

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ambiente y Desarrollo
Ingeniería en Ambiente y Desarrollo



Proyecto Especial de Graduación

Diagnóstico ambiental de restaurantes seleccionados en el Lago de Yojoa:

Insumos para una estrategia de Producción más Limpia del Sector

Estudiante

Donovan Josue Nuñez España

Asesores

Erika Tenorio, M.Sc.

Efraín Duarte, Mtr.

Honduras, agosto 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

VICTORIA CORTÉS MATAMOROS

Directora del Departamento de Ambiente y Desarrollo

JULIO NAVARRO

Secretario General

Agradecimientos

La presente investigación se desarrolló en el marco de la iniciativa SOS Yojoa, un proyecto implementado por la Asociación de Municipios del Lago de Yojoa (AMUPROLAGO) y Zamorano con el financiamiento del USAID. Agradezco la colaboración de todo el equipo de SOS Yojoa, sin quienes no hubiera sido posible el estudio, así como a los dueños de los restaurantes miembros de ARLY por abrir las puertas de sus comercios y facilitar el apoyo para esta investigación.

Contenido

Agradecimientos	3
Índice de Cuadros	6
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	9
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Metodología	14
Sitio de Estudio	14
Selección de Restaurantes	15
Categorías de Restaurantes	15
Entrevistas e Instrumentos de Recolección de Datos	15
Caracterización de la Gestión Hídrica	16
Caracterización del Consumo Energético	18
Caracterización de la Gestión de Residuos Sólidos	18
Propuesta de Incorporación de Producción más Limpia (P+L)	20
Resultados y discusión	21
Caracterización de Gestión Hídrica	21
Tarifas de Agua Potable	21
Consumo de Agua Potable	21
Calidad de Agua de la Fuente	26
Registro de Instalaciones Hidrosanitarias y Prácticas Relacionadas al Consumo	26
Clasificación de Aguas Residuales	28
Caracterización de la Gestión Energética	31

Cuantificación y Clasificación del Consumo Energético.....	31
Identificación de Fuentes y Usos del Consumo Energéticas.....	33
Prácticas Relacionadas al Consumo Eléctrico	34
Caracterización de la Gestión de Residuos Sólidos.....	36
Clasificación y Cuantificación de los Residuos Generados.....	36
Descripción de las Prácticas de Almacenamiento y Disposición Final	42
Descripción de las Prácticas de Reciclaje, Reutilización y Reducción	43
Incorporación de Elementos para una Estrategia de Producción más Limpia	46
Oportunidades de Mejora	46
Conclusiones	53
Recomendaciones.....	54
Referencias.....	55
Anexos.....	57

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Categoría asignada por la ARLY a cada restaurante evaluado y restaurantes por categoría.	15
Cuadro 2 Tarifas fijas de agua por categoría de la ARLY.....	21
Cuadro 3 Resultados de la evaluación de calidad de agua en el tanque de Las Conchas.	26
Cuadro 4 Uso de tecnologías de tratamiento de aguas grises de cocina en los restaurantes evaluados.	28
Cuadro 5 Tecnologías asociadas al consumo de aguas potable en los restaurantes evaluados.	28
Cuadro 6 Tipos de residuos sólidos identificados en restaurantes miembros de la ARLY.	37
Cuadro 7 Categorías y subcategorías para el pesaje y clasificación de residuos sólidos.....	38
Cuadro 8 Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión hídrica en miembros de ARLY.	48
Cuadro 9 Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión energética.	49
Cuadro 10 Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión de residuos.	51

Índice de Figuras

Figura 1 Ruta metodológica para la evaluación en restaurantes de la ARLY.....	14
Figura 2 Consumo diario promedio de agua por restaurante (m ³ /día) (Entre el 25 de agosto y el 14 de septiembre de 2024).....	22
Figura 3 Costo por metro cúbico de agua en restaurantes en los restaurantes evaluados según tarifas asignadas por la ALRY.	23
Figura 4 Comparación del consumo promedio de agua potable entre días de semana y fines de semana por restaurante (m ³ /día) (En entre el 25 de agosto y el 14 de septiembre de 2024).	24
Figura 5 Proyección de consumo anual global de agua potable por categoría de restaurante de la ARLY.	25
Figura 6 Proporción de consumo anual de agua potable por categoría de restaurantes de la ARLY..	25
Figura 7 Estimación teórica de la generación de aguas residuales a partir del consumo de agua en los restaurantes evaluados.....	30
Figura 8 Distribución de aguas residuales en los restaurantes de la ARLY.	31
Figura 9 Consumo diario promedio de energía eléctrica (datos del 24-26 de noviembre de 2024)...	32
Figura 10 Proporción estimada del consumo de energía eléctrica por categoría (datos del 24-26 de noviembre de 2024).....	33
Figura 11 Distribución del consumo (KWh/día) en los restaurantes miembros de la ARLY.	34
Figura 12 Distribución de residuos sólidos en los restaurantes miembros de la ARLY.....	39
Figura 13 Generación de residuos sólidos por restaurante en libras diarias (del martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024).	40
Figura 14 Total de residuos recolectados en libras diarias (martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024).	40
Figura 15 Distribución de categorías de residuos sólidos durante la toma de datos (martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024).	41

Figura 16 Proporción estimada de la generación de residuos sólidos por categoría de restaurante de la ARLY.....	42
Figura 17 Uso semanal estimado de aceite vegetal en los restaurantes evaluados.	44
Figura 18 Proporción de cáscaras de banano en el total de residuos orgánicos colectados.....	45

Índice de Anexos

Anexo A Métodos de análisis en laboratorio para muestras de agua potable.....	57
Anexo B Normativa hondureña para parámetros utilizados en la caracterización de agua potable. ...	58
Anexo C Caudales promedio por restaurante (m ³ /día).	59
Anexo D Datos relevantes sobre el monitoreo de caudales en los restaurantes evaluados (m ³ /día). 60	
Anexo E Cálculo de pago por m ³ de consumo de agua potable.	61
Anexo F Estimado de consumo anual del sector (m ³ /año).....	62
Anexo G Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk.	63
Anexo H Resultados prueba t de Welch.	64
Anexo I Interpretación de resultados prueba t de Welch.	65
Anexo J Cálculo de consumo energético (kW/día) por categoría de restaurante.	66
Anexo K Distribución del consumo según tipo de equipos.....	67
Anexo L Cantidad aproximada de bidones de aceite vegetal comprados por semana.	68
Anexo M Estimado de toneladas anuales por categoría de restaurante.	69
Anexo N Clasificación de residuos sólidos (domingo 15 de diciembre de 2024).	70
Anexo O Medición de dimensiones de sistema trampa grasa en restaurante evaluado (miercoles 18 de diciembre de 2024).	71
Anexo P Aplicación de encuestas en uno de los restaurantes evaluados (domingo 24 de noviembre de 2024).	72
Anexo Q Socialización y agradecimientos al final de la toma de datos de la gestión de residuos sólidos (miercoles 18 de diciembre de 2024).	73

Resumen

La Producción más Limpia (P+L) es una estrategia orientada en reducir los impactos ambientales en procesos productivos. Este estudio evaluó la gestión ambiental de cinco restaurantes miembros de la Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (ARLY), en Honduras, con el fin de generar una línea base para un plan de P+L. Se aplicó la metodología basada en las bases de P+L establecidas por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), abordando cuatro etapas: diagnóstico de la gestión hídrica, energética y de residuos sólidos, seguido de la identificación de oportunidades de mejora. Durante la etapa de diagnóstico se realizaron mediciones de consumo de agua, análisis de calidad, estimaciones de consumo eléctrico, caracterización de residuos y entrevistas al personal. Se identificaron prácticas positivas como el tratamiento colectivo de aguas residuales y ciertos intentos de reutilización de residuos. No obstante, persistieron deficiencias: falta de micro medición del consumo de agua, baja adopción de tecnologías y limitada separación en la fuente. Se detectó una alta generación de residuos orgánicos (especialmente cáscaras de banano), consumo energético elevado en refrigeración, y dificultades para fomentar el ahorro hídrico debido al uso de tarifas fijas. A partir de estos hallazgos se formularon oportunidades de mejora distribuidas en cuatro líneas de acción: aplicación de buenas prácticas, sustitución de insumos, mejoras tecnológicas y fortalecimiento institucional. Estas acciones conforman un plan preliminar por componente ambiental, orientado a optimizar el desempeño ambiental del sector restaurantero en la cuenca.

Palabras clave: Ciclo de vida, gestión ambiental, sostenibilidad

Abstract

Cleaner Production (CP) is a strategy aimed at reducing the environmental impacts of production processes. This study evaluated the environmental management of five restaurants belonging to the Lake Yojoa Restaurant Association (ARLY) in Honduras, in order to generate a baseline for a CP plan. The methodology was applied based on the CP foundations established by the United Nations Environment Programme (UNEP), addressing four stages: diagnosis of water, energy, and solid waste management, followed by the identification of opportunities for improvement. During the diagnostic stage, water consumption measurements, quality analysis, electricity consumption estimates, waste characterization, and staff interviews were conducted. Positive practices such as collective wastewater treatment and some attempts at waste reuse were identified. However, shortcomings persisted: lack of micro-measurement of water consumption, low technology adoption, and limited source separation. A high level of organic waste generation (especially banana peels), high energy consumption in refrigeration, and difficulties in promoting water conservation due to the use of fixed rates were detected. Based on these findings, opportunities for improvement were identified, distributed across four lines of action: implementation of best practices, input substitution, technological improvements, and institutional strengthening. These actions comprise a preliminary plan by environmental component, aimed at optimizing the environmental performance of the restaurant sector in the watershed.

Keywords: Environmental management, life cycle, sustainability

Introducción

Los cuerpos de agua saludables son fundamentales para la subsistencia de las comunidades y para el equilibrio de los ecosistemas. En particular, las comunidades rurales, dado que dependen directamente de los recursos naturales, presentan una vulnerabilidad elevada frente a su degradación. Entre los principales factores de presión sobre estos ecosistemas se encuentran las actividades humanas; especialmente en zonas cercanas a fuentes y cuerpos de agua, donde la competencia por el recurso y la alteración de su calidad inciden negativamente en la calidad de vida de las poblaciones, así como en la integridad de los ecosistemas adyacentes (Petheram et al., 2010; Schmitz et al., 2013).

En ecosistemas lacustres habitados, la disminución de la calidad del agua responde, en gran medida, a una inadecuada disposición de residuos y a la ausencia de sistemas de tratamiento en comunidades adyacentes. La acumulación de nutrientes por residuos mal gestionados puede generar eutrofización, afectando gravemente la biodiversidad acuática. A nivel social, esta situación incrementa los costos de tratamiento de agua, impacta la salud pública y reduce el valor turístico y económico del entorno, desincentivando la inversión (Babuji et al., 2023; Fontúrbel, 2005).

El turismo es una de las actividades humanas que mayor presión ejerce sobre los cuerpos de agua. Su relación con el ambiente resulta compleja, ya que implica una variedad de actividades simultáneas que generan residuos, demandan recursos y provocan alteraciones físicas en los ecosistemas. Las infraestructuras turísticas representan uno de los principales focos de impacto ambiental. La expansión no planificada de esta actividad ha contribuido al incremento de residuos sólidos, particularmente plásticos, derivados de combustibles fósiles y materiales de un solo uso. A ello se suman impactos físicos, como la deforestación y la modificación de hábitats, que amenazan la biodiversidad local (Baloch et al., 2023; Senetra et al., 2020).

Entre las actividades económicas asociadas al turismo, la gastronomía concentra buena parte de los residuos generados. En zonas lacustres, el impacto de restaurantes depende en gran medida

de su capacidad de gestionar residuos, especialmente los orgánicos. Estos pueden contribuir al proceso de eutrofización, generando proliferación de algas y pérdida de biodiversidad. Asimismo, la acumulación de plásticos y materiales no degradables incrementa la presión y los impactos ambientales (Principato et al., 2021).

Ante este panorama, es necesario adoptar enfoques preventivos y de mitigación. La Producción más Limpia (P+L) agrupa estrategias orientadas a prevenir impactos ambientales mediante la reducción de residuos y emisiones desde el origen, fomentando la eficiencia en el uso de recursos y promoviendo la sostenibilidad. Entre sus principios se incluyen la conservación de recursos, la sustitución de insumos contaminantes y la optimización del ciclo de vida de los productos. Su implementación también permite reducir costos operativos y mejorar la competitividad empresarial (Jovane et al., 2008; van Berkel, 2007).

El Lago de Yojoa, ubicado entre los departamentos de Cortés, Comayagua y Santa Bárbara, es el único lago natural de Honduras y un punto turístico de alta importancia. Para evitar que las actividades económicas asociadas al turismo contribuyan a su deterioro, se han implementado acciones de manejo promovidas por organizaciones locales y por la Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (ARLY), buscando equilibrar el desarrollo económico con la conservación del recurso. Sin embargo, se requiere aún de información detallada que permita definir estrategias claras con base en los principales impactos y oportunidades a partir de la gestión ambiental para el sector.

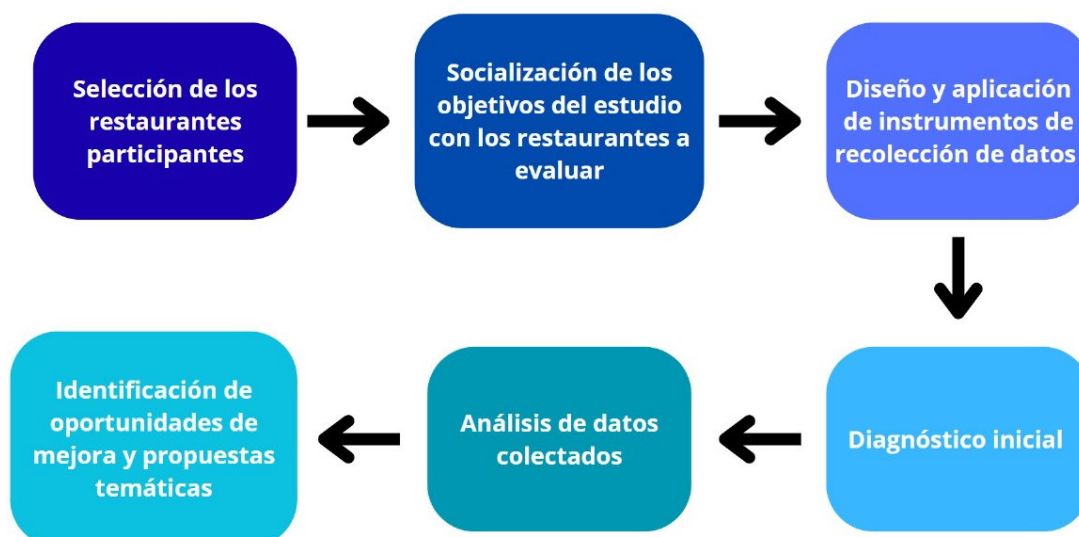
Este estudio tiene como objetivo diagnosticar la gestión hídrica, energética y de residuos sólidos en cinco restaurantes pertenecientes a la ARLY, con el propósito de sentar las bases para una estrategia de Producción más Limpia. Los objetivos específicos del estudio son: i) caracterizar la gestión hídrica, ii) describir la gestión energética, iii) caracterizar la gestión de residuos sólidos; y, iv) proponer prácticas de P+L para los tres componentes ambientales en estudio.

