este modelo teórico de indicadores ambientales sienta un precedente local, regional y nacional en los esfuerzos de la implementación de la sustentabilidad en las IES, además de que sirve como un referente para que otras unidades académicas, incluso fuera de la UABC, puedan desarrollar sus propios modelos conforme a sus necesidades, aportando una base metodológica replicable que favorece la comparabilidad entre instituciones, impulsando la toma de decisiones basada en evidencia y fortaleciendo la consolidación de políticas internas orientadas a mejorar el desempeño ambiental en el ámbito educativo.

6 Referencias

- AASHE - Association for the Advancement of Sustainability in Higher Education. (n.d.). *STARS Participants & Reports*. The Sustainability Tracking, Assessment & Rating System. Retrieved October 8, 2024, from <https://reports.aashe.org/institutions/participants-and-reports/>
- Abello Romero, J. B., Sáez San Martín, W., & Mancilla, C. (2021). Evaluación del desempeño de las universidades: el aporte de los rankings mundiales. *Hallazgos*, 18(35). <https://doi.org/10.15332/2422409X.5792>
- Abo-Khalil, A. G. (2024). Integrating sustainability into higher education challenges and opportunities for universities worldwide. *Heliyon*, 10(9), e29946. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29946>
- Abubakar, I. R., Maniruzzaman, K. M., Dano, U. L., AlShihri, F. S., AlShammari, M. S., Ahmed, S. M. S., Al-Gehlani, W. A. G., & Alrawaf, T. I. (2022). Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(19), 12717. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912717>
- Adenle, Y. A., Chan, E. H. W., Sun, Y., & Chau, C. K. (2020). Exploring the coverage of environmental-dimension indicators in existing campus sustainability appraisal tools. *Environmental and Sustainability Indicators*, 8(August), 100057. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100057>
- Adenle, Y. A., Chan, E. H. W., Sun, Y., & Chau, C. K. (2021). Assessing the relative importance of sustainability indicators for smart campuses: A case of higher education institutions in Nigeria. *Environmental and Sustainability Indicators*, 9(December 2020), 100092. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100092>
- Alghamdi, A., Haider, H., Hewage, K., & Sadiq, R. (2019). Inter-University Sustainability Benchmarking for Canadian Higher Education Institutions: Water, Energy, and Carbon Flows for Technical-Level Decision-Making. *Sustainability*, 11(9), 2599. <https://doi.org/10.3390/su11092599>
- Alonso-Almeida, M. del M., Marimon, F., Casani, F., & Rodríguez-Pomeda, J. (2015). Diffusion of sustainability reporting in universities: current situation and future perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 106, 144–154. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.008>
- Alvarenga, M., Regina, A., Dutra, A., Fernandez, F., & Thom, R. L. (2022). *Proposal for a model integrating sustainability and social innovation in higher education institutions*. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2021-0301>
- Alzahrani, F. K., & Alhalafawy, W. S. (2023). Gamification for Learning Sustainability in the Blackboard System: Motivators and Obstacles from Faculty Members' Perspectives. *Sustainability*, 15(5), 4613. <https://doi.org/10.3390/su15054613>
- Amar Cabrera, F., & Uribe Castro, H. (2020). Implementación de “Campus Sostenible”: prácticas ambientales positivas en una universidad de Colombia. *Revista Educación Superior y Sociedad (ESS)*, 32(2), 251–277. <https://doi.org/10.54674/ess.v32i2.253>
- Anthony Jnr, B. (2021). Green campus paradigms for sustainability attainment in higher education institutions – a comparative study. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(1), 117–148. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-02-2019-0008>
- Aslan, D. (2024). An Empirical Case Study GeoAI Usage for Sustainability Scoring of University Campuses. *Kamu Yönetimi ve Teknoloji Dergisi*, 6(2), 161–171. <https://doi.org/10.58307/kaytek.1482859>
- Basheer, N., Ahmed, V., Bahroun, Z., & Anane, C. (2025). Sustainability assessment in higher education institutions: exploring indicators, stakeholder perceptions, and

- implementation challenges. *Discover Sustainability*, 6(1), 252. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-01116-w>
- Baylon, K. (2024, December 15). El 60% de aguas residuales son tratadas en Mexicali. *El Imparcial*. https://elimparcial-elimparcial-prod.web.arc-cdn.net/mxl/mexicali/2024/12/15/el-60-de-aguas-residuales-son-tratadas-en-mexicali/?utm_source=chatgpt.com
- Bessant, S., Bailey, P., Robinson, Z., Tomkinson, C. B., Tomkinson, R., Ormerod, R. M., & Boast, R. (2014). *Problem-Based Learning: A Case Study of Sustainability Education. A toolkit for university educators*. Keele University. https://www.researchgate.net/publication/264082416_Problem-Based_Learning_A_Case_Study_of_Sustainability_Education
- Blanco-Portela, N., Benayas, J., Pertierra, L. R., & Lozano, R. (2017). Towards the integration of sustainability in Higher Education Institutions: A review of drivers of and barriers to organisational change and their comparison against those found of companies. *Journal of Cleaner Production*, 166, 563–578. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.252>
- Blasco, N., Brusca, I., & Labrador, M. (2019). Assessing Sustainability and Its Performance Implications: An Empirical Analysis in Spanish Public Universities. *Sustainability*, 11(19), 5302. <https://doi.org/10.3390/su11195302>
- Bohne, A. C., Bruckmann, M., & Martínez, A. A. (2019). El desarrollo sustentable en las instituciones de educación superior. Un verdadero desafío. *Revista Digital Universitaria*, 20(5). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n5.a3>
- BU - Boston University. (2017). *Recommendations of the Climate Action Task Force for Boston University's Climate Action Plan*. BU. https://www.bu.edu/sustainability/files/2021/05/BUClimateActionPlan_Report_FINAL.pdf
- Calatayud, A. (2023). *Transporte y cambio climático en América Latina y el Caribe: desafíos y oportunidades*. Inter-American Development Bank. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/transporte-y-cambio-climatico-en-america-latina-y-el-caribe-desafios-y-oportunidades/>
- Camacho, M., & Horta, R. (2020). *Metodologías para la construcción de índices compuestos* (1st ed.). Departamento de Administración y Finanzas. Universidad Católica Del Uruguay. https://www.researchgate.net/profile/Micaela-Camacho/publication/340607621_Metodologias_para_la_Construccion_de_Indices_Compuestos/links/5e9484c8a6fdcca789152a5d/Metodologias-para-la-Construccion-de-Indices-Compuestos.pdf
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2023). Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. *Diario Oficial de La Federación*. http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgpgir/LGPGIR_orig_08oct03.pdf
- CDEM - Consejo de Desarrollo Económico de Mexicali, & UABC - Universidad Autónoma de Baja California. (2011). *Plan Estratégico del Municipio de Mexicali 2015-2029*. <https://www.mexicaligranvision.com/pdf/PLAN ESTRATEGICO DEL MUNICIPIO DE MEXICALI/Plan Estrategico del Municipio de Mexicali 2015-2029.pdf>
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (n.d.). *Acerca de Desarrollo Sostenible*. <https://www.cepal.org/es/temas/desarrollo-sostenible/acerca-desarrollo-sostenible>
- CFE - Comisión Federal de Electricidad. (2024). *El futuro de la energía solar: Desafíos de la red de transmisión de la Central Fotovoltaica Puerto Peñasco*. CFE. https://app.cfe.mx/Libros/Libro_PUERTOPENASCO.pdf
- CFE - Comisión Federal de Electricidad. (2025, May 15). Confiabilidad para el sistema eléctrico de Baja California; CFE pone en operación comercial la Central de

