



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Área de Conocimiento de Ciencias Sociales y Humanidades
Departamento Académico de Economía

TESIS

Análisis Costo-Beneficio de la Mejora en el Proceso de Recolección de Algas en El Malecón de La Paz y el Aprovechamiento del Recurso como Composta

Que como requisito para obtener el grado de

Maestra en Economía del Medio Ambiente
y de los Recursos Naturales

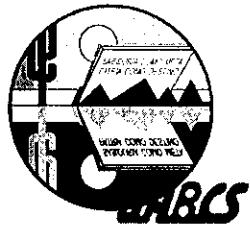
Presenta

Ing. Leticia Gisel Maldonado Carballo

Directores de Tesis

Dr. Hernán Octavio Ramírez Aguirre
Dra. María Margarita Casas Valdez

La Paz Baja California Sur, Marzo de 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

Área de Conocimiento de Ciencias Sociales y Humanidades

Departamento Académico de Economía

TESIS

Análisis Costo-Beneficio de la Mejora en el Proceso de Recolección de Algas en El Malecón de La Paz y el Aprovechamiento del Recurso como Composta

Que como requisito para obtener el grado de

Maestra en Economía del Medio Ambiente
y de los Recursos Naturales

Presenta

Ing. Leticia Gisel Maldonado Carballo

Directores de Tesis

Dr. Hernán Octavio Ramírez Aguirre
Dra. María Margarita Casas Valdez

La Paz Baja California Sur, Marzo de 2012



UABCS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR

La Paz, B. C. S., a 2 de febrero del 2012.

**M.C. LUÍS OSCAR PALOS AROCHA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA
PRESENTE**

Los abajo firmantes, Miembros de la Comisión Revisora del trabajo de tesis terminado titulado: *"Análisis costo-beneficio de la mejora en el proceso de recolección de algas en el malecón de La Paz y el aprovechamiento del recurso como compost"*, que presentó la Ing. Leticia Gisel Maldonado Carballo, otorgamos nuestro voto aprobatorio y consideramos que dicho Trabajo está listo para su defensa, a fin de obtener el Grado de Maestro en Economía del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.

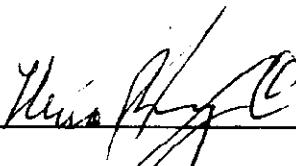
Comisión Revisora:

DR. HERNÁN O. RAMIREZ AGUIRRE
Director Interno

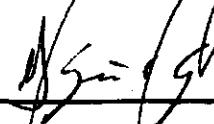
DRA. MA. MARGARITA CASAS VALDEZ
Director Externo

DRA. ALEJANDRA NIETO GARIBAY
Asesor

Firmas:


Hernán O. Ramírez Aguirre


Margarita Casas Valdez


Alejandra Nieto Garibay

C.c.p. Dr. Manuel Ángeles Villa.- Responsable de la MEMAREN.
Archivo

Dedicatoria

A mis inigualables padres, Leandro y Lulú, por su invaluable comprensión, confianza, apoyo e incondicional amor.

A mi hermano, Juan Pablo, por tener la fortuna de contar con él siempre que lo he necesitado. Su carácter divertido, sensible, honesto y justo me hace recordar lo realmente importante de esta experiencia que es la vida: disfrutar estar aquí.

A mis tíos, por su gran interés, deseo, apoyo y excelente vibra para que lleve a cabo cada proyecto y gozar conmigo cada logro.

A mi esposo, Leo, que recién se integra en mi vida y me regala la bella y anhelada experiencia de vivir un Gran Amor cada día.

Agradecimientos

A los directores de tesis: Dra. Ma. Margarita Casas Valdez por la oportunidad de desarrollar el proyecto, Dr. Hernán Ramírez por los consejos ofrecidos antes y durante la realización de la investigación. A la asesora de tesis: Dra. Alejandra Nieto Garibay, por la amabilidad y disposición con que me orientó. Y además, por el apoyo brindado para la preparación de la propuesta a LACEEP, con la cual enriquecí la tesis.

A los catedráticos de la Maestría: la Mtra. Ivonne Dalila Gómez Cabrera por su dominio del tema y claridad en su enseñanza, al Dr. Enrique Sanjurjo por su clase amena y sencilla, y el dominio indiscutible del tema, además de brindarme la oportunidad de participar en LACEEP y vivir esa indescriptible experiencia.