Metodología

La metodología del estudio se estructuró de forma secuencial, con el fin de garantizar una recopilación de datos integral y representativa de los procesos operativos de los restaurantes evaluados. El enfoque adoptado permitió una comprensión sistemática de las prácticas actuales en torno al uso de agua, energía y la gestión de residuos sólidos, facilitando la posterior identificación de oportunidades de mejora en el marco de la Producción más Limpia (P+L). En la Figura 1 se puede observar la ruta metodológica utilizada en este estudio.

Figura 1

Ruta metodológica para la evaluación en restaurantes de la ARLY.



Sitio de Estudio

El estudio se desarrolló en cinco restaurantes afiliados a la Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (ARLY), ubicados a lo largo de la carretera CA-5, en el borde este del Lago de Yojoa en Honduras. Estos establecimientos se encuentran entre los municipios de Taulabé (departamento de Comayagua) y Santa Cruz de Yojoa (departamento de Cortés). La recolección de datos se llevó a cabo entre agosto de 2024 y marzo de 2025.

Selección de Restaurantes

La selección inicial de los restaurantes participantes se realizó en función de la disposición voluntaria de los propietarios, procurando incluir al menos un establecimiento por cada categoría definida por la ARLY. Con fines descriptivos, los restaurantes fueron enumerados en orden descendente según su categoría.

Categorías de Restaurantes

En este estudio se consideraron las categorías de restaurantes establecidas por la ARLY. Si bien no se pudo disponer de la documentación formal que detalle los criterios específicos de clasificación, se reconoce que esta se basa principalmente en la capacidad de atención al cliente y en la disponibilidad de espacios de estacionamiento. La ARLY agrupa a sus 59 miembros en cuatro categorías: extragrandes, grandes, medianos y pequeños. Además, debido a la falta de datos específicos sobre la cantidad de clientes y platos servidos, la información presentada en este estudio ha sido extrapolada a los restaurantes en función de sus categorías. Las categorías asignadas por la ARLY a los restaurantes seleccionados para este estudio y el total de restaurantes en dicha categoría se describen en el cuadro 1.

Cuadro 1

Categoría asignada por la ARLY a cada restaurante evaluado y restaurantes por categoría.

No. Asignado a Restaurante	Categoría de Restaurante seleccionado	Total de restaurantes en la misma categoría
Restaurante #1	Extragrande	13
Restaurante #2	Grande	24
Restaurantes #3 y #4	Mediano	13
Restaurante #5	Pequeño	9

Nota. Tomado de Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (2024).

Entrevistas e Instrumentos de Recolección de Datos

Se realizaron entrevistas semiestructuradas en cinco restaurantes del Lago de Yojoa como parte del diagnóstico base para la propuesta de un Plan de P+L. Este tipo de entrevista permitió explorar el contexto en temas como la gestión de hídrica, energética y de residuos sólidos, sin

restringir la posibilidad de profundizar según las respuestas de los participantes (Kvale y Brinkmann, 2009). Las entrevistas se dirigieron a propietarios y empleados que voluntariamente desearon participar, priorizando a quienes tuvieran conocimiento directo de las prácticas operativas.

Durante las visitas se aplicaron también formatos técnicos para complementar la información cualitativa. Estos formatos incluyeron un registro del estado y número de equipos hidrosanitarios, un inventario detallado de equipos eléctricos, y la documentación de las condiciones e infraestructura para la disposición de residuos. La duración y profundidad de cada entrevista variaron según la disponibilidad de los participantes y las condiciones propias de cada establecimiento. Se garantizó la confidencialidad de los datos y se acordó la identificación de los restaurantes mediante números según su categoría. El enfoque combinó el relato de los actores con observación técnica, fortaleciendo la validez del diagnóstico (Creswell, 2018).

Caracterización de la Gestión Hídrica

La gestión hídrica de los restaurantes se caracterizó a partir de los siguientes elementos: i) la cuantificación de su consumo, ii) la caracterización de su calidad, iii) el registro de las instalaciones hidrosanitarias y prácticas relacionadas con el consumo y v) la clasificación de sus aguas residuales.

La cuantificación del consumo de agua se realizó entre agosto y octubre de 2024, en coordinación con AMUPROLAGO. Para ello, se instalaron medidores de caudal de paso marca Truper® en los cinco restaurantes evaluados, con el fin de registrar el consumo de agua potable en metros cúbicos (m³). Se verificó que cada medidor estuviera correctamente ubicado en el punto de entrada de agua a cada restaurante, considerando que en la mayoría de los casos estos establecimientos comparten el suministro con viviendas. Asimismo, se aseguró que todos los medidores estuvieran instalados en posición horizontal para garantizar precisión y homogeneidad en las mediciones. Las lecturas se realizaron durante un mes, dos veces al día (a las 9:00 a.m. y a las 3:00 p.m.). Todo el proceso fue documentado mediante registros fotográficos y tablas detalladas.

Mediante pruebas estadísticas se comparó el consumo de los restaurantes entre días de semana y fines de semana para conocer las tendencias de consumo. Se aplicó la Prueba Shapiro-Wilks para verificar la distribución normal de los datos y posteriormente se aplicó la prueba U de Mann-Whitney para establecer diferencias entre las medias del consumo de los restaurantes durante los días de semana y fines de semana. Para fines ilustrativos se extrapoló la información obtenida para cada restaurante al total de restaurantes de esa categoría, para obtener un estimado del consumo hídrico global anual de los restaurantes afiliados a la ARLY.

La caracterización de calidad de agua se realizó en un estudio paralelo mediante un muestreo único del agua que ingresa al tanque de almacenamiento de Las Conchas. Las muestras se recolectaron en frascos de polietileno y bolsas estériles dependiendo del análisis a realizar y fueron trasladadas para análisis fisicoquímicos al Laboratorio del Departamento de Ambiente y Desarrollo. Los análisis bacteriológicos se realizaron el mismo día de la recolección en un laboratorio móvil establecido en la zona para este fin (Linares, 2025). Se analizaron con base en protocolos estandarizados de análisis de calidad de agua para consumo (Anexo 1) y se compararon los resultados con los valores máximos permitidos por la normativa hondureña de calidad de agua destinada a consumo humano (Anexo 2) ((Acuerdo N.º 058), 1996).

Para el registro de las instalaciones hidrosanitarias, así como de las prácticas relacionadas con el consumo de agua y la clasificación de aguas residuales, se aplicó la metodología descrita en la sección de entrevistas e instrumentos de recolección de datos. En una primera etapa, se elaboró un inventario detallado de los equipos hidrosanitarios, incluyendo información sobre su consumo estimado, capacidad y estado de funcionamiento. De forma paralela, se realizó observación directa de las prácticas durante el uso del agua, complementada con encuestas y entrevistas al personal, con el propósito de identificar hábitos de consumo, percepciones, problemáticas y otros aspectos relevantes. Asimismo, se utilizaron registros fotográficos como apoyo para documentar y facilitar la recopilación de información.

Caracterización del Consumo Energético

La gestión de energía eléctrica de los restaurantes se caracterizó a partir de los siguientes elementos: i) la identificación de fuentes y usos del consumo, ii) la cuantificación de su consumo, energético y iii) las prácticas relacionadas al consumo. Para fines de este estudio, solamente se consideraron fuentes de consumo eléctrico para la sección energética.

La cuantificación del consumo se realizó mediante una estimación de kWh diarios, basada en los equipos eléctricos utilizados en cada restaurante. Para ello, se elaboró un inventario detallado en el que se registraron la cantidad de equipos, sus especificaciones de consumo, y las horas promedio de uso diario. A partir de esta información, se calcularon los consumos diarios individuales por equipo, y finalmente se realizó una sumatoria para obtener el consumo eléctrico estimado diario total de cada restaurante. Además, se utilizaron bases de datos externas de Energy Star, International Energy Agency, U.S. Department of Energy, y United Nations Environment Programme (UNEP), para complementar la información sobre el consumo promedio de ciertos equipos, especialmente cuando no se contaba con datos de consumo eléctrico, o no tenían su ficha correspondiente.

La identificación de fuentes de consumo energético, sus usos y las prácticas asociadas se completó mediante la metodología descrita en la sección de entrevistas e instrumentos de recolección de datos. Para facilitar el análisis, los equipos inventariados fueron agrupados por categorías funcionales dentro del establecimiento, lo que permitió visualizar con mayor claridad los principales focos de consumo energético en cada restaurante. Asimismo, se documentaron los hábitos de uso y los horarios de operación de los equipos eléctricos, lo que permitió identificar patrones de comportamiento que inciden en el consumo energético y que pueden ser optimizados mediante la aplicación de buenas prácticas.

Caracterización de la Gestión de Residuos Sólidos

La gestión de residuos sólidos se caracterizó a partir de los siguientes elementos: i) la clasificación y cuantificación de los residuos generados, ii) la descripción de las prácticas de

almacenamiento y disposición final y iii) la descripción de las prácticas de reciclaje, reutilización y reducción.

Antes de iniciar la cuantificación formal, se realizó un simulacro de recolección y pesaje de residuos en uno de los restaurantes, con el fin de definir categorías, tipos de desechos y proporciones. Posteriormente, se visitaron todos los establecimientos para estimar volúmenes y seleccionar los recipientes más adecuados. Se establecieron cuatro categorías de residuos: orgánicos aprovechables, orgánicos no aprovechables, inorgánicos aprovechables e inorgánicos no aprovechables.

Debido a limitaciones de espacio en los locales, el pesaje se realizó en la planta de tratamiento Playa Las Marías, con el apoyo logístico gestionado por la ARLY. Entre el 9 y el 18 de diciembre se recolectaron residuos en cinco restaurantes. Para facilitar la clasificación, se entregaron bolsas etiquetadas a cada establecimiento. La recolección se realizó diariamente en la tarde, y el pesaje al día siguiente. El protocolo incluyó separación por restaurante, pesaje de bolsas, verificación del contenido, reclasificación y pesaje por categoría. Este procedimiento se repitió durante toda la semana. El 17 de diciembre los residuos colectados fueron trasladados a un relleno sanitario en Taulabé para su disposición final.

Como ejercicio ilustrativo, se extrapolaron los datos obtenidos en los cinco restaurantes al total de miembros de la ARLY, agrupados por categoría. Esta estimación busca ofrecer una aproximación general del consumo de recursos y generación de residuos a lo largo de un año. Sin embargo, parte del supuesto de patrones de consumo y generación similares por categoría, y de una distribución uniforme durante el año. Por tanto, los resultados deben interpretarse con cautela, reconociendo su carácter exploratorio y no representativo a nivel estadístico. Todas las actividades fueron documentadas con registros fotográficos.

Para la descripción de las prácticas de almacenamiento, disposición final, prácticas de reciclaje, reutilización y reducción se utilizó la metodología presentada en la sección de entrevistas e instrumentos de recolección de datos.

Propuesta de Incorporación de Producción más Limpia (P+L)

Con base en el diagnóstico ambiental realizado en cinco restaurantes miembros de la ARLY, se diseñó una propuesta preliminar dirigida al enfoque de Producción más Limpia (P+L). Esta metodología se fundamenta en los principios establecidos por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (UNEP) y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) (National Cleaner Production Centres and Programmes [UNIDO]), adaptados al contexto del sector restaurantero y al área de estudio. Según PNUMA/ONUDI, la Producción más Limpia es “la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios, para incrementar la ecoeficiencia y reducir riesgos para las personas y el entorno”. Este enfoque se estructura en cinco etapas: i) compromiso y sensibilización; ii) diagnóstico inicial; iii) identificación de oportunidades de mejora; iv) evaluación técnica y económica; y v) monitoreo y seguimiento (UNIDO, 2002; UNEP, 2001)

En el presente estudio, únicamente se abordaron las fases de diagnóstico inicial e identificación de oportunidades de mejora. El diagnóstico incluyó la estimación de consumos promedio de agua, energía y generación de residuos, así como la observación directa de prácticas operativas. A partir de este análisis, se identificaron oportunidades de mejora que fueron organizadas en cuatro áreas clave de intervención (agua, energía, residuos y gestión organizacional) y clasificadas según el tipo de acción: i) buenas prácticas operativas; ii) sustitución de insumos; iii) cambios tecnológicos; y iv) medidas organizacionales, en concordancia con los enfoques sectoriales recomendados por la Producción más Limpia. (Gavrilescu, 2004; UNEP, 2006).

Además, estas etapas se complementaron con la elaboración de un plan preliminar de medidas de P+L, basado en las oportunidades de mejora identificadas. Para ello, se desarrollaron cuadros técnicos por componente ambiental, en los que se incluyó: i) la problemática ambiental identificada, ii) la medida de P+L propuesta, iii) el tipo de intervención correspondiente, y iv) un indicador básico de seguimiento.

Resultados y discusión

Caracterización de Gestión Hídrica

Los restaurantes dependen de la continua disponibilidad de agua para poder operar. En la zona del lago de Yojoa, su uso principal está relacionado con actividades de cocina, como el lavado de utensilios, aunque también se emplea en labores complementarias, como la limpieza general y el uso de sanitarios.

Tarifas de Agua Potable

Los restaurantes cubren una tarifa única fija dependiendo de su categoría que va desde HNL 600 por mes. Normalmente se realiza el cobro de forma mensual, pero algunos optan por realizar el pago total o parcial de todo el año (Cuadro 2). Como en la mayoría del país, no existe micro medición en la zona que permita vincular el consumo al costo del agua, lo cual puede llevar a una distorsión de la percepción del valor del recurso hídrico y a la ausencia de incentivos para su ahorro.

Cuadro 2

Tarifas fijas de agua por categoría de la ARLY

Categoría de restaurante	Tarifa por agua potable (HNL)
Pequeño	200
Mediano	300
Grande	400
Extragrande	600

Nota. Tomado de Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (2024)

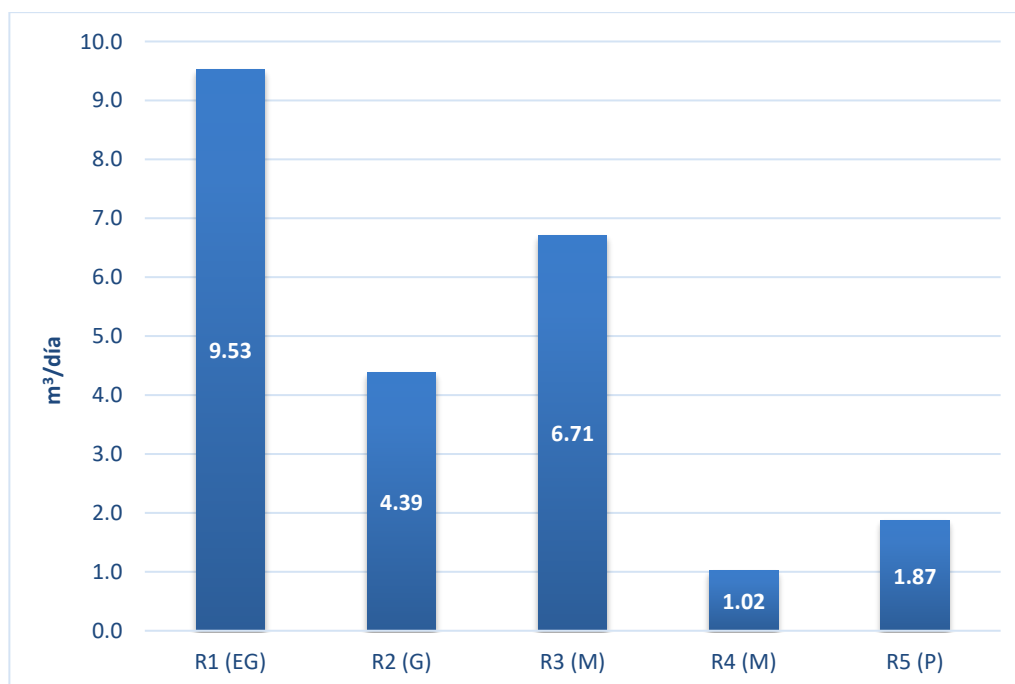
Consumo de Agua Potable

Se anticipaba que el consumo aumentaría de forma proporcional según la categoría asignada por la ARLY, los resultados muestran un comportamiento no del todo coherente con dicha clasificación. Como se observa en la Figura 2, el restaurante R1 (categoría extragrande) y el restaurante R3 (categoría mediana) registran los valores más altos de consumo diario, con 9.53 m³ y 6.71 m³ respectivamente, seguidos por el restaurante R2 (categoría grande), con un consumo de 4.39 m³. Estos tres restaurantes superan a otros establecimientos de categorías similares en términos de

volumen diario utilizado. Estos resultados sugieren que la categoría asignada no siempre refleja el comportamiento real de consumo.