- Combustión Interna Mexicali Oriente. *Gobierno de México*.
<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/OTROS/Boletines/boletin?i=10276>
- Chand, S. (2017). Role of Green Practices in Higher Education Institutions for Environmental Sustainability. *International Journal of Creative Thoughts*, 5(3), 413–418.
<https://www.ijcrt.org/papers/IJCRT1135061.pdf>
- Chibunna, J. B., Siwar, C., Begum, R. A., & Mohamed, A. F. (2012). The Challenges of E-waste Management Among Institutions: A Case Study of UKM. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 59, 644–649. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.325>
- CILA - Comisión Internacional de Límites y Aguas entre México y Estados Unidos. (2020). *Formulación del Programa de Saneamiento de la Frontera Norte a Nivel Gran visión*. CILA. http://www.cila.gob.mx/syca/SUIF/PSFN_IF03_Mexicali_A_Informe.pdf
- COMPLEXUS - Consorcio Mexicano de Programas Ambientales Universitarios para el Desarrollo Sustentable. (2013). *Indicadores para Medir la Contribución de las Instituciones de Educación Superior a la Sustentabilidad* (1st ed.). <http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-59379-1%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-420070-8.00002-7%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.ab.2015.03.024%0Ahttps://doi.org/10.1080/07352689.2018.1441103%0Ahttp://www.chile.bmw-motorrad.cl/sync/showroom/lam/es/>
- CONEVAL-Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social. (2013). *Manual para el Diseño y la Construcción de Indicadores. Instrumentos principales para el monitoreo de programas sociales de México*. CONEVAL. https://www.coneval.org.mx/informes/coordinacion/publicaciones_oficiales/manual_para_el_diseno_y_construccion_de_indicadores.pdf
- Council of Councils. (2023). *The SDGs Are Not on Track: Here Is What the World Should Do*. Council of Foreign Relations. <https://www.cfr.org/councilofcouncils/global-memos/sdgs-are-not-track-here-what-world-should-do>
- CPGA - Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental. (2023). *Diagnóstico energético UABC Mexicali*. Universidad Autónoma de Baja California.
- CPGA - Coordinación de Proyectos de Gestión Ambiental. (2025). *Análisis de Ciclo de Vida de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales*.
- CRE - Unesco Standing Conference of Rectors Presidents and Vice Chancellors of the European Universities. (1989). *Project COPERNICUS: Cooperation Programme in Europe for Research on Nature and Industry through Coordinated University Study*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000085036>
- Da Silva, G. S., & Almeida, L. D. A. (2019). Sustainability indicators for higher education institutions: a proposal based on the literature review. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 8(1), 123–144. <https://doi.org/10.5585/geas.v8i1.13767>
- Da Silva, S. E. (2009). *Beyond indicators and reporting: needs, applications and applicability of environmental indicators and state of the environment reporting* [Universidad de Toronto]. https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/18267/1/DaSilva_Sarah_E_200911_MA_thesis.pdf
- De Lima, R. G., Lins, H. N., Pfitscher, E. D., Garcia, J., Suni, A., Salgueirinho Osório de Andrade Guerra, J. B., & Caroline Renata Delle, F. (2016). A sustainability evaluation framework for Science and Technology Institutes: an international comparative analysis. *Journal of Cleaner Production*, 125, 145–158. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.028>
- Departamento de Meteorología y Climatología*. (2009). Instituto de Ingeniería. <http://institutodeingenieria.uabc.mx/index.php/hidrologia-geofisica-e-impacto-ambiental/38-instituto-ingenieria/medio-ambiente/adler32>
- di Pasquo, F. (2013). Una historia de la problemática ambiental y de sus efectos sobre la

- ecología disciplinar. *Scientiae Studia*, 11(3), 557–581. <https://doi.org/10.1590/s1678-31662013000300006>
- Di Tullio, P., La Torre, M., & Rea, M. A. (2021). Social Media for Engaging and Educating: From Universities' Sustainability Reporting to Dialogic Communication. *Administrative Sciences*, 11(4), 151. <https://doi.org/10.3390/admsci11040151>
- Du, Y., Ye, Q., Liu, H., Wu, Y., & Wang, F. (2023). Sustainable Assessment Tools for Higher Education Institutions: Developing Two-Hierarchy Tools for China. *Sustainability*, 15(15), 11551. <https://doi.org/10.3390/su151511551>
- EEA-European Environment Agency. (2023). *What is the difference between adaptation and mitigation?* EEA. <https://www.eea.europa.eu/en/about/contact-us/faqs/what-is-the-difference-between-adaptation-and-mitigation>
- EEA - European Environment Agency. (2024). *Climate change mitigation: reducing emissions*. EEA. <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/climate-change-mitigation-reducing-emissions>
- European Commission. (n.d.). *Consequences of climate change*. Climate Action. Retrieved May 24, 2024, from https://climate.ec.europa.eu/climate-change/consequences-climate-change_en
- Figuroa, E. C., & Gutiérrez, M. A. (2025). Modelo de Sustentabilidad para Instituciones de Educación Superior: una estrategia de autodiagnóstico para la transición a la sustentabilidad. Estudio de caso. *Revista de La Educación Superior*, 52(206). <https://doi.org/https://doi.org/10.36857/resu.2023.206.2488>
- Fundación para la Investigación de la Calidad del Aire A.C. (2020). *Informe sobre la calidad de aire en Mexicali durante 2020*. <https://www.redspira.org/images/Medios/Informe-calidad-del-aire-en-Mexicali-Redspira-2020.pdf>
- Galán-Muros, V. (2023). *SET4HEI. General Guidelines for the Implementation of Sustainability in Higher Education Institutions*. UNESCO IESALC; United Nations Academic Impact. https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/unai_sdgs_guidelines_updated.pdf
- Galindo, M., Benites, J. L., & Hernández, D. (1998). *Análisis preliminar de los estacionamientos de la Unidad Universitaria Mexicali*. Instituto de Ingeniería.
- Galindo, M., Santos, M. de los Á., & Benites, J. L. (2003). *Análisis del funcionamiento de los estacionamientos en la Facultad de Ciencias Humanas de la UABC*. Instituto de Ingeniería.
- Gallagher-Cooke, M. (2023). *Higher Education Institution policies in the Climate and Ecological Emergency*. Public Policy.ie. <https://publicpolicy.ie/environment/higher-education-institution-policies-in-the-climate-and-ecological-emergency/>
- GCoM - Global Covenant of Mayors for Climate & Energy Latin America. (2024). *Ánalysis de riesgos y vulnerabilidades climáticas. Municipio de Mexicali*. GCoM. https://pactodealcaldes-la.org/wp-content/uploads/2024/03/8.-ARVC-Mexicali.pdf?utm_source=chatgpt.com
- Gerón-Piñón, G., Solana-González, P., Trigueros-Preciado, S., & Pérez-González, D. (2021). Sistemas de información en las universidades latinoamericanas: su impacto en los rankings internacionales. *Revista de La Educación Superior*, 50(198), 23–35. <https://doi.org/https://doi.org/10.36857/resu.2021.198.1699>
- Ghulam, S. T., & Abushammala, H. (2023). Challenges and Opportunities in the Management of Electronic Waste and Its Impact on Human Health and Environment. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15031837>
- Giurea, R., Carnevale Miino, M., Torretta, V., & Rada, E. C. (2024). Approaching sustainability and circularity along waste management systems in universities: an overview and proposal of good practices. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1363024>