Al Dr. Marco Antonio Almendarez Hernández, por su desinteresado apoyo, su paciencia y tomarse el tiempo para ayudarme con el análisis económico de la tesis. Al Dr. Joaquín Gutiérrez por su ayuda en la evaluación y recomendación en el proceso de limpieza y diseño del prototipo.

Al Dr. Sergio Troyo Dieguez, por su amabilidad y orientación para obtener la información de las mareas, proporcionándome el programa MARV07 para conseguir los pronósticos de marea, así como al Mtro. Lucio Godínez, quien fue un gran apoyo para la descripción del malecón de La Paz.

A los técnicos del CIB: Mtra. Diana Leticia Dorantes Salas, por el invaluable apoyo en la traducción de la propuesta presentada a LACEEP y al técnico Pedro Luna García, quien nos apoyó con el montaje y monitoreo de la composta.

Al personal de ZOFEMAT del Municipio de La Paz: El Lic. Aarón Condes De la Torre, el Sr. Rigoberto Ortega Espinoza y Saúl Gutiérrez Campos, por su apoyo y total disposición en la realización de los muestreos con el alga que es removida del malecón. Y al Sr. Luigi Cruz Aguirre, coordinador de ZOFEMAT en Playas de Rosarito.

A mis padres, Leandro y Lupita, sin los cuales yo no podría haber experimentando ninguna de las satisfacciones, emociones y bellezas que ofrece la vida. Y a mi hermano, Juan Pablo, quien es también mi mejor amigo y amablemente me ha apoyado en cuanto le he pedido, desde siempre.

Resumen

Cada año hay una gran acumulación de algas a lo largo malecón de La Paz. Su descomposición provoca mal olor y una apariencia desagradable en discordancia con la belleza del paisaje, generando un alto costo de mantenimiento para conservar las playas limpias. El alga del género *Ulva* tiene un gran potencial para la explotación comercial, ya que por su abundancia, calidad y concentración de nutrientes puede ser utilizado en la producción de alimentos o fertilizantes. El estudio tiene los siguientes objetivos: seleccionar la máquina para recolectar las algas y desechos en las playas que satisfaga los requerimientos y convenga en términos de costos de operación y mantenimiento; evaluar la factibilidad del aprovechamiento de las algas que se varan en el malecón para elaborar compost, de acuerdo a la calidad del producto y los costos de su producción; y realizar el análisis costo-beneficio, utilizando el método de valoración contingente (VC) para estimar los beneficios logrados por retirar y utilizar las algas varadas. Los resultados se darán a conocer a las autoridades municipales para proporcionarles herramientas útiles y contribuir con más información sobre el problema, que podría ayudar en la toma de decisiones y en la creación de las políticas gubernamentales.

Abstract

Each year there is a great accumulation of algae along the waterfront of La Paz; its decomposition causes bad odor and an unpleasant sight in discordance with the beauty of the landscape, which generates a high maintenance cost to keep the beaches clean. The seaweed genus *Ulva* has a great potential for commercial exploitation because its abundance, quality, and nutrient concentration can be used in food or fertilizer production. This study has the following objectives: to select the adequate machinery for collecting seaweed and waste on the beaches that would satisfy the requirements in terms of operating and maintenance costs; to evaluate the feasibility of utilizing the algae stranded on the beach to make compost, according to product quality and production costs; and to perform a cost-benefit analysis using the contingent valuation method (CV) to estimate the benefits achieved by removing and using stranded algae. The results will be made known to the municipal authorities to provide them with useful tools and to contribute with more information on the problem, which could help in decision-making and in the creation of governmental policies related to this issue.