Figura 2

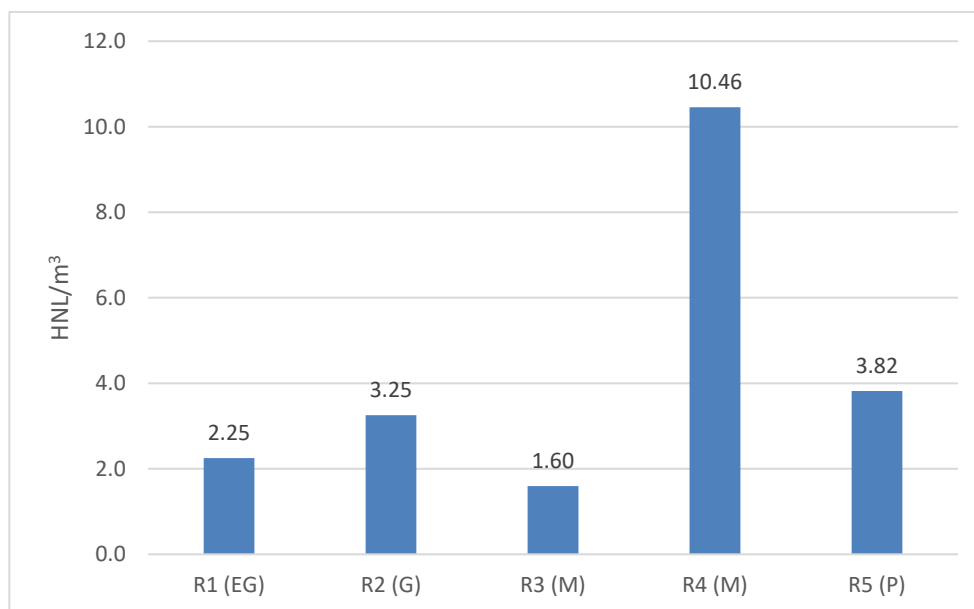
Consumo diario promedio de agua por restaurante ($m^3/día$) (Entre el 25 de agosto y el 14 de septiembre de 2024)



Como se observa en la Figura 3, existe una marcada variación en el costo pagado por m^3 de agua entre los restaurantes evaluados. El restaurante R4 (categoría mediana) presenta el valor más alto, con 10.46 HNL/ m^3 , mientras que otros establecimientos de mayor categoría, como R1 (extragrande), reportan un costo significativamente menor, de apenas 2.25 HNL/ m^3 . De manera similar, R3 (también de categoría mediana) registra el valor más bajo, con 1.60 HNL/ m^3 . Estos resultados evidencian que el esquema de tarifas fijas aplicado no guarda una relación proporcional con el volumen consumido, lo que da lugar a una distribución desigual del costo unitario del agua entre los establecimientos.

Figura 3

Costo por m^3 de agua en restaurantes en los restaurantes evaluados según tarifas asignadas por la ALRY



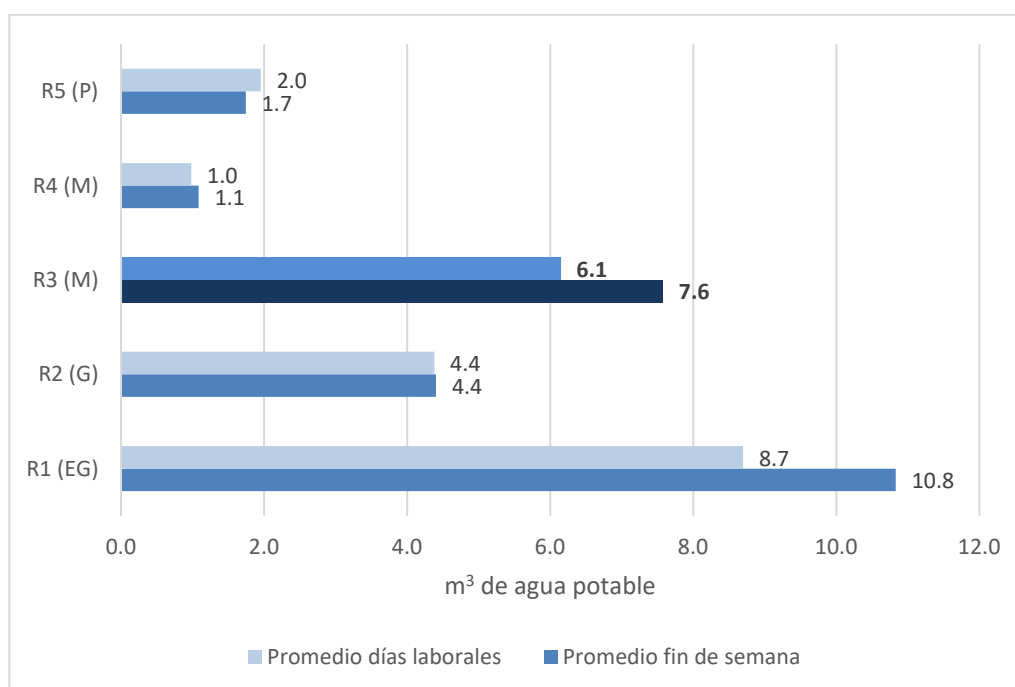
Por otro lado, se evaluó si existían diferencias significativas en el consumo de agua potable entre días laborales y fines de semana. La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indicó que los datos correspondientes a los restaurantes R1, R2 y R3 cumplieron con el supuesto de normalidad en ambos grupos ($p > 0.05$), lo que permite asumir una distribución normal del consumo a lo largo del periodo de medición. En contraste, los datos del restaurante R4 mostraron una desviación significativa respecto a la normalidad ($p < 0.001$).

Posteriormente, se aplicó la prueba t de Welch para comparar los consumos entre días laborales y fines de semana. Solo en el restaurante R3 se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($t(25.95) = 3.88$, $p < 0.001$), lo que indica un incremento notable en el consumo durante fines de semana. En los casos de R1, R2 y R4, no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo que sugiere que su consumo de agua se mantiene relativamente constante entre ambos periodos.

La Figura 4 presenta una comparación de los valores promedio de consumo entre días de semana y fines de semana para cada restaurante, destacando visualmente la diferencia observada únicamente en el restaurante R3.

Figura 4

Comparación del consumo promedio de agua potable entre días de semana y fines de semana por restaurante ($m^3/día$) (En entre el 25 de agosto y el 14 de septiembre de 2024)



Nota. Valores con **negrita** tienen diferencias significativas entre tiempos de consumo.

Finalmente, se realizó una proyección para estimar el consumo anual de agua por categoría de restaurante. Para ello, se calculó el consumo promedio diario por categoría, el cual se multiplicó por el número de establecimientos correspondientes y por la cantidad de días en un año. Los resultados se presentan en las Figuras 5 y 6, que muestran, respectivamente, el consumo anual estimado en $m^3/año$ por categoría y su proporción respecto al total.

Se estima que los restaurantes afiliados a la ARLY consumen aproximadamente 90,000 $m^3/año$. Si el resto de los restaurantes medianos mantienen consumos similares a los de los restaurantes evaluados, esta categoría representa el mayor volumen total de consumo. No obstante,

los restaurantes extragrandes, pese a ser casi tres veces menos numerosos, presentan un consumo anual similar, lo que evidencia un uso significativamente mayor de agua en esta categoría.

Figura 5

Proyección de consumo anual global de agua potable por categoría de restaurante de la ARLY

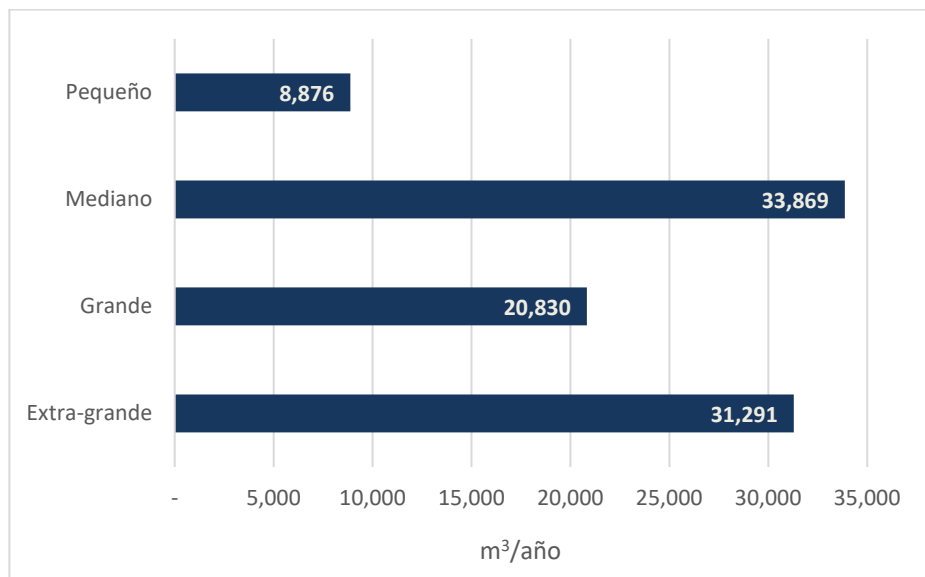
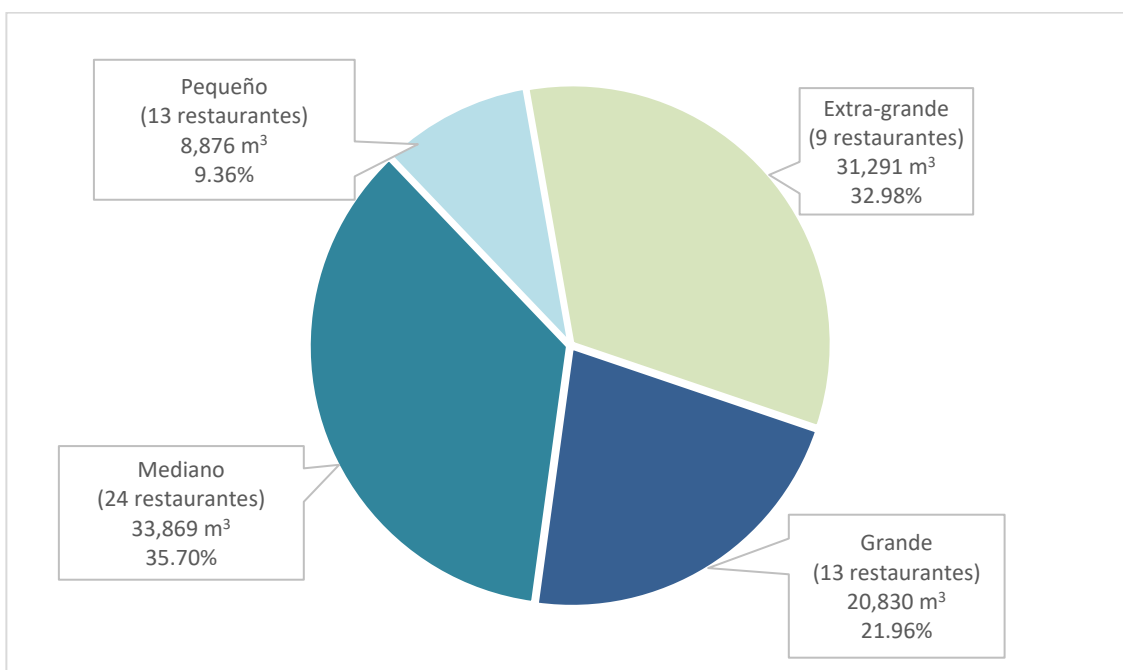


Figura 6

Proporción de consumo anual de agua potable por categoría de restaurantes de la ARLY



Calidad de Agua de la Fuente

Los restaurantes del Lago de Yojoa obtienen su agua de una fuente superficial (manantial) ubicada cercana a la comunidad de Las Conchas, la cual abastece tanto a los restaurantes como a la comunidad del mismo nombre. Cada sistema cuenta con su red de conducción y tanque de almacenamiento. Actualmente el agua de estos sistemas no cuenta con ningún tipo de tratamiento. Las características fisicoquímicas y bacteriológicas de la fuente fueron evaluadas por un estudio paralelo y se presentan en el siguiente Cuadro 3:

Cuadro 3

Resultados de la evaluación de calidad de agua en el tanque de Las Conchas

Parámetro	Valor	Unidad	Valor normativo
pH	7.35	-	6.5-8.5
Turbidez	22.9	UNT	5
Conductividad	31.2	μS/cm	400
Nitratos NO ³	1.3	mg/L	50
Temperatura	22.9	°C	18 – 30
Coliformes Totales	1800	UFC/100 ml	3
Coliformes Termo tolerantes	40	UFC/100 ml	0
Sólidos Totales	22.6	mg/L	1000

Nota. Muestreo realizado el 7 de febrero de 2025. Valores con **negrita** no cumplen con la normativa nacional para agua potable.

Los resultados del análisis correspondiente a un único muestreo evidencian que tres parámetros no cumplen con la normativa vigente: la turbidez, los coliformes totales y los coliformes fecales. Esta situación resalta la necesidad urgente de implementar procesos de potabilización del agua, con el objetivo de reducir los riesgos sanitarios para los consumidores particularmente por los requerimientos de inocuidad requeridos en el sector dedicado a la preparación de alimentos.

Registro de Instalaciones Hidrosanitarias y Prácticas Relacionadas al Consumo

En cuanto a la infraestructura y las prácticas relacionadas con el uso del recurso hídrico, se observaron distintos elementos relevantes en los restaurantes evaluados. Todos los establecimientos cuentan con llaves de paso tanto en cocina como en servicios sanitarios, lo que permite el control manual del flujo de agua. No obstante, debido a la alta disponibilidad de agua en la zona, relacionada

con su elevada pluviosidad y el acceso directo a fuentes hídricas, el sector no percibe la necesidad de implementar medidas estrictas de ahorro de agua. Aun así, se reconoce la importancia de contar con estructuras de almacenamiento y regulación del recurso.