- Gobierno del Estado de Baja California. (n.d.). *Transporte común de Baja California*. Retrieved November 12, 2025, from <https://transportecomunderbc.com.mx/view/routes/>
- Gobierno del Estado de Baja California. (2021). CESPMP garantiza el suministro de agua y saneamiento en Mexicali con más de 9,000 kilómetros de tuberías. *Portal Del Gobierno Del Estado de Baja California*. <https://www.bajacalifornia.gob.mx/Prensa/Noticia/17582>
- Gobierno del Estado de Baja California. (2023a). *Programa Estatal de Energía 2022-2027*. Periódico Oficial del Estado de Baja California. <https://www.bajacalifornia.gob.mx/Documentos/coplade/planeacion/programas-estatales/Programa Estatal de Energia-POE.pdf>
- Gobierno del Estado de Baja California. (2023b). *Programa Estatal Hídrico 2022-2027*. Periódico Oficial del Estado de Baja California. <http://www.cea.gob.mx/documents/Periodico-65-CXXX-2023-124-PEH.pdf>
- Gobierno del Estado de Baja California. (2023c, August 4). Programa Estatal de Protección al Ambiente 2022-2027. *Periódico Oficial Del Estado de Baja California*. <https://www.bajacalifornia.gob.mx/Documentos/coplade/planeacion/programas-estatales/Programa Estatal de Proteccion al Ambiente-POE.pdf>
- Gómez, D., & Martínez, J. A. (2017). Sustainability Indicators for Universities: Revision for a Colombian Case. *Global Journal Od Researchers in Engineering*, 17(5). https://globaljournals.org/GJRE_Volume17/1-Sustainability-Indicators-for-Universities.pdf
- Griebeler, J. S., Brandli, L. L., Salvia, A. L., Leal Filho, W., & Reginatto, G. (2022). Sustainable development goals: a framework for deploying indicators for higher education institutions. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(4), 887–914. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-03-2021-0088>
- Gu, Y., Xia, Z., Tian, X., Xie, J., & Liu, Y. (2024). Factors determining reuse behavior: A meta-analysis. *Cleaner and Responsible Consumption*, 14, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.clrc.2024.100213>
- Guerra, V. (2025, September 19). Evidente carencia de sistema de drenaje pluvial tras las lluvias: Rosado. *La Voz de La Frontera*. <https://oem.com.mx/lavozdelafrontera/local/evidente-carencia-de-sistema-de-drenaje-pluvial-tras-las-lluvias-rosado-25845066>
- Gutiérrez Bastida, M. (2013). *De rerum natura. Hitos para otra historia de la educación ambiental*. Bubok. <https://sites.google.com/site/historiaeducacionambiental/>
- Gutiérrez, M. M. (2025). *Primer Foro Binacional de Calidad del Aire*. Gaceta UABC. https://gaceta.uabc.mx/notas/academia/primer-foro-binacional-de-calidad-del-aire?utm_source=chatgpt.com
- Hernández-Díaz, P. M., Polanco, J.-A., Escobar-Sierra, M., & Leal Filho, W. (2021). Holistic integration of sustainability at universities: Evidences from Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127145. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127145>
- Hernández, M. (2021). *Disminuir la huella de carbono, meta de los campus universitarios*. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/coalicion-universitaria-de-cambio-climatico/>
- Higuera-Zimbrón, A., & Rivera-Gutiérrez, E. (2020). Sustainable or Sustainability? *Journal of Social Researches*, 6(17), 7–21. <https://doi.org/10.35429/JSR.2020.17.6.7.21>
- Horan, W., & O'regan, B. (2021). Developing a practical framework of sustainability indicators relevant to all higher education institutions to enable meaningful international rankings. *Sustainability (Switzerland)*, 13(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su13020629>
- HP. (2024). *2024 Sustainable Impact Report*. <https://h20195.www2.hp.com/v2/GetDocument.aspx?docname=c09205260>

- IAU - International Association of Universities. (1993). *Kyoto Declaration on Sustainable Development*. IAU. <https://www.iau-hesd.net/node/66>
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). *Encuesta de Hogares de Brasil 2019*. https://www.olasdata.org/es/result-detail/?resultKind=data_set&resultId=1869&searchTerm=Brazil
- Idoiaga, N., Yarritu, I., Saez de Cámara, E., Beloki, N., & Vozmediano, L. (2023). The challenge of education for sustainability in higher education: key themes and competences within the University of the Basque Country. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1158636>
- INECC - Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2022). *Atlas Nacional de Residuos Sólidos Urbanos* (L. G. Ruiz Suarez, A. Gavilán García, A. Mendoza Cantú, T. Ramírez Muñoz, & J. A. Araiza Aguilar (Eds.)). https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/693803/125_2022_Atlas_Nacional_Residuos_Solidos.pdf?utm_source=chatgpt.com
- INEGI - Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2024). *Aspectos Geográficos de Baja California: Compendio 2023*. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/889463915959.pdf
- IPCC-Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. IPCC, Geneva, Switzerland. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- Islam, N., Sandanayake, M., Muthukumar, S., & Navaratna, D. (2024). Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects. *Sustainability*, 16(8), 3289. <https://doi.org/10.3390/su16083289>
- ISO - International Organization for Standardization. (2010). *ISO 26000:2010, Guidance on social responsibility*. ISO. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:26000:ed-1:v1:es>
- ISO - International Organization for Standardization. (2015). *ISO14001:2015 Sistemas de gestión ambiental*. <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>
- Iturbero, A. (2025, October 3). La CMIC estima una inversión de 5 mil millones para resolver el drenaje pluvial en Mexicali. *Canal 66*. <https://canal66.tv/la-cmic-estima-una-inversion-de-5-mil-millones-para-resolver-el-drenaje-pluvial-en-mexicali/>
- Jiménez-Martínez, N. M. (2021). La sustentabilidad universitaria en México: avances y desafíos. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 4, e152. <https://doi.org/10.46380/rias.vol4.e152>
- Kautto, N., Trundle, A., & McEvoy, D. (2018). Climate adaptation planning in the higher education sector. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(7), 1259–1278. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-02-2018-0028>
- Kelly, O., Illingworth, S., Butera, F., Dawson, V., White, P., Blaise, M., Martens, P., Schuitema, G., Huynen, M., Bailey, S., & Cowman, S. (2022). Education in a warming world: Trends, opportunities and pitfalls for institutes of higher education. *Frontiers in Sustainability*, 3. <https://doi.org/10.3389/frsus.2022.920375>
- Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., Siddiqui, M. H., Kumar, P., Tripathi, V., & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater Treatment and Reuse: a Review of its Applications and Health Implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), 208. <https://doi.org/10.1007/s11270-021-05154-8>
- Kim, T.-I., Kim, H., Han, M., & Park, H. (2024). Quantitative evaluation of the urban water Cycle: Definition and use of the water cycle area ratio. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(7), 102786. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.102786>
- Kolano-Law, L., & Anja-Bettina, Z. (2024). *Inquiry-Based Learning for sustainability – a*