Índice

Contenido	Página
Capítulo 1 Introducción	12
Capítulo 2 Antecedentes	14
2.1 Importancia del malecón en la ciudad de La Paz	14
2.2 Tecnología desarrollada para la limpieza de las playas	14
2.3 Aprovechamiento de las algas para elaborar compostas	18
2.4 Abundancia y composición química de las algas en el malecón de La Paz	20
Capítulo 3 Objetivos	26
Capítulo 4 Impacto Social del Proyecto	27
Capítulo 5 Área de estudio	29
Capítulo 6 Material y métodos	42
6.1 Determinación de la composición de los elementos que se varan en la playa	42
6.1.1 Muestreo	43
6.1.2 Datos de recolección proporcionados por el Municipio	44
6.2 Parámetros ambientales	44
6.3 Selección de limpiadora de playa	45
6.4 Elaboración de compostas	45
6.4.1 Caracterización química de la composta	46
6.4.2 Pruebas de germinación	46
6.4.3 Pruebas Solvita	51
6.5 Análisis costo-beneficio	52
6.5.1 Costos actuales y futuros de la implementación del proyecto	52
6.5.2 Estimación del beneficio actual y futuro con la implementación del proyecto, utilizando el método de valoración contingente	53

6.5.3	Impacto en el bienestar social logrado con el proyecto	61
Capítulo 7	Resultados	62
7.1	Determinación de la composición de los elementos que se varan en la playa	62
7.2	Selección de limpiadora de playa	72
7.3	Elaboración de compost	76
7.3.1	Análisis químico del alga	76
7.3.2	Montaje de materiales a compostar	76
7.3.3	Pruebas de laboratorio	78
7.3.4	Pruebas de germinación	79
7.3.5	Prueba Solvita	82
7.4	Impacto en el bienestar social logrado con el proyecto	83
7.4.1	Análisis de costos del proceso de limpieza y planta de compostaje	83
7.4.2	Estimación del beneficio social logrado con la limpieza y aprovechamiento de las algas marinas	87
Capítulo 8	Análisis de los Resultados	95
8.1	Selección de limpiadora de playa	95
8.2	Calidad de la compost elaborada con algas	96
8.3	Beneficio Social logrado con el proyecto	98
Capítulo 9	Conclusiones	99
Capítulo 10	Recomendaciones	102
Capítulo 11	Literatura citada	104
Capítulo 12	Anexos	109

Lista de figuras

Figura		Página
Figura 1	Malecón de La Paz	14
Figura 2	Limpiadora de playa pequeña	15
Figura 3	Limpiadora de playa de gran capacidad	15
Figura 4	Esquema del funcionamiento de una limpiadora de playa	15
Figura 5	Sistema hidráulico de una limpiadora de playa	16
Figura 6	Dedo de resorte de una limpiadora de playa	17
Figura 7	Limpieza minuciosa de una limpiadora de playa	17
Figura 8	Tecnología ajustable de algunas limpiadoras de playa	17
Figura 9	Barredora con que se realiza la limpieza de la playa en Playas de Rosarito	18
Figura 10	Playas de Rosarito, Baja California	18
Figura 11	Biomasa promedio mensual de <i>Ulva</i> spp. en cada manto durante 2001 y 2002	21
Figura 12	Pan elaborado con harina que incluye <i>Ulva</i>	24
Figura 13	Tipos de substratos que caracterizan el fondo de la Ensenada de La Paz	31
Figura 14	A) Nomenclatura y rasgos de playa; B) Perfiles conceptuales en invierno y verano	32
Figura 15	Áreas de los perfiles de playa obtenidos en la localidad 7	33
Figura 16	Vista aérea del segmento El Molinito	34
Figura 17	Vista aérea del segmento Palapa Norte	35
Figura 18	Vista aérea del segmento Palapa Sur	36
Figura 19	Vista aérea del segmento 5 de mayo	37
Figura 20	Vista aérea del segmento Las Esculturas	38
Figura 21	Vista aérea del segmento Hotel Perla – Muelle Fiscal	39
Figura 22	Vista aérea del segmento Muelle Fiscal – Parque Cuauhtémoc	40
Figura 23	Vista aérea del segmento Hotel Los Arcos – Vista Coral	41
Figura 24	Proceso de limpieza del malecón	42