Respecto al equipamiento, todos los restaurantes cuentan con trampas de grasa; sin embargo, durante el diagnóstico se identificaron deficiencias generalizadas en su mantenimiento. Aunque empleados y propietarios afirmaron realizar limpiezas diarias, las condiciones observadas no respaldaban dicha práctica, evidenciando el paso de sólidos desde la cocina, lo cual se relaciona con la ausencia de rejillas en algunos establecimientos. Cuatro restaurantes disponen de separadores de sólidos y solo tres (R1, R3 y R5) cuentan con rejillas en los lavabos. Además, solo el restaurante R1 posee válvulas de control en el sistema de agua de cocina.

Se observó también que todos los inodoros inventariados corresponden a modelos convencionales, sin tecnologías de ahorro de agua. Varios grifos presentaban estructuras expuestas y estaban fabricados con PVC, un material de bajo costo, pero poca durabilidad, especialmente bajo condiciones de uso continuo.

A pesar de estas limitaciones, se identificaron algunas buenas prácticas enfocadas en reducir el impacto de las aguas grises. Entre ellas, el uso de rejillas en lavabos para evitar obstrucciones; la instalación de flotadores en piletas para controlar el volumen de agua; el uso de jabón de grado alimenticio, como los productos del catálogo de la marca Macdel, que presentan una mayor biodegradabilidad; y la remoción manual de residuos sólidos y aceites durante el prelavado, utilizando toallas o papel absorbente. Los Cuadros 4 y 5 presentan el detalle de los equipos y prácticas vinculadas tanto al tratamiento en cocina como al uso eficiente del agua potable.

Cuadro 4

Uso de tecnologías de tratamiento de aguas grises de cocina en los restaurantes evaluados

No. Restaurante	Trampas Grasas	Separador de solidos	Rejillas en lavabos	Válvulas de control
Restaurante #1	Sí	Sí	Sí	Sí
Restaurante #2	Sí	Sí	No	No
Restaurante #3	Sí	Sí	Sí	No
Restaurante #4	Sí	No	No	No
Restaurante #5	Sí	Sí	Sí	No

Cuadro 5

Tecnologías asociadas al consumo de aguas potable en los restaurantes evaluados

No. Restaurante	Inodoros	Urinaris	Lavabos/llaves de paso	Piletas	Tanques de almacenamiento
Restaurante #1	6	0	6	3	0
Restaurante #2	4	0	3	2	2
Restaurante #3	3	1	6	2	2
Restaurante #4	2	0	1	1	0
Restaurante #5	2	0	1	1	0

Clasificación de Aguas Residuales

Las aguas residuales en el sector restaurantero del Lago de Yojoa se dividen en dos principales tipos: las aguas grises y las aguas negras. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, aproximadamente un 80% del agua utilizada en la elaboración de productos alimentarios se vierte como aguas residuales (FAO, 2017). En la zona se han implementado diversos proyectos enfocados en el manejo de aguas residuales, con el objetivo de reducir la contaminación y promover prácticas sostenibles. Uno de los principales avances fue la construcción de la planta de tratamiento de aguas negras en la Playa de Marías, una obra financiada por el Programa Nacional de Desarrollo Rural Sostenible (PRONADERS) y AMUPROLAGO y que fue puesta en marcha en el año 2014. Además, como parte de las acciones para mejorar la calidad del agua vertida al lago, se han instalado cajas trampa de grasas y cajas de retención de sólidos en algunos establecimientos, aunque se desconocen los detalles específicos sobre el alcance o fecha de

implementación de estas instalaciones. Estas iniciativas reflejan un esfuerzo conjunto por mitigar los impactos ambientales derivados de las actividades comerciales en la ribera del lago.

Aguas Grises.

Proviene de actividades como el lavado de utensilios y la preparación de alimentos. La mayoría de los restaurantes cuentan con un sistema de trampas de grasa como tratamiento preliminar previo a su disposición en el humedal adyacente o en el espejo de agua del lago. La cantidad y calidad del agua gris generada en los restaurantes varía según la implementación de buenas prácticas. Por ejemplo, en varios restaurantes no se utilizan rejillas en los lavabos, lo que permite mayor paso de sólidos a las tuberías y dificulta el funcionamiento del sistema de trampas de grasa. El impacto en el lago de las aguas grises parcialmente tratadas depende también de la cercanía de cada restaurante al lago y del tipo de descarga. Algunos restaurantes descargan directamente las aguas grises al espejo de agua, mientras que otros la descargan al humedal perimetral del lago.

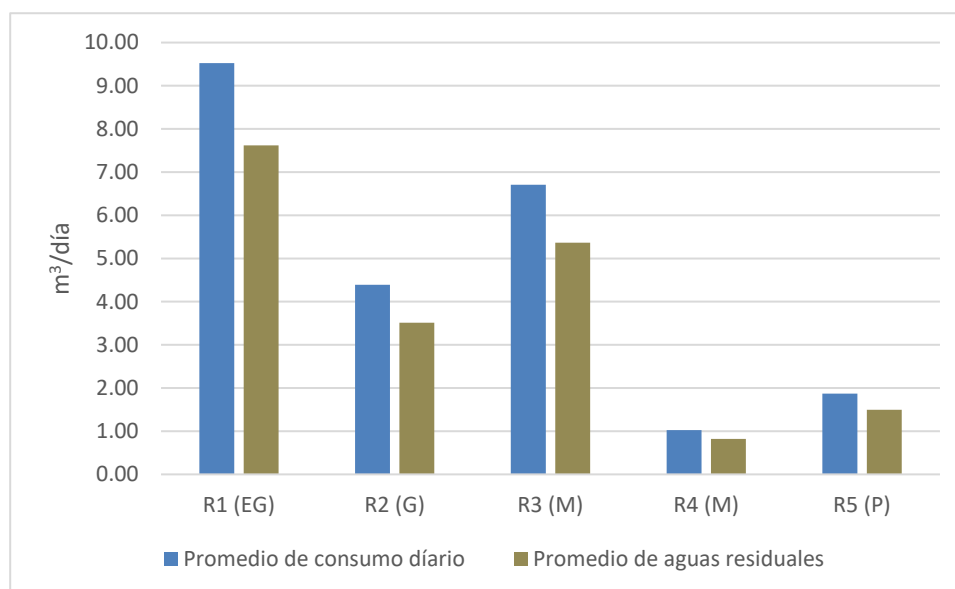
Aguas Negras.

Corresponden a las aguas generadas en los sanitarios, las cuales se mezclan con las provenientes de otros locales y viviendas de la zona. Estas son conducidas para su tratamiento en la planta Playa de Marías, la cual cuenta con un reactor anaerobio de flujo ascendente (RAFA) y un tanque sedimentador. Según estudios, los RAFA muestran eficiencias de remoción de DQO superiores al 60% y de SST por encima del 50%, dependiendo de factores como el diseño del reactor y las características del efluente tratado (Martínez-Santacruz et al., 2016)

Evaluaciones recientes han mostrado que el sistema RAFA utilizado en esta planta ha mantenido un buen desempeño en la remoción de carga orgánica y nutrientes, incluso ante altas concentraciones de aguas residuales provenientes de restaurantes, lo cual respalda su aplicabilidad como tecnología de tratamiento efectiva en el contexto del Lago de Yojoa (Irias, 2023). No todos los restaurantes miembros de la ARLY están conectados al sistema de tratamiento. En la Figura 7 se muestra gráficamente un aproximado del total de aguas residuales generadas por restaurante.

Figura 7

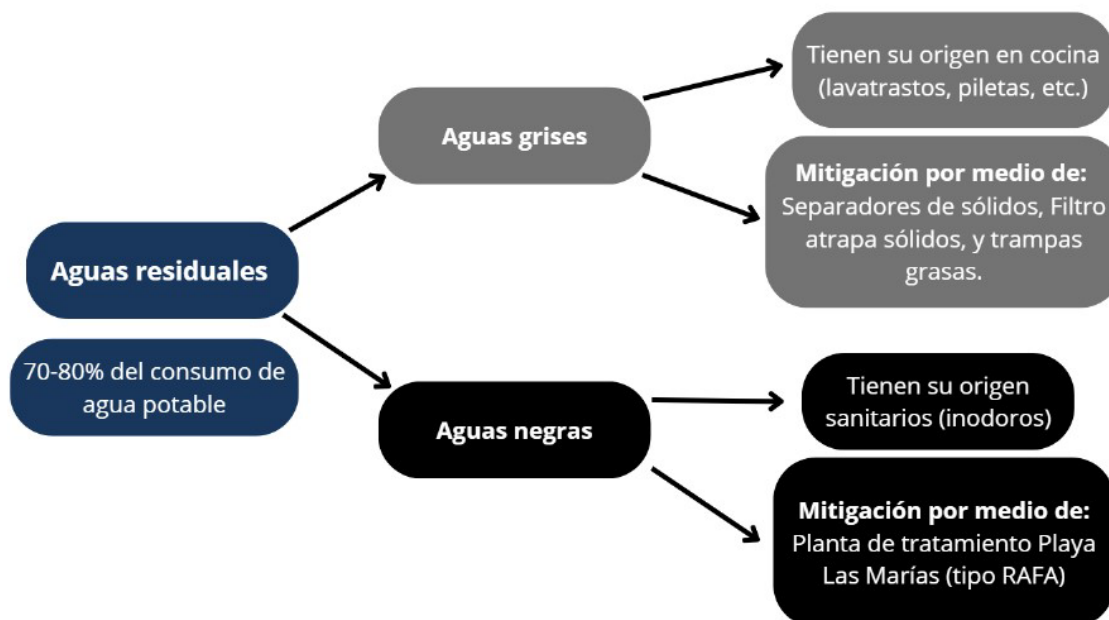
Estimación teórica de la generación de aguas residuales a partir del consumo de agua en los restaurantes evaluados



Aunque no se dispone de una estimación precisa sobre la proporción entre aguas negras y grises, se sabe que las aguas grises, generadas principalmente en las áreas de cocina, constituyen el principal efluente producido por los restaurantes. En contraste, las aguas negras corresponden exclusivamente a las aguas residuales provenientes de los sanitarios. En la Figura 8 se presentan las principales fuentes de generación de aguas grises, así como los mecanismos utilizados para su disposición.

Figura 8

Distribución de aguas residuales en los restaurantes de la ARLY



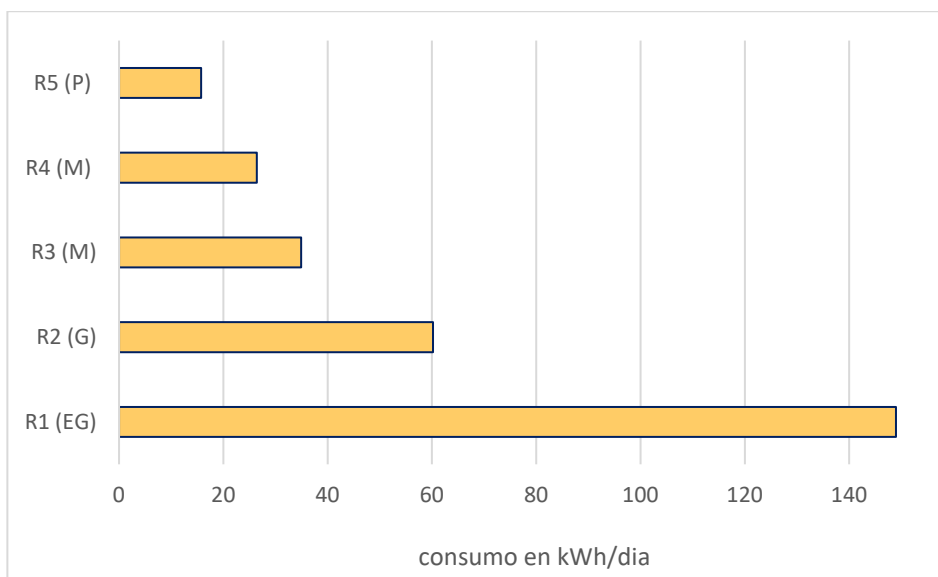
Caracterización de la Gestión Energética

Cuantificación y Clasificación del Consumo Energético

A partir de la estimación del consumo eléctrico en los restaurantes evaluados se obtuvo el consumo diario promedio por establecimiento (Figura 9). A diferencia de lo observado con los datos de consumo de agua potable, estos resultados coinciden con las categorías de restaurantes establecidas por la ARLY, lo que sugiere una relación más consistente entre el consumo eléctrico y el espacio físico de los restaurantes.

Figura 9

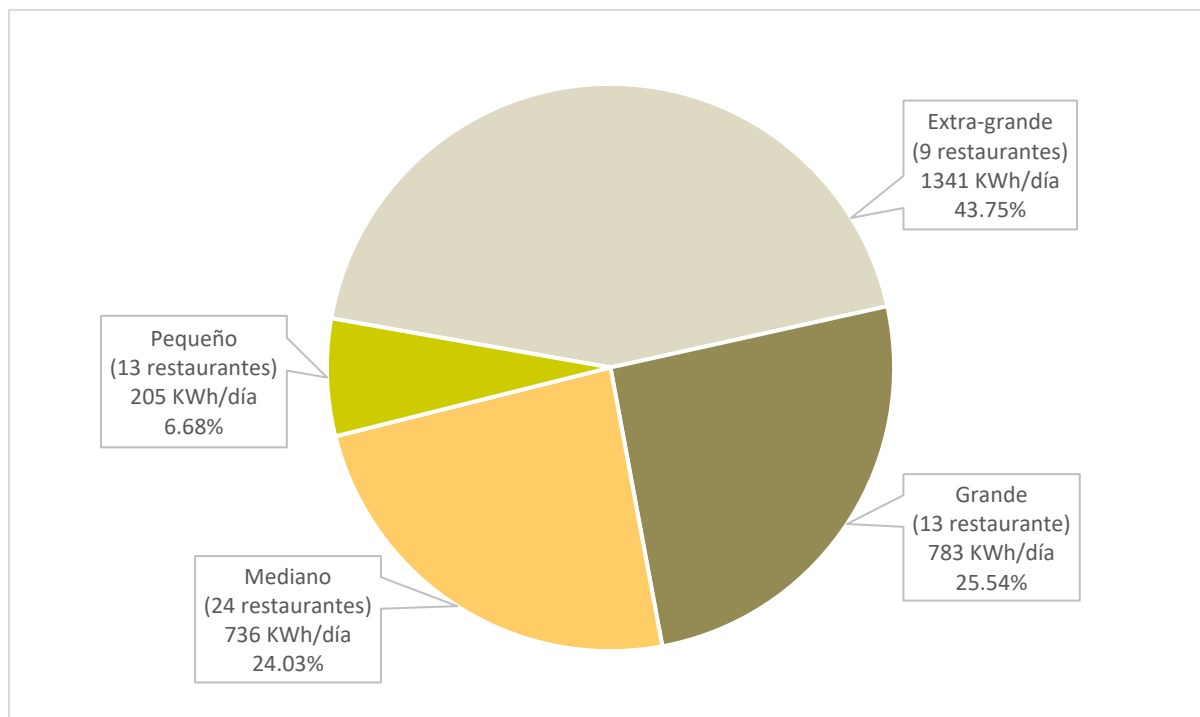
Consumo diario promedio de energía eléctrica (datos del 24-26 de noviembre de 2024)



En la Figura 10 se presentan las proporciones de consumo correspondientes a cada categoría en relación con el consumo de energía eléctrica utilizada diariamente en el total de restaurantes (59) miembros de la ARLY. Se destaca que los restaurantes clasificados como extragrandes son los que registran el mayor consumo de energía eléctrica, lo cual coincide con el hecho de que esta categoría también concentra la mayor cantidad de equipos eléctricos instalados en sus establecimientos.