- unique opportunity. Fachhochschule St. Pölten.
<https://tagderlehre.fhstp.ac.at/beitraege/inquiry-based-learning-for-sustainability-a-unique-opportunity>
- Kumar, A., Thakur, A. K., Gaurav, G. K., Klemeš, J. J., Sandhwar, V. K., Pant, K. K., & Kumar, R. (2023). A critical review on sustainable hazardous waste management strategies: a step towards a circular economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(48), 105030–105055. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29511-8>
- Leal Filho, W., Coronado-Marín, A., Salvia, A. L., Silva, F. F., Wolf, F., LeVasseur, T., Kirrane, M. J., Doni, F., Paço, A., Blicharska, M., Schmitz, M., Grahl, A. T., & Moggi, S. (2022). International Trends and Practices on Sustainability Reporting in Higher Education Institutions. *Sustainability*, 14(19), 12238. <https://doi.org/10.3390/su141912238>
- Leal Filho, W., Skouloudis, A., Brandli, L. L., Salvia, A. L., Avila, L. V., & Rayman-Bacchus, L. (2019). Sustainability and procurement practices in higher education institutions: Barriers and drivers. *Journal of Cleaner Production*, 231, 1267–1280. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.202>
- Leal Filho, W., Viera Trevisan, L., Simon Rampasso, I., Anholon, R., Pimenta Dinis, M. A., Londero Brandli, L., Sierra, J., Lange Salvia, A., Pretorius, R., Nicolau, M., Paulino Pires Eustachio, J. H., & Mazutti, J. (2023). When the alarm bells ring: Why the UN sustainable development goals may not be achieved by 2030. *Journal of Cleaner Production*, 407, 137108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137108>
- Leal Filho, W., Viera Trevisan, L., Wahaj, Z., Déda Araújo Nunes, D., Ruy Portela de Vasconcelos, C., Aparecida Dibbern, T., Ruiz Vargas, V., Iyer-Raniga, U., Anholon, R., Novikau, A., Rimi Abubakar, I., & Pimenta Dinis, M. A. (2025). University rankings and sustainable development: the state of the art. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 26(7), 1615–1636. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-11-2023-0530>
- Leal Torres, F. J. (2021). *Simulación del sistema de transporte público de Mexicali y las propuestas de optimización* [Universidad Autónoma de Baja California]. <https://repositorioinstitucional.uabc.mx/server/api/core/bitstreams/9cf10911-a18b-42a4-a733-a14a267c5570/content>
- Leal, W., Weissenberger, S., Luetz, J. M., Sierra, J., Simon Rampasso, I., Sharifi, A., Anholon, R., Eustachio, J. H. P. P., & Kovaleva, M. (2023). Towards a greater engagement of universities in addressing climate change challenges. *Scientific Reports*, 13(1), 19030. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45866-x>
- Lee, U., Han, J., & Wang, M. (2017). Evaluation of landfill gas emissions from municipal solid waste landfills for the life-cycle analysis of waste-to-energy pathways. *Journal of Cleaner Production*, 166, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.016>
- Li, J., Li, X., Liu, H., Gao, L., Wang, W., Wang, Z., Zhou, T., & Wang, Q. (2023). Climate change impacts on wastewater infrastructure: A systematic review and typological adaptation strategy. *Water Research*, 242, 120282. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.120282>
- Li, Y., Gu, Y., & Liu, C. (2018). Prioritising performance indicators for sustainable construction and development of university campuses using an integrated assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 202, 959–968. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.217>
- Lin, W.-C., & Chen, C. (2021). Novel World University Rankings Combining Academic, Environmental and Resource Indicators. *Sustainability*, 13(24), 13873. <https://doi.org/10.3390/su132413873>
- López, C., López-Hernández, E., & Ancona, I. (2005). Desarrollo sustentable o sostenible: una definición conceptual. *Horizonte Sanitario*, 4(2). <https://www.redalyc.org/pdf/4578/457845044002.pdf>