Figura 25	Máquina que transporta el alga al camión	42
Figura 26	Cribado del material recolectado por el Municipio	43
Figura 27	Registro del peso de los componentes del material recolectado	43
Figura 28	Extractos de composta	48
Figura 29	Colocación del extracto en las cajas petri	49
Figura 30	Cámara de germinación	49
Figura 31	Semillas de rábano germinadas	49
Figura 32	Medición de la raíz y el tallo	50
Figura 33	Plántulas colocadas en el horno	50
Figura 34	Medidor de CO ₂ y NH ₃	51
Figura 35	Geles reactivos	51
Figura 36	Desechos recolectados y transportados al basurero por el Municipio en el Período de febrero de 2009 a abril de 2011	62
Figura 37	Proporción de desechos obtenidos en la localidad Palapa Norte	63
Figura 38	Proporción de desechos obtenidos en la localidad Palapa Sur	63
Figura 39	Proporción de desechos obtenidos en la localidad 5 de mayo	64
Figura 40	Proporción de desechos obtenidos en la localidad Las Esculturas	64
Figura 41	Proporción quincenal de desechos recolectados en muestreo	65
Figura 42	Proporción quincenal de arena, alga y basura recolectados en el malecón por el Municipio en toneladas	66
Figura 43	Comparación de la proporción de alga entre localidades	67
Figura 44	Comparación de la proporción de arena entre localidades	67
Figura 45	Comparación de los desechos recolectados en 2009 y 2010	68
Figura 46	Cantidades de arena, algas y basura mensuales recolectados por el Municipio de abril de 2010 a abril de 2011 en toneladas, contrastados con el porcentaje que representan del total recolectado	70
Figura 47	Dispositivo de cribado	75
Figura 48	Cosecha del alga	77
Figura 49	Elaboración de la composta	77
Figura 50	Pilas y biorreactores de composta conectado al sensor de medición de temperatura	77
Figura 51	Porcentaje de germinación total de semillas de rábano germinadas en	79

	extractos de compost	
Figura 52	Tasa de germinación en número de semillas de rábano germinadas por día en extractos de compost	80
Figura 53	Índice de germinación de semillas de rábano germinadas en extracto de compost	81
Figura 54	Status del proceso de compostaje	82
Figura 55	Proporción de la Disposición A Pagar (DAP)	89
Figura 56	Proporción de la negación a la Disposición A Pagar (DAP)	89
Figura 57	Función de distribución acumulativa de la DAP	94

Lista de tablas

Tabla	Página
1 Biomasa de <i>Ulva</i> spp. en el área de malecón de La paz, durante 2001 y 2002	22
2 Composición mineralógica de los sedimentos colectados en la Localidad 7	33
3 Prueba de correlación entre la cantidad de alga varada y los niveles de marea	69
4 Prueba de correlación entre la cantidad de alga varada y la temperatura superficial	69
5 Análisis comparativo de limpiadoras de playa disponibles en México	72
6 Análisis realizados al alga	76
7 Materiales usados para la elaboración de compost	76
8 Promedios y resultados de la prueba de grupos homogéneos de Fisher (LSD) (P<0.05) de elementos químicos y metales pesados determinados en extractos de compost de tratamientos en Pila y Biorreactor.	78
9 Índice para el cálculo de madurez de compost de Solvita	82
10 Costos del Municipio por la recolección de algas	83
11 Costos en que se incurría con la adquisición de maquinaria para la recolección	84
12 Costos en que se incurría con la incorporación del dispositivo de cribado	85
13 Costos de inversión y operación de una planta de compostaje (75 t/mes)	86
14 Cuadro comparativo de costos de los escenarios evaluados	87
15 Estimaciones del modelo con las variables iniciales	91
16 Estimaciones del modelo con el ingreso categorizado a 3 salarios mínimos	92
17 Estimaciones del modelo con el ingreso categorizado a 4 salarios mínimos	93
18 Disposición a pagar en efectivo	93
19 Análisis costo-beneficio de la implementación del proyecto	94

1. Introducción

Cada año se presenta una gran acumulación de algas en el malecón de La Paz, Baja California Sur. Su descomposición por microorganismos causa un olor desagradable y un aspecto poco armonioso con el paisaje, generando altos costos por la limpieza de las playas (Águila et al., 2005). El principal componente son las algas del género *Ulva* que tienen un gran potencial para explotación comercial debido a su abundancia, calidad y concentración de nutrientes básicos para la vida de otros organismos. En China, Japón, Estados Unidos, Francia y Chile, este género se cosecha para preparar “aonori”, el cual es incluido en una gran variedad de platillos, incluidas ensaladas, sopas, galletas, comidas y condimentos (Nisizawa et al., 1987; Aguilera et al., 2005a). Dicho recurso representa una oportunidad para ser aprovechado. Tal y como han demostrado investigaciones previas, puede emplearse, entre otros fines, para consumo humano y la elaboración de composta (Chapman & Chapman, 1980; Casas et al., 2004; Eyras et al., 2008).