Figura 10

Proporción estimada del consumo de energía eléctrica por categoría (datos del 24-26 de noviembre de 2024)



Identificación de Fuentes y Usos del Consumo Energéticas

La energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de un restaurante. Su uso principal se destina a la refrigeración de alimentos, así como a otras necesidades operativas, como la iluminación y la cocina. Además, desempeña un papel clave en la gestión y el entretenimiento dentro del negocio, siendo indispensable para dispositivos como terminales de pago, televisores, altavoces, sistemas de pago en línea y otros equipos electrónicos. En los restaurantes evaluados (5), se identificó el uso de distintos aparatos eléctricos, los cuales pueden clasificarse en las siguientes categorías:

Equipos de entretenimiento: televisores, parlantes, entre otros.

Equipos de cocina: licuadoras, procesadoras de alimentos, microondas, etc.

Equipos de refrigeración: congeladores y refrigeradores.

Equipos de ventilación: ventiladores varios.

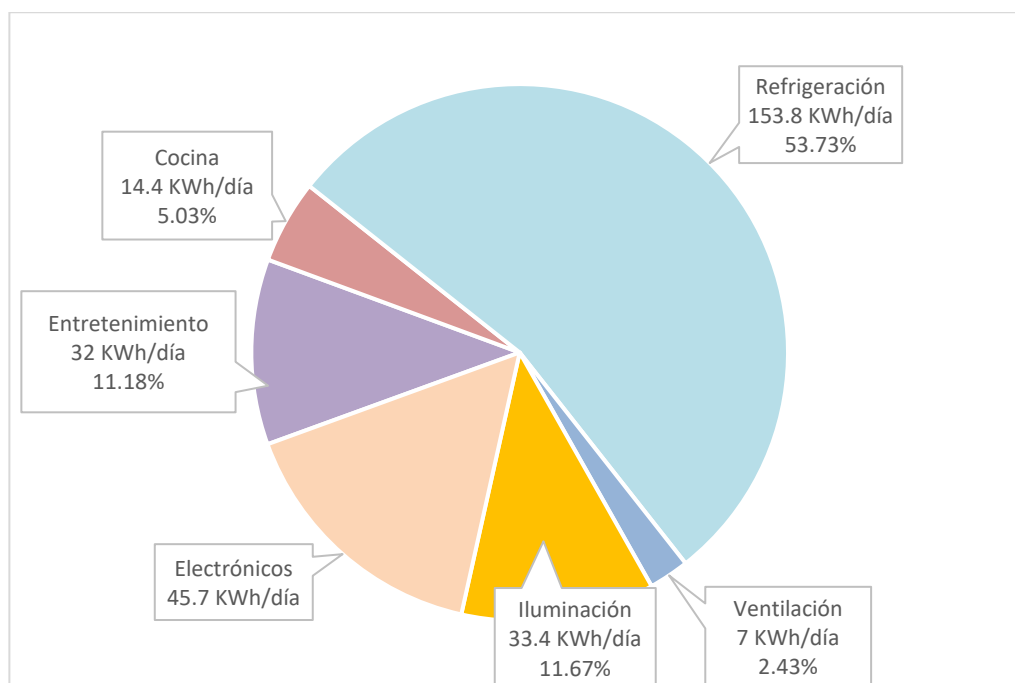
Equipos de iluminación: bombillas incandescentes, luces LED (diodo emisor de luz), luces de emergencia, etc.

Equipos electrónicos: computadoras, monitores, lectores de tarjetas, entre otros.

La refrigeración de alimentos representa poco más de la mitad del consumo total de energía eléctrica en los establecimientos evaluados (Figura 11). Este resultado coincide con lo expuesto en estudios previos, donde se ha evidenciado que los sistemas de refrigeración constituyen una de las principales cargas energéticas en restaurantes, debido a la necesidad continua de conservar alimentos en condiciones óptimas. La refrigeración puede llegar a representar entre el 40 y 60% del consumo energético total en establecimientos de alimentos y bebidas, lo cual pone en evidencia su relevancia dentro de cualquier estrategia de eficiencia energética en el sector (Ma, C. M., Chen, M. H., & Hong, G. B., 2012).

Figura 11

Distribución del consumo (KWh/día) en los restaurantes miembros de la ARLY



Prácticas Relacionadas al Consumo Eléctrico

Las prácticas con relación al uso de energía eléctrica de los restaurantes son variables entre restaurantes y se relacionan con el tipo de uso de que se da a la energía eléctrica. En los restaurantes también se pudo observar que las prácticas y usos de la energía eléctrica varían según la época del año, el clima, y la cantidad de clientes durante la jornada laboral.

Las prácticas de uso de equipos en los restaurantes varían según su función. En el área de entretenimiento, se emplean principalmente equipos de sonido y televisores durante las jornadas de alta afluencia o para acompañar las tareas de limpieza. En la cocina, algunos utensilios se utilizan ocasionalmente para preparar jugos o salsas que luego se refrigeran, mientras que otros equipos, como freidoras de aire, tostadoras y microondas, están destinados al uso del personal.

Así mismo, dentro del área de cocina se emplea gas licuado de petróleo (GLP) como fuente principal de energía térmica para la cocción de alimentos. Este combustible es utilizado en estufas, hornos y planchas. El uso del GLP representa una alternativa accesible frente a otras fuentes energéticas, y su almacenamiento se realiza generalmente en tanques ubicados en dentro de la sección de cocina. La frecuencia e intensidad de uso del GLP dependen directamente del volumen de producción diaria del restaurante y del tipo de menú que se ofrece, se desconocen cantidades de consumo en los restaurantes.

Los equipos de refrigeración, por su parte, permanecen encendidos las 24 horas del día, dado su papel fundamental en la conservación de alimentos, y la mayoría cuenta con etiquetas de eficiencia energética. En cuanto a la ventilación, su uso depende de las condiciones climáticas, siendo especialmente frecuente en días calurosos, con varios ventiladores en cada local. La iluminación aprovecha la luz natural durante el día, excepto en espacios cerrados, complementándose con luces artificiales por la tarde y noche, incluyendo luces LED, de emergencia y exteriores que permanecen encendidas hasta la reapertura. Por último, todos los restaurantes evaluados cuentan con dispositivos electrónicos para facturación y cobros, acceso a internet y plataformas de pago electrónico, evidenciando una modernización en sus procesos administrativos.

De los restaurantes evaluados el #1 destacó sobre el resto por sus buenas prácticas y el uso de tecnologías sostenibles, como su sistema de paneles fotovoltaicos, que, aunque solo cubre una parte de su consumo energético total, representa un avance significativo en la adopción de energías renovables en la zona. Este esfuerzo podría marcar un precedente positivo para otros locales del área, fomentando la reducción de la carga en la red eléctrica nacional de Honduras.

Caracterización de la Gestión de Residuos Sólidos

En todos los restaurantes afiliados a la Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (ARLY), la dinámica de generación de residuos es similar debido a que todos los restaurantes ofrecen el mismo menú principal.

Clasificación y Cuantificación de los Residuos Generados

En general, el plato principal ofrecido en los restaurantes evaluados consiste en pescado frito acompañado de tajadas de banano maduro y condimentos adicionales, como ensalada de repollo y encurtido de cebolla con remolacha. Este platillo se sirve a lo largo de toda la jornada. Los residuos generados a partir del plato principal pueden clasificarse en cuatro grupos: restos de pescado frito, tajadas de banano maduro, residuos de bebidas y complementos de mesa.

Durante las actividades de preparación de alimentos en los restaurantes ubicados a lo largo del margen del Lago de Yojoa, se generan diversos tipos de residuos, tanto en la etapa de elaboración como tras el consumo por parte de los clientes. Los residuos identificados se resumen a continuación (Cuadro 6):

Cuadro 6

Tipos de residuos sólidos identificados en restaurantes miembros de la ARLY

Residuo	Descripción
Origen en cocina	
Cáscaras de banano	Proviene de la elaboración de tajadas fritas. Representan el mayor volumen de residuos orgánicos. Se transforman en alimento para ganado bovino.
Aceite quemado	Generado durante la cocción de alimentos. Es recolectado para su venta posterior.
Restos de vegetales y frutas	Incluyen principalmente zanahoria, cebolla y repollo (de encurtidos); también frutas como piña (jugos y granizados).
Envases de alimentos	Incluyen envases de productos como vinagre, enlatados, especias y sazones.
Alimentos dañados	Dispuestos en bolsas plásticas. Incluyen carnes, vegetales (especialmente chiles) y otros alimentos deteriorados.
Origen en consumo	
Restos de comida	Compuestos por tajadas fritas, encurtidos, huesos y carnes de pescado.
Servilletas usadas	Altamente impregnadas de aceites y grasas, se diferencian de otros residuos orgánicos.
Empaques diversos	Envolturas de salsas, pajillas, sobres de sal, entre otros.
Envases de bebidas	Incluyen latas, botellas de vidrio y plástico, pajillas y tapaderas. Corresponden a bebidas como jugos, refrescos y cervezas.
Diferenciados	
Residuos poco comunes	Tapas de ollas, utensilios metálicos/plásticos, aparatos electrónicos. No representan residuos frecuentes de las operaciones regulares.

Nota. Tomados de Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (2024)

A partir del proceso de clasificación y pesaje de residuos sólidos en los restaurantes evaluados, fue posible identificar los principales tipos de residuos generados por los establecimientos miembros de la ARLY. Las categorías utilizadas durante esta actividad se resumen en el Cuadro 7. Estas dividen los residuos, en primer lugar, según su origen (orgánico o inorgánico) y, posteriormente, según su potencial de aprovechamiento.

Cuadro 7*Categorías y subcategorías para el pesaje y clasificación de residuos sólidos*

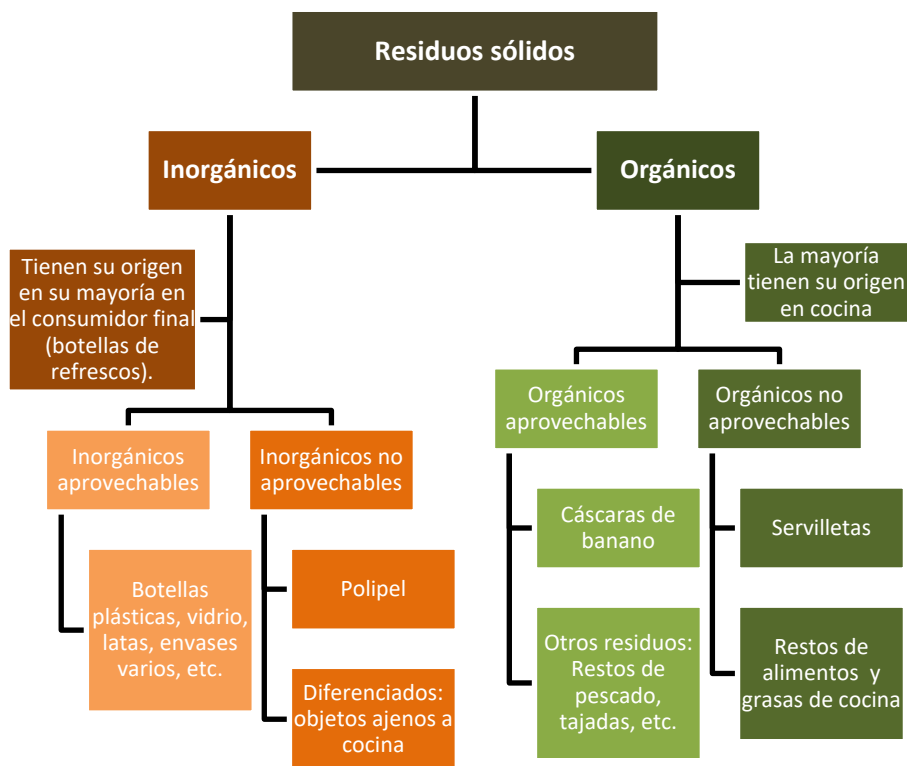
Categoría	Descripción
Orgánico aprovechable	Se componen de residuos sólidos orgánicos que pueden ser compostables y/o transformados para otros propósitos.
Cáscaras de banano	Las cáscaras de banano fueron separadas con el fin de realizar una comparativa a el resto de los residuos generados, dado a que estas son de los pocos residuos aprovechados.
Orgánico no aprovechable	Se componen de residuos sólidos orgánicos que no se pueden reutilizar o reciclar y que no tienen valor comercial o a que requieren un tratamiento específico para su aprovechamiento.
Aceite Quemado	Se incluyen residuos producto de la limpieza del aceite de cocina, como lo pueden ser: papel periódico, toallas, etc.
Inorgánico aprovechable	Son residuos sólidos inorgánicos que pueden ser recuperados y reutilizados a través de procesos de reciclaje o transformación. En estos se incluyeron botellas plásticas, latas y otros envases reciclables.
Inorgánico no aprovechable	Se componen de residuos inorgánicos que no se pueden reutilizar o reciclar y que son considerados desechos, como, por ejemplo: bolsas plásticas, polipel, y cubertería desechable.
Diferenciado	Para fines de este estudio se entenderán como materiales inorgánicos no aprovechables de descarte poco comunes y no representativos de las operaciones regulares de los restaurantes. Por ejemplo, tapas de ollas, utensilios de metálicos/plásticos, y aparados electrónicos.

Nota. Categorías y subcategorías según los residuos identificados en el simulacro de pesaje y clasificación.

En la Figura 12 se presenta la distribución de residuos sólidos identificada durante el pesaje y clasificación de residuos sólidos. Asimismo, se describe brevemente los residuos identificados y su origen.

Figura 12

Distribución de residuos sólidos en los restaurantes miembros de la ARLY



Adicionalmente, las Figuras 13 y 14 muestran las cantidades de residuos sólidos generadas, tanto de manera global como desglosadas por restaurante. Se observa también que la generación de residuos se incrementa durante los fines de semana en comparación con los demás días de la semana. Como es de esperarse por la afluencia de turistas, esta tendencia se observa de forma consistente en todos los restaurantes evaluados.