- López, O. Y. (2025, April 11). Impulsa UABC proyecto piloto de movilidad sustentable. *Gaceta UABC*. <https://gaceta.uabc.mx/notas/institucional/impulsa-uabc-proyecto-piloto-de-movilidad-sustentable>
- Lozano, R. (2006). A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). *Journal of Cleaner Production*, 14(9–11), 963–972. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.11.041>
- Lukman, R., Krajnc, D., & Glavič, P. (2010). University ranking using research, educational and environmental indicators. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), 619–628. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.09.015>
- McCowan, T. (2020). *The impact of universities on climate change: a theoretical framework*. Climate-U. [https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10108599/1/Working paper, final.pdf](https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10108599/1/Working%20paper,%20final.pdf)
- MECCE Project & NAAEE. (2023). *Mapping the Landscape of Higher Education Climate Change Education Policy in the United States*. Monitoring and Evaluating Climate Communication and Education Project and North American Association of Environmental Education. https://naaee.org/sites/default/files/2023-07/Mapping-Landscape-Climate-Change-Higher-Ed-Report_Acc_0.pdf
- Meilvang, M. L. (2021). From rain as risk to rain as resource: Professional and organizational changes in urban rainwater management. *Current Sociology*, 69(7), 1034–1050. <https://doi.org/10.1177/0011392120986238>
- Melillo, J. M., Richmond, T., & Yohe, G. W. (2014). *Climate Change Impact in the USA: The Third National Climate Assessment*. U. S. Global Change Research Program. <https://doi.org/10.7930/J0Z31WJ>
- Mena, D. (2025, February 22). Ante Riesgo de Colapso Pluvial, Buscan Reemplazar 30% de las Tuberías en Mexicali. *Nmas*. <https://www.nmas.com.mx/nmas-local/programas/las-noticias-tijuana/videos/cespm-busca-reemplazar-tuberias-desgastadas-sistema-pluvial-mexicali/>
- Mendoza, A., Solano, C., Palencia, D., & Garcia, D. (2019). Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP) para la toma de decisión con juicios de expertos. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 27(3), 348–360. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052019000300348>
- Merino-Benítez, E., & Bojórquez-Tapia, L. A. (2021). *Manual: Proceso Analítico Jerárquico (AHP)*. UNAM.
- MITECO - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (n.d.). *Década de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible*. MITECO. Retrieved May 24, 2024, from <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/documentos/decada.html>
- Mo, F., & Wang, D. D. (2023). Emerging ESG reporting of higher education institutions in China. *Heliyon*, 9(11), e22527. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22527>
- Moggi, S. (2023). *Sustainability reporting , universities and global reporting initiative applicability: a still open issue*. 14(4), 699–742. <https://doi.org/10.1108/SAMPJ-05-2022-0257>
- Mohammadi, Y., Monavvarifard, F., Salehi, L., Movahedi, R., Karimi, S., & Liobikienė, G. (2023). Explaining the Sustainability of Universities through the Contribution of Students' Pro-Environmental Behavior and the Management System. *Sustainability*, 15(2), 1562. <https://doi.org/10.3390/su15021562>
- Mohieldin, M. (2014). *Avances en los objetivos de desarrollo del milenio*. Banco Mundial Blogs. <https://blogs.worldbank.org/es/voices/avances-en-los-objetivos-de-desarrollo-del-milenio>
- Molthan-Hill, P., Worsfold, N., Nagy, G. J., Leal Filho, W., & Mifsud, M. (2019). Climate change education for universities: A conceptual framework from an international study. *Journal of Cleaner Production*, 226, 1092–1101.

- <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.053>
- Mondragón, A. (2002). ¿Qué son los indicadores? *Revista de Información y Análisis*, 19, 52–58.
https://www.planeacion.unam.mx/descargas/indicadores/materiallectura/Mondragon02_inegi.pdf
- Monroy, P. C., Castrillón, W. F., & Daza, D. del S. (2016). Revisión de modelos de gestión ambiental en instituciones de educación superior. *Revista Científica*, 24, 41–51.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.RC.2016.24>
- Moreno-Pires, S. (2014). Indicators of Sustainability. In *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (pp. 3209–3214). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-0753-5_3380
- Müller, J., & Coronado, F. (2016). Modelos de Responsabilidad Social Universitaria y Principales Desafíos para su Implementación en Facultades de Negocios. *Capic Review*, 14(2).
- Murthy, V., & Ramakrishna, S. (2022). A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy. *Sustainability*, 14(2), 647.
<https://doi.org/10.3390/su14020647>
- Nadja, K., & Karlheinz, K. (2004). Analytic hierarchy process (AHP) Table of Contents. *European Journal Of Operational Research*.
- Najm, N., & Mansour, M. M. (2024). The Role of Waste Reduction Technology in Sustainable Recycling of Waste Paper at Thi-Qar University. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 19(8), 3153–3163. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.190828>
- Nzima, L. (2022). CONSTRUCTION WASTE MANAGEMENT PRACTICES IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY. *Journal of Natural and Applied Sciences*, 5(1), 39–55.
<https://doi.org/10.53974/unza.jonas.5.1.713>
- OECD-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2003). *Environmental indicators. Development, measurement and use*. OECD.
- OECD-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2018). *Climate-resilient Infrastructure. Policy perspectives*. OECD.
<https://www.oecd.org/environment/cc/policy-perspectives-climate-resilient-infrastructure.pdf>
- OECD-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. (2022). *Global Outlook on Financing for Sustainable Development 2023*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/fcbe6ce9-en>
- Oguztimur, S., & Assistant, R. (2015). WHY FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS APPROACH FOR TRANSPORT PROBLEMS? WHY FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS APPROACH FOR TRANSPORT PROBLEMS? Senay OĞUZTİMUR. September. <https://www.researchgate.net/publication/254457609>
- Ojuri, O. O., Olowoselu, A. S., Akinrele, J., Ayodele, F. O., & Jayejeje, O. O. (2024). Sustainable integrated solid waste management for a university campus – A case study of the Federal University of Technology Akure (FUTA), Nigeria. *Waste Management Bulletin*, 2(2), 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wmb.2024.04.004>
- Olarte-Mejía, D., & Ríos-Osorio, L. (2015). Enfoques y estrategias de responsabilidad social implementadas en Instituciones de Educación Superior. Una revisión sistemática de la literatura científica de los últimos 10 años. *Revista de La Educación Superior*, 44(175), 19–40. <https://www.scielo.org.mx/pdf/resu/v44n175/v44n175a2.pdf>
- OMS - Organización Mundial de la Salud. (2018). *Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM)*. WHO – World Health Organization. [https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/millennium-development-goals-\(mdgs\)](https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/millennium-development-goals-(mdgs))
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. (1987). *Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo*.