El Municipio de La Paz, en coordinación con ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre) lleva a cabo un proceso de limpieza para recolectar el alga varada en el malecón, el cual pudiera estar incluyendo arena. La arena en las playas es importante principalmente por ser el hábitat de organismos, además del escenario para el desarrollo de actividades recreativas y deportivas. Actualmente, en otros países se realiza la limpieza en las playas de manera mecánica, se cuenta con una limpiadora o barredora de playa que recolecta la basura y desechos, además de dar un aspecto uniforme a la distribución de la arena. Es por eso que se evaluará la eficiencia del proceso que se realiza actualmente y se llevará a cabo la investigación y evaluación de las limpiadoras de playa mecanizadas a fin de recomendar la opción que ofrezca el mayor beneficio integral.

Desechar las algas en el basurero sin ningún tratamiento, representa una fuente de contaminación, ya que al descomponerse éstas desprenden gases tóxicos, por lo que el aprovechamiento de la especie no sólo representa una oportunidad, sino que puede convertirse en una necesidad. Es por eso que también se evaluará la factibilidad de utilizar el alga para ser destinada a obtener composta y se realizará el análisis costo-beneficio por proporcionar este servicio a la sociedad.

2. Antecedentes

2.1. Importancia del malecón en la ciudad de La Paz



Figura 1. Malecón de La Paz.

La ciudad de La Paz, se caracteriza por su tranquilidad y su cálido ambiente. Fija su desarrollo en el turismo nacional e internacional. Los paseos por el malecón son de las actividades más comunes entre habitantes y visitantes (Fig. 1). El paseo se extiende varios kilómetros, donde pueden apreciarse hoteles, restaurantes y centros nocturnos. Además de contar con bellos

atardeceres, caracterizados por tonos rosados, amarillos y bermellón en el cielo y los contrastes en tonos azules del mar.

2.2 Tecnología desarrollada para la limpieza de las playas

Las primeras máquinas comerciales destinadas a la limpieza de las playas surgieron en la década de 1960. Con el transcurso de los años han mejorado los diseños, adaptando la tecnología a las necesidades requeridas en la zona y material que debe recolectarse. Actualmente en el mercado existe una gran variedad de limpiadoras de playa, los modelos de los limpiadores o barredoras varían en capacidad y tamaño, dependiendo del área y cantidad de desechos generados (<http://www.unicorn-beachcleaners.com/esp/index.html>).

Estas máquinas disponen de una malla o tapiz de acero de alta resistencia que realiza un doble movimiento continuo de rotación y vibración, y permite separar la

arena de los residuos. Así puede devolver la arena limpia, saneada y aireada a la playa y depositar los residuos en la tolva trasera. Disponen de una cuchilla frontal que penetra en la arena para poder retirar todo lo que está escondido como cristales, colillas de cigarrillos, tapones de botellas, y objetos punzantes y peligrosos hasta pequeñas piedras (http://www.unicorn-beachcleaners.com/esp/playas_grandes.html).

Van desde las sencillas, parecidas a una podadora para playas pequeñas (Fig. 2), hasta grandes limpiadoras impulsadas por un tractor para playas grandes (Fig. 3).