Figura 13

Generación de residuos sólidos por restaurante en lb diarias (del martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024)

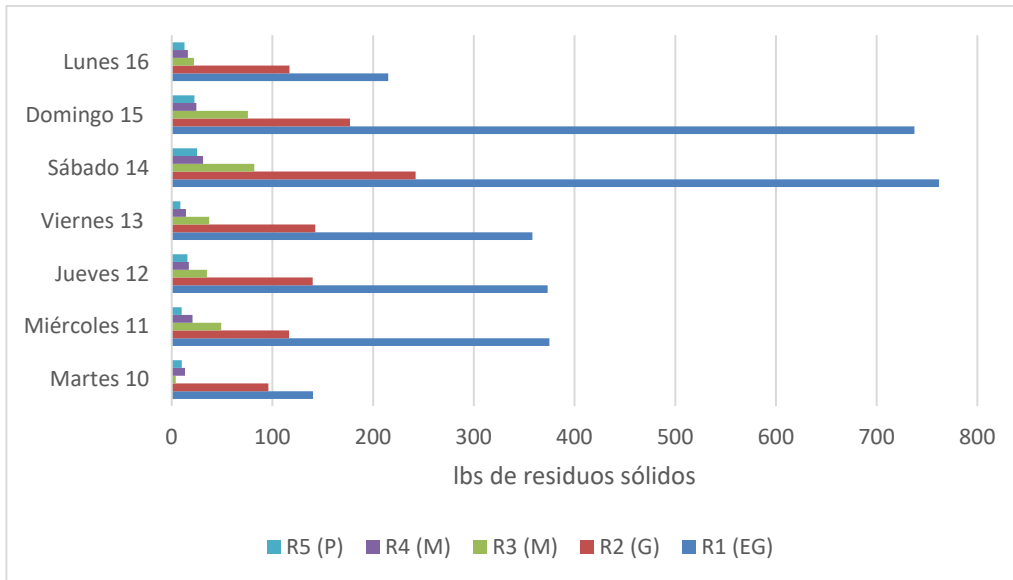
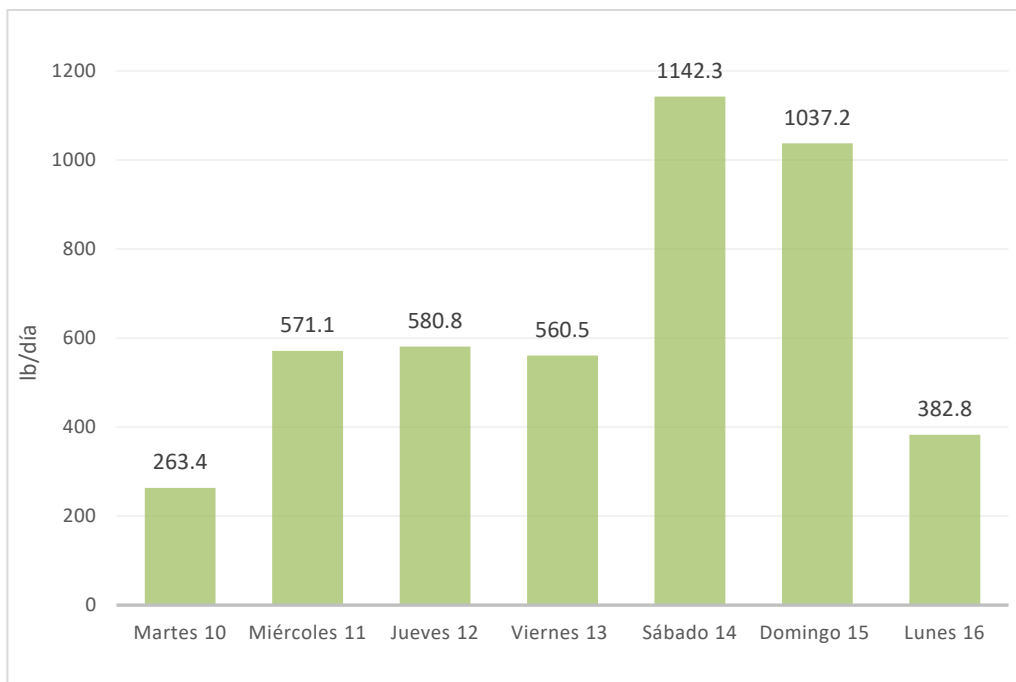


Figura 14

Total de residuos recolectados en lb diarias (martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024)



Finalmente, la Figura 15 muestra la proporción de cada categoría de residuos respecto al total recolectado durante el periodo de toma de datos. Se destaca que los residuos orgánicos aprovechables representan más del 94% del volumen total generado, lo cual coincide con hallazgos de estudios previos en el sector restaurantero, donde esta fracción suele ser la predominante. Por ejemplo, Urrea et al. (2020) reportaron que, en restaurantes urbanos de Colombia, los residuos orgánicos constituían entre el 85 y el 95% del total, lo que evidencia el alto potencial de aprovechamiento de esta categoría y la necesidad de implementar estrategias específicas para su gestión en el marco de planes de producción más limpia. Por otro lado, la Figura 16 presenta una extrapolación de los datos de generación de residuos sólidos al conjunto del sector, donde se observa que los restaurantes clasificados como extragrandes destacan por ser los principales generadores.

Figura 15

Proporción de categorías de residuos sólidos durante la toma de datos en libras (lb)(martes 10 al lunes 16 de diciembre de 2024)

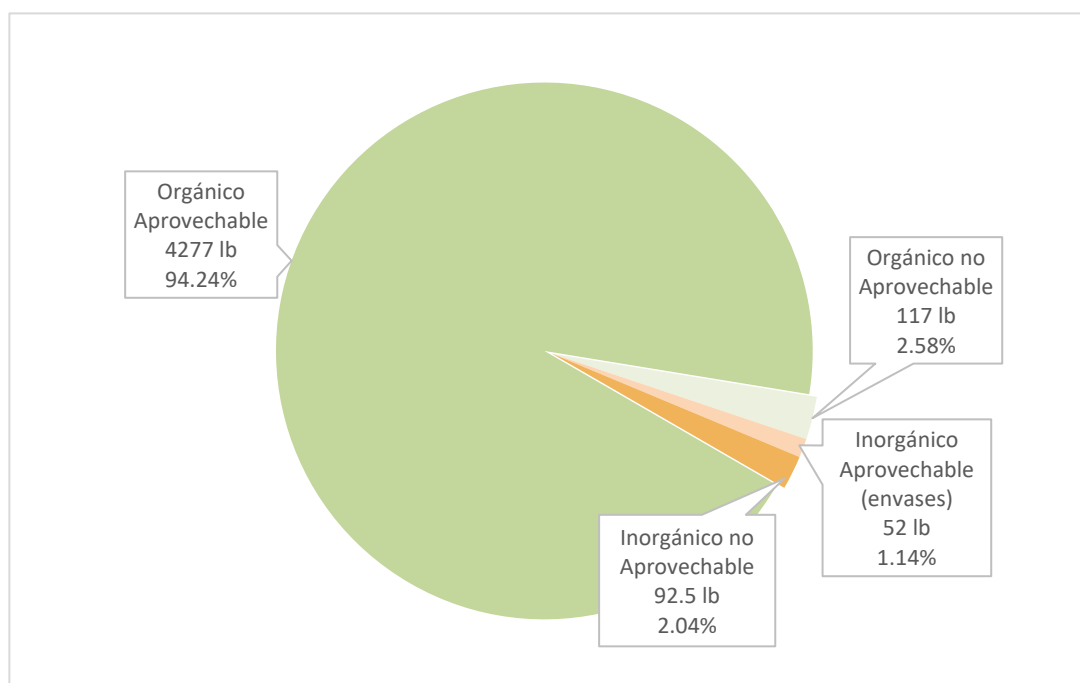
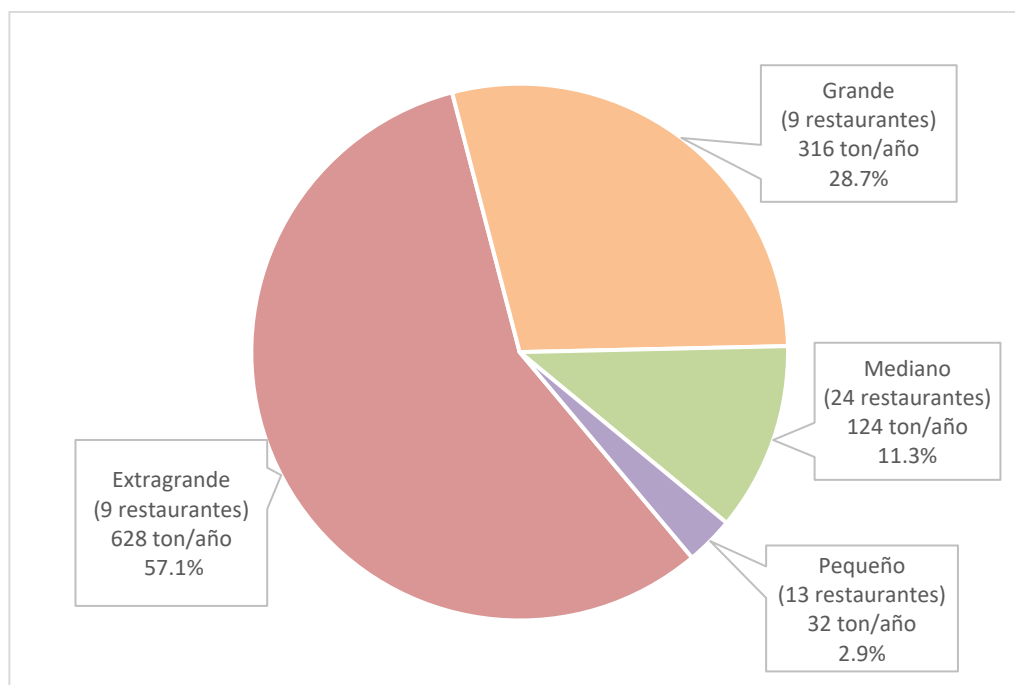


Figura 16

Proporción estimada de la generación de residuos sólidos por categoría de restaurante de la ARLY en toneladas anuales (ton/año)



Descripción de las Prácticas de Almacenamiento y Disposición Final

En los restaurantes afiliados a la ARLY, la disposición de residuos sigue una dinámica similar. La disposición final de los residuos en los restaurantes de la zona ocurre a través de la recolección y disposición en el relleno sanitario municipal de Taulabé. Para ello, se asignaron lunes, jueves y sábados como días de recolección, esto durante horas tempranas del día. En conjunto, los restaurantes contribuyen con un pago aproximado de HNL 14,000 mensuales por este servicio, y los desechos son depositados en el botadero de la Aldea Sábanas de Ocote, en el municipio de Taulabé.

De forma individual, los restaurantes se encargan de movilizar los residuos generados hacia el lado este de la carretera, en esa sección de la carretera es donde se traslada el tren de aseo para realizar la colecta de los residuos. Normalmente los restaurantes realizan el traslado de los residuos en los días designados para la colecta, para evitar malos olores de la acumulación de residuos. Algunos restaurantes cuentan con estructuras para disponer diariamente de los residuos fuera de los locales.

En algunos restaurantes se ha identificado un manejo diferenciado de ciertos residuos orgánicos, aunque no se dispone de datos específicos sobre el porcentaje o la cantidad que se separa para otros usos. No obstante, se conocen diversas prácticas de aprovechamiento, como la separación de cáscaras de banano para alimentar ganado, la recolección de aceite quemado en recipientes específicos para su venta y reutilización, y el uso de restos de pescado como alimento para mascotas de los empleados (perros, gatos y gallinas). Además, se observó la práctica de prelavado de utensilios con toallas, lo cual contribuye a reducir la carga orgánica en los efluentes.

Descripción de las Prácticas de Reciclaje, Reutilización y Reducción

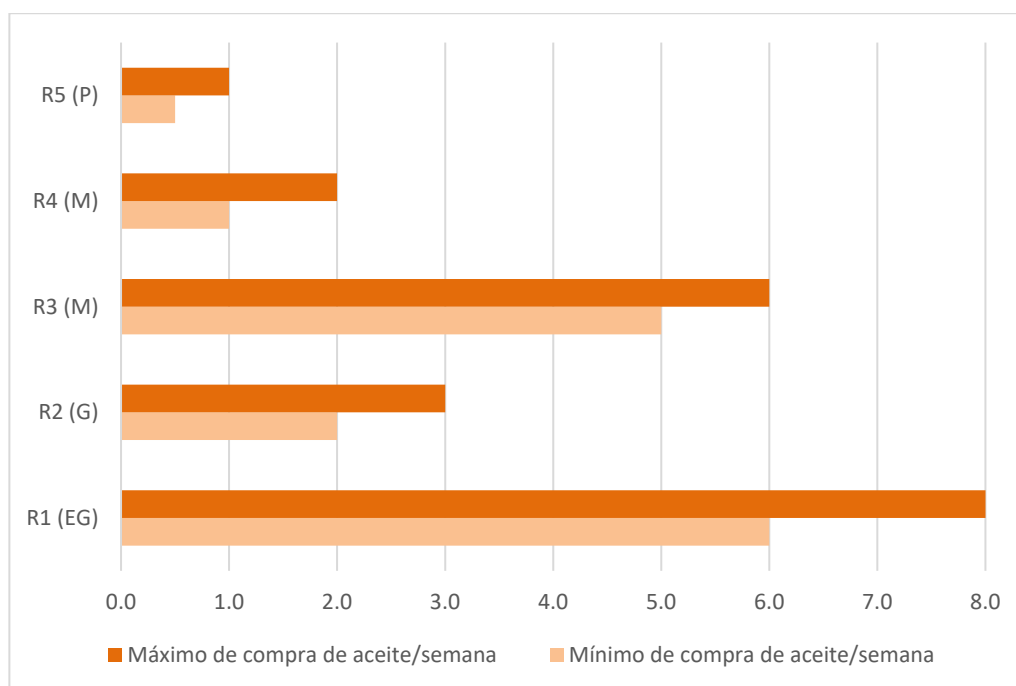
En los restaurantes miembros de la ARLY existen algunas prácticas relacionadas con el reciclaje, reutilización y reducción de residuos sólidos. Las podemos dividir en dos grupos, las prácticas de parte de los restaurantes y las prácticas promovidas por agentes externos. Entre las prácticas propias de los restaurantes de la zona, podemos incluir:

Aceite Quemado.

El aceite quemado es uno de los principales residuos generados en los restaurantes del Lago de Yojoa, que cuentan con sistemas de recolección y transformación. Este residuo representa una fuente de ingresos, ya que los establecimientos pueden venderlo. El aceite vegetal, adquirido en bidones de aproximadamente 5 gal, es un insumo esencial para la preparación de platillos y se utiliza progresivamente según las necesidades de la cocina. Cada restaurante emplea diferentes ollas con aceites designados para distintos alimentos, como pescado o tajadas. La cantidad de aceite quemado varía según la frecuencia de reutilización y hábitos de limpieza de las ollas. La empresa Aceites del Progreso (ACEIPRO) compra este aceite en baldes industriales de 20 L (5.28 gal), con precios variables entre restaurantes, posiblemente influenciados por la calidad y cantidad de impurezas del aceite. En la Figura 17 se muestra el consumo semanal estimado de bidones de aceite en semanas de baja y alta afluencia.