- https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMA-D-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf
- ONU - Organización de las Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf
- Palareti, G., Legnani, C., Cosmi, B., Antonucci, E., Erba, N., Poli, D., Testa, S., & Tosetto, A. (2016). Comparison between different D-Dimer cutoff values to assess the individual risk of recurrent venous thromboembolism: Analysis of results obtained in the DULCIS study. *International Journal of Laboratory Hematology*, 38(1), 42–49. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12426>
- Pandiyarajan, V., Neelakantan, T. R., Sridharan, S. A., & Ramrao, N. (2022). Three “R” Concept in Waste Management for Sustainable Environment. *Journal of Sustainability Perspectives*, 2. <https://doi.org/10.14710/jsp.2022.15520>
- Parthasarathy, M. (2021). Challenges and Emerging Trends in Toner Waste Recycling: A Review. *Recycling*, 6(3), 57. <https://doi.org/10.3390/recycling6030057>
- PINCC - Programa de Investigación en Cambio Climático. (2021). *Programa de Acción Climática UNAM 2019 – 2024: Bases para la implementación de la Estrategia Universitaria Frente al Cambio Climático 2020 – 2050*. UNAM. <https://www.pincc.unam.mx/wp-content/uploads/2021/10/UC3-Fase-3-PINCC.pdf>
- QS Quacquarelli Symonds. (2025a). *QS World University Rankings: Sustainability*. <https://support.qs.com/hc/en-gb/articles/8551503200668-QS-World-University-Rankings-Sustainability>
- QS Quacquarelli Symonds. (2025b). *QS World University Rankings*. <https://support.qs.com/hc/en-gb/articles/4405955370898-QS-World-University-Rankings>
- Quiroga, R. (2009). Guía metodológica para desarrollar indicadores ambientales y de desarrollo sostenible en países de América Latina y el Caribe. In *CEPAL Serie Manuales* (Vol. 61). <http://www.mendeley.com/research/gua-metodologica-para-desarrollar-indicadores-ambientales-y-desarrollo-sostenible-en-pases-amrica-latina-y-el-caribe/>
- Race To Zero. (n.d.). *Universities & Colleges of the world: sign up to the Race to Zero, a global initiative for a Zero Carbon World*. Education Race To Zero. Retrieved May 28, 2024, from https://www.educationracetozero.org/home#how_it_works
- Rautela, R., Arya, S., Vishwakarma, S., Lee, J., Kim, K.-H., & Kumar, S. (2021). E-waste management and its effects on the environment and human health. *Science of The Total Environment*, 773, 145623. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145623>
- Rezvani, S. M. H. S., de Almeida, N. M., & Falcão, M. J. (2023). Climate Adaptation Measures for Enhancing Urban Resilience. *Buildings*, 13(9), 2163. <https://doi.org/10.3390/buildings13092163>
- Riveros, R. (2019). *Un acercamiento a la sustentabilidad en las universidades*. UFRO - Universidad de la Frontera. <https://ima.ufro.cl/wp-content/uploads/2022/12/universidad-sustentable-agosto-2019.pdf>
- Rodríguez-Guerreiro, M.-J., Torrijos, V., & Soto, M. (2024). A Review of Waste Management in Higher Education Institutions: The Road to Zero Waste and Sustainability. *Environments*, 11(12), 293. <https://doi.org/10.3390/environments11120293>
- Rodríguez-Ortega, C., & Flores-Martínez, A. (2008). El Sistema Nacional de Indicadores Ambientales (SNIA). In *Desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad en México* (pp. 15–26). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/download/12/12/34-1?inline=1>

- Rodríguez Medina, M. A., Poblano-Ojinaga, E. R., Alvarado Tarango, L., González Torres, A., & Rodríguez Borbón, M. I. (2021). Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>
- Roorda, N. (2001). *Audit Instrument for Sustainability in Higher Education (AISHE)*. Dutch Committee for Sustainable Higher Education. <https://www.sustainabilityexchange.ac.uk/audit-instrument-for-sustainability-in-higher-educ>
- Rosa, M. R. da, Boscaroli, C., & Freitas Zara, K. R. de. (2024). A systematic review of the trends and patterns of sustainability reporting in universities. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 25(3), 556–576. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2022-0399>
- Ruiz, A. (2024, August 19). Instalación módulo para tarjetas de transporte en UABC. *Gaceta UABC*. <https://gaceta.uabc.mx/notas/institucional/instalaron-modulo-para-tarjetas-de-transporte-en-uabc>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Sandoval, S., Mendoza, L., & Hernández, A. (2024). *Explicación sobre la reducción de la asignación de agua a México del Río Colorado en el marco del Tratado de 1944: Actas 330 y 323*. Permanent Forum of Binational Waters. <https://www.binationalwaters.org/es/explicacion-sobre-la-reduccion-de-la-asignacion-de-agua-a-mexico-del-rio-colorado-en-el-marco-del-tratado-de-1944-actas-330-y-323/>
- Santos, M. de los Á. (n.d.). *Análisis de la propuesta de circulación en un sentido en la Unidad Universitaria Mexicali I*. Instituto de Ingeniería.
- Santos, M. de los Á. (2019). *UABC Campus Mexicali - Estacionamientos en calle Churubusco*. Instituto de Ingeniería.
- Sauvé, L., Berryman, T., & Renée, B. (2007). Three Decades of International Guidelines for Environment-Related Education: A Critical Hermeneutic of the United Nations Discourse. *Journal of Environmental Education*, 1(12), 33–54. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ842780.pdf>
- Schwartzman, S. (2020, January 22). Brasil: la educación superior en el gobierno de Bolsonaro. *Nexos*. <https://educacion.nexos.com.mx/brasil-la-educacion-superior-en-el-gobierno-de-bolsonaro/>
- SDSN Australia/Pacific. (2017). Getting started with SDGs in universities: A guide for universities, higher education institutions, and the academic sector. In *Sustainable Development Solutions Network (Australia)*. Sustainable Development Solution Network - Australia/Pacific. www.acts.asn.au
- Second Nature. (n.d.). *University Climate Change Coalition*. <https://secondnature.org/climate-leadership-network/uc3/>
- SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2003, February 17). NOM-087-ECOL-SSA1-2002, Protección ambiental - Salud ambiental - Residuos peligrosos biológico-infecciosos - Clasificación y especificaciones de manejo. *Diario Oficial de La Federación*. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=704675&fecha=17/02/2003#gsc.tab=0
- SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2006, June 23). NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos. *Diario Oficial de*

La Federación.

- SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2019). *Informe del medio ambiente en México 2018*. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Informe2018GMX_web.pdf
- SEMARNAT – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2020). *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/554385/DBGIR-15-mayo-2020.pdf>
- Serafini, P. G., Moura, J. M. de, Almeida, M. R. de, & Rezende, J. F. D. de. (2022). Sustainable Development Goals in Higher Education Institutions: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 370, 133473. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133473>
- Shahin, A., & Mahbod, M. A. (2007). Prioritization of key performance indicators. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 56(3), 226–240. <https://doi.org/10.1108/17410400710731437>
- Shanghai Ranking Consultancy. (2023). *ShanghaiRanking's Academic Ranking of World Universities Methodology 2023*. Shanghai Ranking. <https://www.shanghairanking.com/methodology/arwu/2023>
- Siekelova, A., Podhorska, I., & Impola, J. J. (2021). Analytic Hierarchy Process in Multiple–Criteria Decision–Making: A Model Example. *SHS Web of Conferences*, 90, 01019. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219001019>
- Singh, A. B., Meena, H. K., Khandelwal, C., & Dangayach, G. S. (2023). Sustainability Assessment of Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review. *ECP 2023*, 23. <https://doi.org/10.3390/ECP2023-14728>
- Siril, A. J., Abu Bakar, S. N., & Fatehah, M. O. (2021). Hazardous Waste Management, Challenges, and Risks in Handling Laboratory Waste in Universities. In *Handbook of Solid Waste Management* (pp. 1–60). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7525-9_79-1
- SMN - Servicio Meteorológico Nacional. (2025). *Monitor de sequía en México*. Comisión Nacional Del Agua. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- SNIARN - Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales. (2011). *Indicadores Básicos del Desempeño Ambiental de México*. SEMARNAT. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_2011/conjuntob/00_conjunto/marco_conceptual.html
- Suart-Smith, R., Saad, A., Otto, F., Lisi, G., Lauta, K., Petra, M., & Wtzer, T. (2021). *La ciencia de la atribución y litigios: facilitando argumentos legales y estrategias efectivas para gestionar los daños causados por el cambio climático*. 30 June 2021 Oxford Sustainable Law Programme, Environmental Change Institute, & Smith School of Enterprise and the Environment. <https://www.smithschool.ox.ac.uk/sites/default/files/2022-07/La-ciencia-de-la-atribucion-y-litigios.pdf>
- Sugiarto, A., Lee, C.-W., & Huruta, A. D. (2022). A Systematic Review of the Sustainable Campus Concept. *Behavioral Sciences*, 12(5), 130. <https://doi.org/10.3390/bs12050130>
- Summer, S. (2019). Sustainability and Campus Operations: Being a Model for the Community. In *The Community College Handbook for Sustainability Education and Operations* (pp. 6–11). National Council for Science and the Environment. https://www.gcseglobal.org/sites/default/files/inline-files/CCHandbook_Ch1_copy.pdf
- Tafesse, S., Girma, Y. E., & Dessalegn, E. (2022). Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices. *Heliyon*, 8(3),