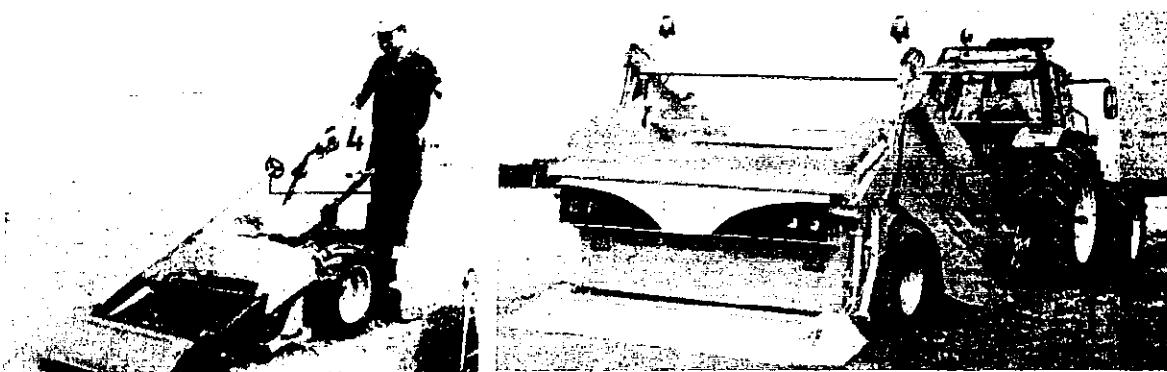


Figura 2. Limpiadora para playa pequeña.

Figura 3. Limpiadora para playa de grandes dimensiones.

Estas en general funcionan de la siguiente manera:

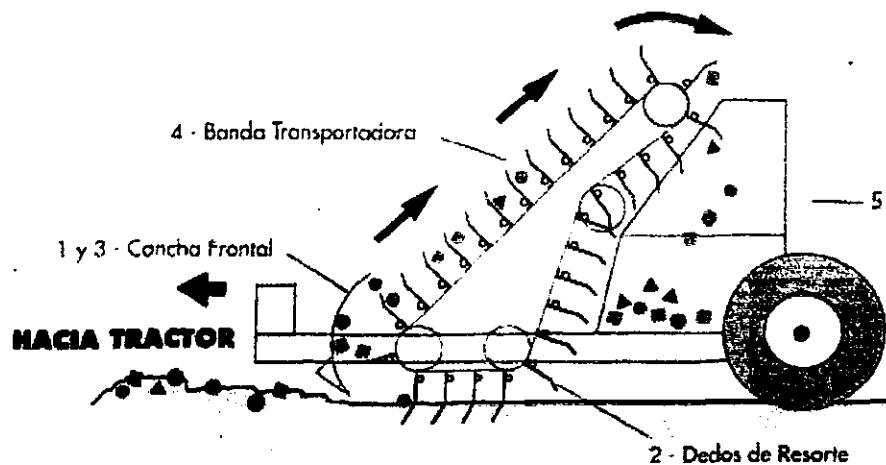




Figura 5. Sistema hidráulico de una limpiadora de playa.

La concha frontal (1) nivela las zonas irregulares de la arena. Los dedos de resorte (2), montados en una banda transportan los desperdicios de la arena hacia una lámina concha frontal ajustable (3). Como resultado, lo recolectado es depositado en la banda transportadora (4). La cual descarga su contenido hidráulicamente desde el mismo tractor (5) (Fig. 4); opera con

conducción hidráulica que permite una operación uniforme con varias ventajas. Primero, proporciona maniobrabilidad, el poder es transferido a través de una manguera flexible (Fig. 5), permitiendo a la barredora de playa limpiar mientras se efectúan virajes en las zonas más cerradas. Segundo, el control de flujo del sistema hidráulico permite ajustes precisos de la velocidad de la banda transportadora independientemente del vehículo. Tercero, la conducción hidráulica aumenta la seguridad del operador al eliminar los sistemas mecánicos. Cuatro, el control de fluido ajustable se engrana para proteger la barredora de playa contra objetos de gran tamaño. Cuenta con unos dedos de resorte nuevos, de doble torsión, de tres vueltas, ofrecen larga vida, más durabilidad y aumentan la resistencia a la corrosión (Fig. 6). Cientos de dedos de resorte, montados en hileras compensadas (Fig. 7), penetran entre la arena cada segundo, removiendo los desperdicios. Incluso los objetos más pequeños como vidrios, colillas de cigarrillos y tapas de bebidas gaseosas son recogidos por la barredora y colocados en el contenedor de basura (<http://www.hbarber.com/Espanol/ComoTrabaja.aspx>).



Figura 5. Sistema hidráulico de una limpiadora de playa.