Figura 17

Uso semanal estimado de aceite vegetal en los restaurantes evaluados en bidones (5 gal)

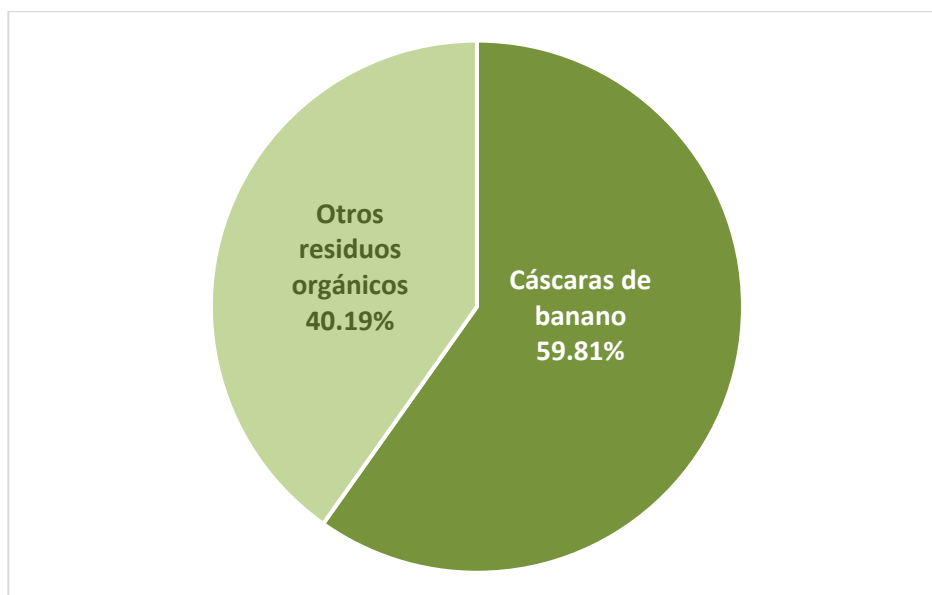


Cáscaras de Banano.

Las cáscaras de banano constituyen el principal residuo sólido generado en los restaurantes evaluados, este es producto del pelado de bananos para su transformación en tajadas. A pesar de su gran volumen, su gestión y aprovechamiento son casi inmediatos, ya que se utilizan como complemento alimenticio en granjas bovinas y porcinas de Santa Cruz de Yojoa y Taulabé. Los restaurantes suelen disponer de las cáscaras en áreas designadas debajo de sus instalaciones o, en algunos casos, al borde de la carretera. Posteriormente, ganaderos de la zona las recolectan en sus vehículos para su uso en la alimentación del ganado. En la Figura 18 se puede observar la proporción de cáscaras de banano en el total de residuos orgánicos colectados (aprovechables y no aprovechables).

Figura 18

Proporción de cáscaras de banano en el total de residuos orgánicos colectados



Adicionalmente un grupo comunitario organizado denominado Lluvia de Bendiciones, con sede en Taulabé recolecta semanalmente plásticos reciclables de los restaurantes para su comercialización. Este grupo está conformado por 14 miembros, organizados en tres equipos encargados de la recolección. Hay que destacar que Lluvia de Bendiciones opera bajo la estructura de una caja rural, promoviendo así un modelo de autogestión comunitaria en el manejo de residuos.

Proyectos con Relación a la Gestión de Residuos Sólidos.

En el ámbito de los residuos sólidos, desde 2023 y hasta inicios del 2025 se ejecutó el proyecto SOS Yojoa, cuyo objetivo fue generar y fortalecer actividades que impulsaran la economía local mediante el manejo sostenible de los residuos sólidos y la protección de los servicios ecosistémicos de la Cuenca del Lago de Yojoa. Además de mejorar la gestión ambiental de los residuos sólidos, SOS Yojoa ha abordado otros desafíos críticos para la conservación de la cuenca del Lago de Yojoa, fortaleciendo el desarrollo sostenible en la región. A su vez, se han desarrollado proyectos previamente en conjunto con los restaurantes miembros de la ARLY. Entre estos proyectos podemos mencionar:

Empresa recolectora para la elaboración de jabón: Se desconoce las partes involucradas en este proyecto, pese a ello se sabe que el mismo constaba en la recolección de aceites de los restaurantes locales para su transformación en jabones.

Programa Hagámosla Circular: Cervecería Hondureña, la Asociación de Municipios del Lago de Yojoa (Amuprolago), la Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (ALRY), y INVEMA realizaron el establecimiento de 23 recipientes de recolección para botellas plásticas a lo largo de la línea de restaurantes. Inicialmente, la empresa INNOVAR de las Vegas Santa Barbara, recolectaba los residuos, actualmente pobladores independientes se encargan de recolectar algunos de estos residuos. No se ha dado continuidad al proyecto y durante la realización del presente estudio se observó la acumulación de plásticos en los recipientes.

Incorporación de Elementos para una Estrategia de Producción más Limpia

Oportunidades de Mejora

Con base en el diagnóstico ambiental realizado en cinco restaurantes miembros de la ARLY, se identificaron múltiples oportunidades de mejora que limitan la sostenibilidad de sus operaciones. A partir de estos hallazgos, se propusieron medidas concretas alineadas con el enfoque de Producción Más Limpia (P+L), estructuradas por componente ambiental: gestión hídrica, consumo energético y manejo de residuos sólidos. A continuación, se presentan los principales resultados por componente:

Gestión Hídrica.

Se identifican seis principales oportunidades de mejora en la gestión hídrica de los restaurantes (Cuadro 8). A continuación, se describen las mismas.

Calidad del agua: Se encontraron indicadores de contaminación fecal en la fuente que abastece al Sector y se conoce que no existe una desinfección comunitaria del agua. Se debe priorizar la desinfección del agua para garantizar el cumplimiento de la normativa y la inocuidad de los alimentos servidos.

Tarifas fijas por consumo de agua: Como se pudo observar, los consumos de agua potable son variables, las categorías que más consumen no son necesariamente las que pagan una cantidad en proporción al uso del recurso. Debido a que la tarifa no está asociada al consumo, al momento no existe un incentivo que promueva el ahorro.

Malas gestión de aguas grises: A lo largo de la línea de restaurantes se han identificado malas prácticas que agravan los impactos de las aguas grises en el espejo de agua. Entre las más evidentes se encuentra el proceso prelavado ineficiente o nulo, que no limita el paso de componentes de tipo orgánico al sistema de disposición. Se envía más carga orgánica de las que el sistema de trampas grasas puede tratar. El uso de rejillas en los lavaplatos de los restaurantes actualmente no se cumple en la totalidad de locales. El dimensionamiento de varios de los sistemas de trampas grasas no es congruente con los volúmenes de aguas grises generados, lo que ocasiona ineficiencias en la remoción de contaminantes.

Cumplimiento de normas de vertido: Debido a las inconsistencias de los sistemas de trampas grasas, malas prácticas dentro de cocina, e instalaciones mal equipadas, no se cumple con las normas hondureñas para vertido de efluentes a cuerpos de agua. Los sistemas de tratamiento de aguas grises actuales cumplen un rol de pretratamiento solamente y no reducen las cargas de nutrientes que se descargan al espejo o al humedal. Se debe mejorar este pretratamiento y se debe gestionar un sistema colectivo de tratamiento de aguas grises.

Sistemas sanitarios ahorradores: La ausencia de equipos hidrosanitarios ahorradores destaca en todos los restaurantes evaluados. El uso de estos, pese a representar un importante gasto económico en instalaciones, a la larga reduce en gran manera el consumo de agua del local.

Sustitución de insumos de limpieza: Se recomienda utilizar productos de limpieza biodegradables y ambientalmente responsables, cuya degradación tenga un menor impacto sobre el Lago. Esta medida puede seguir el ejemplo de algunos restaurantes que ya han adoptado el uso de

jabones de grado alimenticio, los cuales son más seguros tanto para la salud como para el ecosistema acuático.

Cuadro 8

Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión hídrica en miembros de ARLY

Problema Identificado	Medida de P+L	Tipo de acción	Indicador propuesto
Mala calidad de agua para consumo	Implementar un sistema de desinfección comunitario en el tanque de abastecimiento	Mejora tecnológica	Resultados de los monitoreos en cumplimiento con la normativa de agua potable
Tarifas fijas de agua potable	Implementación de micro medición de agua para promover el ahorro y ajustes tarifarios basados en consumo	Fortalecimiento institucional	Sistema de micro medición establecido y ajuste tarifario por consumo
Mala gestión de aguas grises	Talleres, capacitaciones e incentivos para mejorar prácticas en cocina y limpieza en seco de platos	Buenas prácticas operativas, fortalecimiento institucional	% de adopción de buenas prácticas y tecnologías eficientes de tratamiento
Cumplimiento de normas de vertido	Redimensionamiento y construcción de trampas grasas y gestión de un sistema colectivo de tratamiento de aguas grises	Mejora tecnológica, fortalecimiento institucional	% de restaurantes con tecnologías adecuadas para tratamiento de aguas residuales Resultados del monitoreo de aguas residuales en cumplimiento con la normativa de descargas
Falta de sistemas sanitarios ahorradores	Promover tecnologías ahorradoras, incentivos para su implementación y gestión de apoyo externo	Mejora tecnológica	m ³ de agua ahorrados
Sustitución de insumos de limpieza	Uso de insumos amigables con el medio ambiente con menor impacto en el Lago de Yojoa	Sustitución de insumos	Número de restaurantes que sustituyen sus insumos de limpieza

Gestión Energética.

En cuanto a la gestión del consumo de energía eléctrica, se priorizan cuatro oportunidades de mejora (Cuadro 9):

Diferenciación de contadores de energía: De los restaurantes evaluados, solo dos tienen separada la medición del consumo de energía eléctrica del local respecto al de sus viviendas. Esta situación probablemente sea común entre los demás restaurantes. En Honduras, el cobro por el

consumo de energía eléctrica está diferenciado entre negocios y viviendas, con el fin de aplicar tarifas justas según el tipo de uso. Se sugiere gestionar apoyos a nivel municipal o regional que permitan la transición hacia sistemas de medición diferenciada, lo cual contribuirá a una mayor eficiencia en el control del consumo, la optimización de costos operativos y, además, brindará cierta independencia ante eventuales problemas en la red nacional de energía.

Falta de fuentes energía eléctrica alterna: Durante el tiempo del estudio solamente se identificó un restaurante con energías renovables alternas. La implementación de energías alternativas facilita la resiliencia ante cualquier situación, además de reducir la carga ejercida a la red eléctrica nacional de Honduras.

Falta de medidas de ahorro: No se identificaron prácticas para promover el ahorro en el consumo de energía en los restaurantes. Algunos aparatos eléctricos se encuentran en uso continuo innecesario y no se identifican medidas de ahorro entre el personal que labora en los restaurantes.

Uso de equipos ineficientes: La mayoría de los equipos inventariados no tenían indicaciones de consumo eficiente, esto destaca principalmente en los equipos de refrigeración, dado a que estos representan el mayor consumo dentro del sector.

Cuadro 9

Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión energética

Problema Identificado	Medida de P+L	Tipo de acción	Indicador propuesto
Diferenciación de contadores de energía	Requerir diferenciación de líneas eléctricas (local y vivienda); gestionar apoyo para transición a medidores separados.	Fortalecimiento institucional	Número de restaurantes con separación de contadores de energía
Falta de energías renovables	Fomentar la adquisición y adopción de energías renovables alternas	Cambios tecnológicos, fortalecimiento institucional	kWh generados con energías renovables
Falta de medidas de ahorro	Fomentar el ahorro de energía entre el personal permanente de los restaurantes	Fortalecimiento institucional	kWh ahorrados
Uso de equipos ineficientes	Promover el cambio a equipos de consumo eficiente, dar incentivos para su implementación y gestionar apoyo externo	Fortalecimiento institucional, mejora tecnológica	kWh ahorrados por cambio a equipos eficientes

Generación y Gestión de Residuos Sólidos.

Los resultados del estudio revelan que la generación de residuos sólidos por este sector es elevada y con múltiples oportunidades de mejora (Cuadro 10). A continuación, se listan las medidas priorizadas con base en los hallazgos.

Separación deficiente: En los restaurantes no había separación alguna a nivel de cocina, fuera del aceite quemado y cáscaras de banano. Esto complica el gestionar residuos los residuos provenientes de esta zona, limita también la cantidad de residuos que pueden ser compostados y/o aprovechados.

Falta de espacios para disposición: La mayoría de los restaurantes no tienen un espacio adecuado para la disposición de residuos, esto incide en la inexistente separación de estos.

Inventario deficiente de alimentos: Dentro de los locales uno de los residuos identificados fueron los alimentos echados a perder. En su mayoría se componían de vegetales como chiles y tomates, pero en algunos casos sucedía con carnes, como pollo y pescados. Un mejor control de los inventarios no solo reduce los residuos, sino que representaría ahorros para los restaurantes.

Excesivo uso de plásticos de un solo uso: La cantidad de plásticos de un solo uso fue de casi el doble de los plásticos reciclables. Esto requiere atención por parte de los restaurantes, lo que puede ser corregido con el cambio de materiales al momento de servir los alimentos.

Potencial de materiales reciclables: No hay un registro, ni iniciativas eficientes para el aprovechamiento de los plásticos y otros residuos reciclables inorgánicos. Estos son dispuestos sin clasificación alguna como todos los demás residuos de los restaurantes.

Cuadro 10*Propuesta de medidas de producción más limpia para la gestión de residuos*

Problema Identificado	Medida de P+L	Tipo de acción	Indicador propuesto
Separación deficiente	Uso de recipientes diferenciados y medidas de separación en todas las áreas del restaurante.	Cambios tecnológicos y buenas prácticas operativas	kg o toneladas de residuos separados
Falta de espacios para disposición	Habilitación de espacios adecuados para disposición diferenciada de residuos.	Fortalecimiento institucional	% de establecimientos con espacios adecuados para disposición de residuos
Inventario deficiente de alimentos	Realización de inventarios semanales para reducir desperdicio de alimentos.	Buenas prácticas operativas	Reducción en kg de alimentos descartados por vencimiento
Plásticos de un solo uso	Reducción o eliminación de plásticos de un solo uso; fomento de alternativas reciclables o biodegradables.	Sustitución de insumos	kg de plástico de un solo uso eliminado
Potencial de materiales reciclables	Organización de la gestión y aprovechamiento de materiales reciclables.	Fortalecimiento institucional y buenas prácticas operativas	kg de material reciclado con éxito

Problemáticas Legales y de Organización.

Junto con los retos identificados en los tres aspectos de la gestión ambiental, se identificó a lo largo del estudio retos organizativos que limitan la gestión ambiental de este sector y que podrían incidir en la implementación de un programa de producción más limpia en la ARLY. A continuación, se listan los más relevantes.

Categorías poco claras: Las categorías de los restaurantes presentan varias inconsistencias. Inicialmente estas se planteaban considerando la infraestructura y capacidad de carga, como lo son capacidad de personas en el local y estacionamientos para vehículos. La clasificación actual no refleja los patrones de consumo, o la generación de recursos de los restaurantes.

Falta de una representación legal firme: Se menciona por parte de miembros de la ARLY, que actualmente la organización no cuenta con personalidad jurídica, esto representa un problema para la asociación debido a que cierra posibilidades de tener respaldo en conjunto ante asuntos que requieran intervención legal.

Falta de participación: Al discutir aspectos administrativos con los dueños de restaurantes, quedó en evidencia la falta de compromiso de los establecimientos de la ARLY para participar en las reuniones. Generalmente, la asistencia a estas convocatorias es mínima, lo que puede derivar en diversos problemas, como conflictos de interés entre los miembros, desorganización, pérdida de apoyo externo y una mayor vulnerabilidad ante situaciones de crisis.

Falta de incentivos para la implementación de proyectos: Varios de los restaurantes miembros de la ARLY han mostrado escaso interés en aplicar las tecnologías, conocimientos y recursos obtenidos a través de los diferentes proyectos ejecutados en la zona del Lago de Yojoa.

Licenciamiento ambiental colectivo: Los restaurantes gestionaron una licencia ambiental en conjunto, lo que desincentiva el cumplimiento de las normativas de forma individual. Deben existir mecanismos internos de regulación para garantizar la reducción de impactos ambientales de todo el sector bajo un esquema de verificación de responsabilidades compartidas.