- e09169. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09169>
- Talloeires Network of Engaged Universities. (2025). *Talloeires Network of Engaged Universities Signatory Members*. Tufts. <https://talloeiresnetwork.tufts.edu/who-we-are/talloeires-network-members/>
- Tangwanichagapong, S., Nitivattananon, V., Mohanty, B., & Visvanathan, C. (2017). Greening of a campus through waste management initiatives. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 18(2), 203–217. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2015-0175>
- Tariq, F., Ahmed, M., & Usman, M. (2021). Green initiatives of Higher Education Institutions (HEIs) and students willingness to participate in green activities: a study in Pakistan. *IJBR*, 2(2), 158–180. https://www.researchgate.net/publication/357367239_Green_Initiatives_of_Higher_Education_Institutions_HEIs_and_Students%27_Willingness_to_Participate_in_Green_Activities_A_Study_in_Pakistan
- Thao, T. Q., Hanh, T. H., & Huy, N. N. (2025). Sustainable e-waste management in higher education institutions: case study of Ho Chi Minh City University of Technology. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 22(8), 6423–6434. <https://doi.org/10.1007/s13762-024-06012-w>
- THE - Times Higher Education Impact Rankings. (2024). *Impact Rankings Methodology 2024*. https://sdg.swu.ac.th/files/THE_ImpactRankings_METHODODOLOGY_2024.pdf
- Toman, I., van't Land, H., & Harris, M. (2023). *3rd IAU Global Survey Report on Higher Education and Research for Sustainable Development. Accelerating action for SDGs in Higher Education*. IAU - International Association of Universities. https://www.iau-aiu.net/IMG/pdf/iauhesdsurvey2023_accelerating_actions.pdf
- Too, L., & Bajracharya, B. (2015). Sustainable campus: engaging the community in sustainability. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 16(1), 57–71. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-07-2013-0080>
- Turrentine, J. (2022). *What are the causes of climate change?* NRDC. <https://www.nrdc.org/stories/what-are-causes-climate-change>
- UABC - Universidad Autónoma de Baja California. (2023). *Plan de Desarrollo Institucional 2023-2027*. http://planeacion.uabc.mx/pdi2023/docs/UABC_PDI_2023-2027_Ejecutivo.pdf
- UABC - Universidad Autónoma de Baja California. (2024). *2do. Informe de Actividades 2023-2027*. <https://planeacion.uabc.mx/documentos/informe/informe2024/Informe-de-actividades-2024.pdf>
- UBC - University of British Columbia. (n.d.). *UBC Vancouver Climate Action Plan 2030*. UBC Campus + Community Plannig. Retrieved May 27, 2024, from <https://planning.ubc.ca/cap2030>
- UC - University of California. (2024). *University of California – Policy on Sustainable Practices*. <https://policy.ucop.edu/doc/3100155/SustainablePractices>
- UIGMR - UI GreenMetric World University Rankings. (2024). *UI Greenmetric Guideline. Instituting UI Greenmetric: The Way Forward*. <https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines/2024/english>
- ULSF - University for a Sustainable Future. (2009). *Sustainability Assessment Questionnaire (SAQ) for Colleges and Universities* (1st ed.). <http://ulsf.org/wp-content/uploads/2015/06/SAQforHigherEd09.pdf>
- UMAG - Universidad de Magallanes. (2020). *Plan de acción climática*. UMAG. <http://www.umag.cl/vcm/wp-content/uploads/2020/11/Plan-de-Accion-Climatica-UMAG-2020-v8-con-firma.pdf>
- UNCCD - United Nations Convention to Combat Desertification. (2017). *Global Land Outlook* (1st ed.). UNCCD. [105](https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/2017-</p>
</div>
<div data-bbox=)

- 09/GLO_Full_Report_low_res.pdf
- UNEP - United Nations Environmental Programme. (n.d.). *Solid waste management*. UN Environment Program. Retrieved October 13, 2025, from <https://www.unep.org/explore-topics/resource-efficiency/what-we-do/cities/solid-waste-management>
- UNEP - United Nations Environmental Programme. (2024). *Global Resources Outlook 2024: Bend the trend - Pathways to a liveable planet as resource use spikes*. International Resource Panel. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/44902>
- Universitas Indonesia. (2023). *Guideline: UI Green Metric World University Rankings 2023 "Innovation, Impacts and Future Direction of Sustainable Universities."* <https://greenmetric.ui.ac.id/publications/guidelines/2023/english>
- UNODC - Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. (2014). *Metodología para el Seguimiento y Evaluación de políticas, planes y proyectos públicos*. https://www.unodc.org/documents/colombia/2014/Marzo/3._INDICADORES_PPT_WEB_PDF_1.pdf
- Urquiza Gómez, F., Sáez-Navarrete, C., Rencoret Lioi, S., & Ishanoglu Marzuca, V. (2015). Adaptable model for assessing sustainability in higher education. *Journal of Cleaner Production*, 107, 475–485. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.047>
- Vallaey, F. (2013). La responsabilidad Social Universitaria: ¿Cómo entenderla para querer practicarla? *Revist@serviciocomunitario*, 2(1). <https://www.uv.mx/APPS/CUO/TALLERSU/Docs.RSU.para.INEGI/La.RSU.Como.entenderla.para.quererla.y.practicarla.pdf>
- van't Land, H., & Herzog, F. (2017). *Higher education paving the way to sustainable development: a global perspective. Report of the 2016 IAU Global Survey on Higher Education and Research for Sustainable Development*. IAU - International Association of Universities. <https://iau-hesd.net/sites/default/files/documents/higher-education-paving-the-way-to-sd-iau-2017.pdf>
- van Ginkel, H. (2005). La Alianza Ubuntu: La movilización de conocimientos para el desarrollo sostenible. In P. Cocoran, M. Vilela, & A. Roerink (Eds.), *La Carta de la Tierra en Acción: Hacia un Mundo Sostenible* (pp. 83–84). KIT Publishers BV. <https://earthcharter.org/wp-content/assets/virtual-library2/images/uploads/Ginkel.pdf>
- Vanapalli, K. R., Samal, B., Dubey, B. K., & Bhattacharya, J. (2019). Emissions and Environmental Burdens Associated With Plastic Solid Waste Management. In *Plastics to Energy* (pp. 313–342). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813140-4.00012-1>
- Villalba, L., & Useche, E. (2021). Methodological approach for the construction of environmental management indicators in universities. *Cleaner Environmental Systems*, 2(February), 100016. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100016>
- Wilhelm, E. M. de S., & Pilatti, L. A. (2024). Global sustainability challenges and the role of Higher Education Institutions. *Visions for Sustainability*, 22, 39–63. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.13135/2384-8677/10750>
- World Bank Open Data. (2014). *Emisiones de CO2 originadas por la producción de electricidad y calefacción, total (% del total de la quema de combustible) - Nigeria*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/EN.CO2.ETOT.ZS?locations=NG>
- Yadegaridehkordi, E., & Nilashi, M. (2022). Moving towards green university: a method of analysis based on multi-criteria decision-making approach to assess sustainability indicators. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 19(9), 8207–8230. <https://doi.org/10.1007/s13762-022-04086-y>
- Zahid, M., Ur Rahman, H., Ali, W., Habib, M. N., & Shad, F. (2021). Integration, implementation and reporting outlooks of sustainability in higher education institutions (HEIs): index and case base validation. *International Journal of Sustainability in Higher*