La concha frontal (1) nivela las zonas irregulares de la arena. Los dedos de resorte (2), montados en una banda transportan los desperdicios de la arena hacia una lámina concha frontal ajustable (3). Como resultado, lo recolectado es depositado en la banda transportadora (4). La cual descarga su contenido hidráulicamente desde el mismo tractor (5) (Fig. 4); opera con conducción hidráulica que permite una operación uniforme con varias ventajas.

Primero, proporciona maniobrabilidad, el poder es transferido a través de una manguera flexible (Fig. 5), permitiendo a la barredora de playa limpiar mientras se efectúan virajes en las zonas más cerradas. Segundo, el control de flujo del sistema hidráulico permite ajustes precisos de la velocidad de la banda transportadora independientemente del vehículo. Tercero, la conducción hidráulica aumenta la seguridad del operador al eliminar los sistemas mecánicos. Cuatro, el control de fluido ajustable se engrana para proteger la barredora de playa contra objetos de gran tamaño. Cuenta con unos dedos de resorte nuevos, de doble torsión, de tres vueltas, ofrecen larga vida, más durabilidad y aumentan la resistencia a la corrosión (Fig. 6). Cientos de dedos de resorte, montados en hileras compensadas (Fig. 7), penetran entre la arena cada segundo, removiendo los desperdicios. Incluso los objetos más pequeños como vidrios, colillas de cigarrillos y tapas de bebidas gaseosas son recogidos por la barredora y colocados en el contenedor de basura (<http://www.hbarber.com/Espanol/ComoTrabaja.aspx>).



Figura 6. Dedo de resorte.



Figura 7. Limpieza minuciosa.

Algunas limpiadoras de playa incluso han sido diseñadas para trabajar en las distintas condiciones que pueden presentarse en la playa y es posible maniobrar en arena seca, húmeda o a la orilla del agua (Fig. 8):

a)



b)



c)

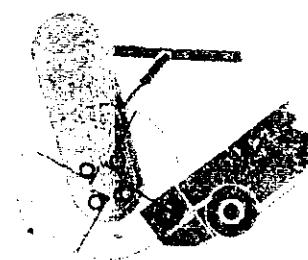


Figura 8. Tecnología ajustable de algunas limpiadoras de playa. a) Técnica de cribado (arena seca), b) Técnica de cribado y rastillado (arena húmeda), c) Técnica de rastillado (orilla del agua). Fuente: Beach Tech.

En Playas de Rosarito, en el Estado de Baja California, también se presenta la problemática de las algas varadas. Cuentan con 5 unidades móviles. La limpieza se lleva a cabo de dos formas, una parte se realiza con la barredora de playa de la marca HBarber, modelo 600HD, la cual es jalada por un tractor de diesel (Fig. 9) y debido a que las algas suelen enredarse en los dedos metálicos, éstas deben ser

cortadas con machetes antes de que pase la barredora y las recolecte. Además, la cuadrilla de limpieza se encarga de recoger las algas varadas y colocarlas en un camión, maquinaria o pick up para ser transportadas al basurero.

A diferencia del malecón de La Paz, la extensión de playa en Playas de Rosarito es mucho mayor y no es interrumpida por muelles, rocas o construcciones (Fig. 10).

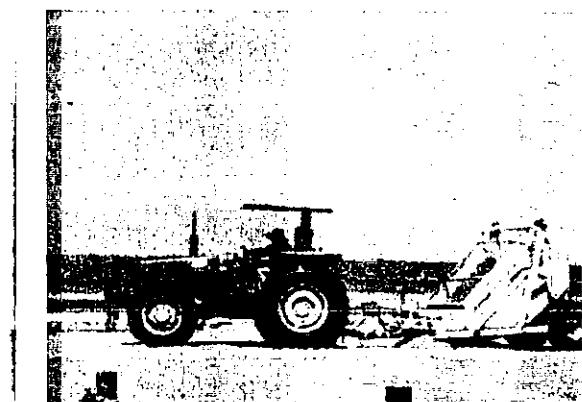


Figura 9. Barredora con que se realiza la limpieza de la playa en Playas de Rosarito.