Conclusiones

La gestión hídrica en los restaurantes evaluados presenta oportunidades de mejora en cuanto a su calidad, el ahorro del recurso y la gestión de sus aguas grises. La ausencia de procesos de potabilización, el sistema tarifario actual, la carencia de mecanismos de micro medición y la falta de prácticas y tecnologías para el tratamiento de aguas grises son los principales retos identificados y que deben priorizarse para una gestión adecuada del recurso.

La caracterización de residuos sólidos evidenció que los residuos orgánicos, particularmente las cáscaras de banano y el aceite vegetal usado, representan más del 90% de los residuos generados y con un potencial subvalorado de generación de ingresos. Aunque existen prácticas informales de reaprovechamiento, la separación y clasificación es muy limitada y no sistemática. Esto, junto con la falta de espacios adecuados para el manejo temporal, constituyen barreras importantes para la implementación de una gestión integral de residuos.

El consumo energético está concentrado en los sistemas de refrigeración, la cual representa más del 50% del consumo total estimado. Existe poca adopción de tecnologías y prácticas para promover su uso eficiente y mínima incorporación de energías renovables. Solo uno de los restaurantes evaluados cuenta con un sistema fotovoltaico funcional.

Los hallazgos del estudio evidencian la necesidad de implementar estrategias de Producción más Limpia (P+L) ajustadas al contexto local, con énfasis en la adopción de buenas prácticas operativas para la gestión de residuos sólidos y en la incorporación o mejora de tecnologías existentes para su tratamiento.

Recomendaciones

Socializar los resultados obtenidos con todos los restaurantes del sector y buscar los mecanismos para la adopción de un enfoque integral de Producción más Limpia de la ARLY que incorpore los elementos aquí señalados para mejorar la gestión hídrica, energética y de residuos.

Fortalecer la organización interna de la ARLY y la cultura ambiental en el sector restaurantero, promoviendo una visión compartida de sostenibilidad entre los miembros de ARLY y paralelamente sensibilizar a clientes y comunidades sobre la importancia de la reducción de impactos ambientales al ecosistema.

Fomentar la mejora continua mediante herramientas de evaluación compartidas, que permitan monitorear avances, identificar brechas y reconocer buenas prácticas entre todos los miembros de la ARLY.

Evaluar la factibilidad técnica y económica de las medidas propuestas de P+L, priorizando aquellas de bajo costo y rápida implementación, que generen beneficios ambientales visibles y ahorro operativo, facilitando así su adopción progresiva por parte de los restaurantes.

Referencias

- Asociación de Restaurantes del Lago de Yojoa (2024). Entrevista de Donovan Nuñez.
- Babuji, P., Thirumalaisamy, S., Duraisamy, K. y Periyasamy, G. (2023). Human health risks due to exposure to water pollution: a review. *Water*, 15(14), 2532. <https://doi.org/10.3390/w15142532>
- Baloch, Q. B., Shah, S. N., Iqbal, N., Sheeraz, M., Asadullah, M., Mahar, S. y Khan, A. U. (2023). Impact of tourism development upon environmental sustainability: A suggested framework for sustainable ecotourism. *Environmental Science and Pollution Research International*, 30(3), 5917–5930. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22496-w>
- Creswell, J. W. (2018). *Qualitative inquiry and research design : Choosing among five approaches* (4th edition). SAGE Publications. <https://search.worldcat.org/es/title/1374181444>
- Energy Star. (2020). *Energy Star product finder*. <https://www.energystar.gov/productfinder/>
- Fontúrbel, F. (2005). Physicochemical and biological indicators of the eutrophication process at Titikaka Lake (Bolivia). *Ecología Aplicada*, 4(1-2), 135–141. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162005000100018
- Gavrilescu, M. (2004). Cleaner production as a tool for sustainable development. *Environmental Engineering and Management Journal*, 3(1), 45–70. https://www.researchgate.net/publication/284561777_Cleaner_production_as_a_tool_for_sustainable_development
- International Energy Agency. (2020). *Energy Efficiency 2020*.
- Irias, C. (2023). *Diagnóstico de la gestión de residuos líquidos en el sector de restaurantes del lago de Yojoa* [Proyecto especial de graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Jovane, F., Yoshikawa, H., Alting, L., Boër, C. R., Westkamper, E., Williams, D., Tseng, M., Seliger, G. y Paci, A. M. (2008). The incoming global technological and industrial revolution towards competitive sustainable manufacturing. *CIRP Annals*, 57(2), 641–659. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2008.09.010>
- Kvale, S. y Brinkmann, S. (2009). *InterViews: Learning the craft of qualitative research interviewing* (2nd ed.). SAGE Publications. http://bvbr.bib-bvb.de:8991/exlibris/aleph/a24_1/apache_media/CVUPR6MQFG4UU5STH2897591VQU89N.pdf
- Ma, C. M., Chen, M. H., & Hong, G. B. (2012). Energy conservation status in Taiwanese food industry. *Energy Policy*, 50, 458-463. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2012.07.043>
- Martínez-Santacruz, C. Y., Herrera-López, D., Gutiérrez-Hernández, R. F. y Bello-Mendoza, R. (2016). Tratamiento de agua residual doméstica mediante un reactor RAFA y una celda microbiana de combustible. *Revista Internacional De Contaminación Ambiental*, 32(3), 267–279. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.02>
- National Cleaner Production Centres and Programmes. (2002). *Manual on the development of cleaner production policies-approaches and instruments*. https://www.unido.org/sites/default/files/2007-11/9750_0256406e_0.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Naciones Unidas advierte que más del 80% de las aguas residuales se vierten al ecosistema sin depurar*. <https://www.fao.org/republica-dominicana/noticias/detail-events/es/c/853936/>
- Petheram, L., Zander, K. K., Campbell, B. M., High, C. y Stacey, N. (2010). 'Strange changes': Indigenous perspectives of climate change and adaptation in NE Arnhem Land (Australia). *Global Environmental Change*, 20(4), 681–692. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.05.002>
- Principato, L., Di Leo, A., Mattia, G. y Pratesi, C. A. (2021). The next step in sustainable dining: the restaurant food waste map for the management of food waste. *Italian Journal of Marketing*, 2021, 89–207. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43039-021-00032-x>
- Schmitz, C., Lotze-Campen, H., Gerten, D., Dietrich, J. P., Bodirsky, B., Biewald, A. y Popp, A. (2013). Blue water scarcity and the economic impacts of future agricultural trade and demand. *Water Resources Research*, 49(6), 3601–3617. <https://doi.org/10.1002/wrcr.20188>
- Normas técnicas de las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores y alcantarillado sanitario (1996).
- Senetra, A., Dynowski, P., Cieślak, I. y Żróbek-Sokolnik, A. (2020). An Evaluation of the Impact of Hiking Tourism on the Ecological Status of Alpine Lakes—A Case Study of the Valley of Dolina Pięciu Stawów Polskich in the Tatra Mountains. *Sustainability*, 12(7), 2963. <https://doi.org/10.3390/su12072963>
- U.S. Department of Energy. (2025). *Building technologies office*. https://www.energy.gov/eere/buildings/building-technologies-office?nrg_redirect=270138
- United Nations Environment Programme. (2001). *Implementation guidelines for facilities organizations*. [https://docs.un.org/en/A/58/25\(SUPP\)](https://docs.un.org/en/A/58/25(SUPP))
- United Nations Environment Programme. (2006). *Energy efficiency guide for industry in Asia*. <https://digitallibrary.un.org/record/721301?ln=es&v=pdf>
- United Nations Environment Programme. (2006). *Environmental agreements and cleaner production*.
- Urrea, D., Mendez, L. y Torres, A. (2023). Manejo de Residuos Sólidos en Establecimientos Comerciales: el Caso de un Restaurante Urbano en la Región Central de Colombia. *Revista De Gestión Y Ambiental*, 17(1), 1–14. <https://rgsa.openaccesspublications.org/rgsa/article/view/3107/810>
- van Berkel, R. (2007). Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996–2004. *Journal of Cleaner Production*, 15(8-9), 741–755. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.06.012>

Anexos

Anexo A

Métodos de análisis en laboratorio para el análisis de muestras de agua potable

Parámetro	Método
Fosfato	Azul de fósforo molibdeno 4500-P E.
DQO	Closed Reflux, Colorimetric Method 5220 D.
Sólidos totales	Total Solids Dried at 103-105 °C 2540 B.
Sólidos suspendidos	Total Suspended Solids Dried at 103-105 °C 2540 D.
Sólidos volátiles	Fixed and Volatile Solids Ignited at 550 °C 2540 E.
Nitrógeno amoniacal	Titrimetric method 4500 NH3 C.
Sólidos sedimentables	Settleable Solids 2540 F. (SMWW 2017)
pH	Electrometric Method 4500 B.
Conductividad eléctrica	Laboratory Method 2510 B.
Sólidos disueltos	Total dissolved solids 2540 C.
Temperatura	Laboratory and fields method 2550 B.
Salinidad	Electrical conductivity method 2520 B.

Anexo B*Normativa hondureña para parámetros utilizados en la caracterización de agua potable*

Parámetro	Unidad	Valor normativo
pH	-	6.5 - 8.5
Turbidez	UNT	5
Conductividad	μS/cm	400
Nitratos NO ³	mg/L	50
Temperatura	°C	18 – 30
Coliformes Totales	UFC/100 ml	3
Coliformes Termo tolerantes	UFC/100 ml	0
Solidos Totales	mg/L	1,000

Anexo C*Caudales promedio por restaurante (m³/día)*

No. Restaurante	Promedio de consumo diario	Promedio de consumo AM	Promedio de consumo PM
R1 (EG)	9.53	9.443	9.608
R2 (G)	4.39	4.301	4.485
R3 (M)	6.71	6.661	6.752
R4 (M)	1.02	1.044	1.006
R5 (P)	1.87	1.869	1.872

Nota. Toma de datos realizada entre el 25 de agosto al 17 de octubre de 2024.

Anexo D

Datos relevantes sobre el monitoreo de caudales en los restaurantes evaluados (m³/día)

No. Restaurante	Promedio fin de semana (m ³ /día)	Promedio días de semana (m ³ /día)	Total de consumo durante monitoreo (m ³)
R1 (EG)	10.831	8.696	199.43
R2 (G)	4.403	4.379	94.51
R3 (M)	7.574	6.144	150.39
R4 (M)	1.085	0.983	22.65
R5 (P)	1.744	1.952	39.90

Nota. Toma de datos realizada entre el 25 de agosto al 17 de octubre de 2024.

Anexo E*Cálculo de pago por m³ de consumo de agua potable*

No. Restaurante	Consumo mensual (m ³ /mes)	Tarifa de agua potable (HNL)	HNL/m ³
R1 (EG)	266.71	600	2.25
R2 (G)	122.92	400	3.25
R3 (M)	187.83	300	1.60
R4 (M)	28.69	300	10.46
R5 (P)	52.38	200	3.82

Nota. Toma de datos realizada entre el 25 de agosto al 17 de octubre de 2024.

Anexo F

Estimado de consumo anual del sector (m³/año)

Categoría de restaurante	Promedio estimado de categoría (m ³ /día)	Restaurantes por categoría	Consumo estimado anual por categoría (m ³ /año)	Porcentaje estimado del total del sector (%)
Extra-grande	9.53	9	31,291.27	32.98
Grande	4.39	13	20,830.24	21.96
Mediano	3.87	24	33,869.36	35.70
Pequeño	1.87	13	8,876.36	9.36

Nota. Toma de datos realizada entre el 25 de agosto al 17 de octubre de 2024.

Anexo G*Resumen de prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

Variable	Grupo F	Grupo S	Conclusión
R1	Normal	Normal	Se asume normalidad
R2	Normal	Normal	Se asume normalidad
R3	Normal	Normal	Se asume normalidad (aunque F está cerca del límite)
R4	No normal	No normal	Se viola la normalidad en ambos grupos

Nota. Los datos fueron procesados utilizando el programa estadístico JASP (versión 0.19.3).

Anexo H*Resultados prueba t de Welch*

Variable	t	gl	p	Diferencia de medias	Error estándar
R1	1.785	35.375	0.083	1.548	0.867
R2	0.307	36.863	0.760	0.285	0.928
R3	3.878	25.953	< .001	2.257	0.582
R4	1.297	35.628	0.203	0.325	0.250

Nota. Los datos fueron procesados utilizando el programa estadístico JASP (versión 0.19.3).

Anexo I

Interpretación de resultados prueba t de Welch

Variable	Normalidad	Prueba usada	Resultado
R1	Normal	Welch's t-test	Tendencia ($p = 0.083$)
R2	Normal	Welch's t-test	No significativo
R3	Normal	Welch's t-test	Significativo ($p < 0.001$)
R4	No normal	Welch's t-test (no ideal)	No significativo (se recomienda Mann-Whitney para más precisión)

Nota. Los datos fueron procesados utilizando el programa estadístico JASP (versión 0.19.3).

Anexo J*Cálculo de consumo energético (kW/día) por categoría de restaurante*

Categoría	Cantidad	Consumo promedio (kW/día)	Consumo total por categoría (kW/día)
Extra-grande	9	148.97	1340.71
Grande	13	60.21	782.67
Mediano	24	30.68	736.25
Pequeño	13	15.74	204.67

Nota. Toma de datos realizada entre el 24 y 26 de noviembre de 2024.

Anexo K*Distribución del consumo según tipo de equipos*

Tipo de equipo	Consumo (kW/día)	Porcentaje de consumo (%)
Entretenimiento	32.0	11
Cocina	14.4	5
Refrigeración	153.8	54
Ventilación	6.9	2
Iluminación	33.4	12
Electrónicos	45.7	16

Nota. Toma de datos realizada entre el 24 y 26 de noviembre de 2024.

Anexo L*Cantidad aproximada de bidones de aceite vegetal comprados por semana*

Nombre del Restaurante	Mínimo de compra de aceite (bidón/semana)	Máximo de compra de aceite (bidón/semana)
R1 (EG)	6.0	8.0
R2 (G)	2.0	3.0
R3 (M)	5.0	6.0
R4 (M)	1.0	2.0

Nota. Toma de datos realizada entre el 24 y 26 de noviembre de 2024.

Anexo M*Estimado de toneladas anuales de residuos sólidos por categoría de restaurante*

Categoría de restaurante	Promedio de residuos (lb/semana)	Restaurantes por categoría	Total por categoría (lb/semana)	Total de toneladas anuales (ton)
Extragrande	2961.2	9	26,651	628.61
Grande	1031.1	13	13,404	316.16
Mediano	220.65	24	5,296	124.91
Pequeño	104.5	13	1,359	32.04

Nota. Toma de datos realizada entre el 9 y 16 de diciembre de 2024.

Anexo N

Clasificación de residuos sólidos (domingo 15 de diciembre de 2024)



Anexo O

Medición de dimensiones de sistema trampa grasa en restaurante evaluado (miercoles 18 de diciembre de 2024)



Anexo P

Aplicación de encuestas en uno de los restaurantes evaluados (domingo 24 de noviembre de 2024).



Anexo Q

Socialización y agradecimientos al final de la toma de datos de la gestión de residuos sólidos

(miercoles 18 de diciembre de 2024)