- Education*, 22(1), 120–137. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2019-0308>
- Žalėnienė, I., & Pereira, P. (2021). Higher Education For Sustainability: A Global Perspective. *Geography and Sustainability*, 2(2), 99–106. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.05.001>
- Zapata-González, L. J., Quiceno-Hoyos, A., & Tabares-Hidalgo, L. F. (2016). Campus universitario sustentable. Plan Maestro de Ordenamiento Físico Universidad Católica de Manizales. *Revista de Arquitectura*, 18(2), 107–119. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2016.18.2.10>
- Zarta, P. (2018). *La sustentabilidad o sostenibilidad: un concepto poderoso para la humanidad. Tabula Rasa*. 28, 409–423.
- Zouboulis, A., & Tolkou, A. (2015). *Effect of Climate Change in Wastewater Treatment Plants: Reviewing the Problems and Solutions* (pp. 197–220). https://doi.org/10.1007/978-3-319-10467-6_10

7 Anexos

7.1 Herramientas de evaluación de la sustentabilidad

Nombre	Siglas
Adaptable Model for Assessing Sustainability in Higher Education	AMASHE
Adaptable Model for Assessing Sustainability in Higher Education	AMAS
Agenda Ambiental na Administração Pública	A3E
Assessment Instrument for Sustainability in Higher Education	AISHE
Assessment System for Sustainable Campus	ASSC
Campus Sustainability Assessment Framework	CSAF
DPSEEA-Sustainability index Model	DPSEEA
Global Reporting Initiative	GRI
Graphical Assessment of Sustainability in University	GASU
Graz Model for Integrative Development	GMID
International Sustainable Campus Network	ISCN
Sustainability Assessment Questionnaire	SAQ
Sustainability Tracking Assessment and Rating System	STARS
Sustainable Campus Assessment System	SCAS
Sustainable University Model	SUM
Three dimension University Ranking	TUR
UI's GreenMetric University Sustainability Ranking	UIGMR
Unit based Sustainability Assessment	USAT
Unit-based Sustainability Assessment Tool	USAT
University Environmental Management System	UEMS

7.2 Matrices globales de la evaluación AHP

7.2.1 Matriz global de evaluación de los indicadores de Gestión de Residuos

Criterio A \ Criterio B	GR1	GR2	GR3	GR4
GR1	1	2.631	2.631	2.575
GR2	3/8	1	1.797	1.127
GR3	3/8	5/9	1	0.874
GR4	2/5	8/9	1 1/7	1

7.2.2 Matriz de evaluación de los subindicadores de GR1

Criterio A \ Criterio B	GR1.1	GR1.2	GR1.3
GR1.1	1	1.820	0.958
GR1.2	5/9	1	1.176
GR1.3	1	6/7	1

7.2.3 Matriz de evaluación de los subindicadores de GR2

Criterio A \ Criterio B	GR2.1	GR2.2	GR3.3	GR4.4	GR4.5
GR2.1	1	2.431	2.608	2.940	3.313
GR2.2	2/5	1	1.605	1.629	2.705
GR3.3	3/8	5/8	1	2.722	2.218
GR4.4	1/3	3/5	3/8	1	2.573
GR4.5	1/3	3/8	4/9	2/5	1

7.2.4 Matriz de evaluación de los subindicadores de GR3

Criterio B												
Criterio A \ Criterio B	GR3.1	GR3.2	GR3.3	GR3.4	GR3.5	GR3.6	GR3.7	GR3.8	GR3.9	GR3.10	GR3.11	
GR3.1	1	1.505	1.733	1.721	2.314	1.982	1.518	1.425	1.407	2.209	1.886	
GR3.2	2/3	1	2.804	2.431	2.536	2.647	2.384	2.415	2.522	3.693	2.112	
GR3.3	4/7	1/3	1	1.057	0.979	0.869	0.906	1.059	1.328	1.916	1.289	
GR3.4	4/7	2/5	1	1	2.067	1.463	1.393	1.527	1.550	2.176	1.896	
GR3.5	3/7	2/5	1	1/2	1	1.412	1.050	1.066	1.129	1.747	1.253	
GR3.6	1/2	3/8	1 1/7	2/3	5/7	1	1.096	1.193	1.385	1.863	1.709	
GR3.7	2/3	3/7	1 1/9	5/7	1	1	1	1.796	1.903	2.401	1.742	
GR3.8	5/7	2/5	1	2/3	1	5/6	5/9	1	2.945	3.439	1.938	
GR3.9	5/7	2/5	3/4	2/3	8/9	5/7	1/2	1/3	1	3.851	1.898	
GR3.10	4/9	1/4	1/2	1/2	4/7	1/2	2/5	2/7	1/4	1	1.167	
GR3.11	1/2	1/2	7/9	1/2	4/5	3/5	4/7	1/2	1/2	6/7	1	

7.2.5 Matriz de evaluación de los subindicadores de GR4

Criterio A \ Criterio B	GR4.1	GR4.2	GR4.3	GR4.4	GR4.5
GR4.1	1	2.218	1.580	1.927	1.721
GR4.2	4/9	1	2.165	2.141	1.537
GR4.3	5/8	1/2	1	1.733	1.548
GR4.4	1/2	1/2	4/7	1	1.119
GR4.5	4/7	2/3	2/3	8/9	1