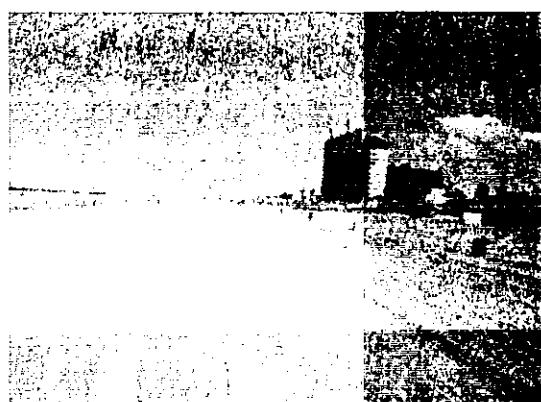


Figura 10. Playas de Rosarito, Baja California.

2.3 Aprovechamiento de las algas para elaborar compost

Las algas o sus productos son comúnmente usados en la agricultura para estimular el crecimiento de las plantas e incrementar la productividad de la cosecha. Sus efectos benéficos incluyen mejora en la germinación de la semilla, rendimiento de la planta, crecimiento de la raíz e incremento en resistencia de la planta a infecciones o ataques de insectos (Abetz, 1980; Blunden, 1991). Estos productos contienen nutrientes mayores (minerales como K, P, Fe), componentes orgánicos (carbohidratos, aminoácidos y vitaminas), así como sustancias

estimulantes (fitohormonas) y antibióticos naturales (Crouch y van Staden, 1993). Estos compuestos varían de acuerdo a la especie de alga utilizada, el método de preparación, concentración usada, el tipo de sustrato y suelo modificado, y el cultivo probado (Blundell, 1991). Diversas investigaciones han reportado buenos resultados sobre la efectividad de estos productos (Tourte et al., 2000; Edmeades, 2002). Aparte de los extractos de algas marinas o de la aplicación del alga directamente al cultivo, ya sea seca o mojada y picada (Haslam y Hopkins, 1996; López-Mosquera y Pazos, 1997; Montero Vilariño et al., 1999), el alga también se ha usado para la preparación de compost (Mazé et al., 1993; Vallini et al., 1993; Cuomo et al., 1995; Eyras et al., 1998; Klock-Moore, 2000; Orquín et al., 2001; Eyras, 2002; Vendrame y Klock-Moore, 2005). El interés en el uso del alga en compost se incrementó en las últimas décadas debido a un inusual incremento en su biomasa, particularmente de las algas verdes, resultado de la eutrofización de algunos ecosistemas costeros. Existen varias formas de eliminación y tratamiento de la biomasa de las algas que crecen (Morand y Briand, 1996). El compostaje se ha propuesto como uno de los mejores métodos para eliminar la biomasa de las algas, que al mismo tiempo es económico y tecnológicamente factible (Mazé et al., 1993).

En la costa de Puerto Madryn al noreste de la Patagonia, Argentina, grandes cantidades de algas son periódicamente arrojadas del mar y constituyen un serio problema durante los meses de verano. Personal del municipio recolecta toneladas de estas algas y las desecha sin ningún tratamiento, por lo que se desarrollaron programas para preparar compost como un método ambiental disponible usando esta alga. El alga usada en mayor proporción para el compostaje fue *Ulva* spp. (35% peso húmedo). Se emplearon dos tipos de compost hecha con el recurso: una de 20 meses de maduración (C20) y otra de 9 meses de maduración (C9). Los experimentos fueron realizados en cultivos de tomate, y los resultados arrojaron que los cultivos tratados con compost

presentaron un considerable incremento en el peso de los tomates, así como un incremento significativo en la producción y un menor porcentaje de infecciones (Piriz et al., 2003).

En las playas de Bretaña, al noroeste de Francia, las algas verdes se acumulan durante el verano. Huelen mal, desfiguran las playas y aún peor, pueden matar. La *Ulva armoricana* o lechuga de mar, cuando se descompone, desprende un gas, el hidrógeno sulfurado, que resulta mortal si se respira varios minutos. Según los científicos, la culpa cae en la agricultura intensiva. El origen del problema son mayormente los abonos usados por los agricultores, los cuales transportados a través de los ríos llegan a las playas. El problema tuvo especial importancia cuando falleció un caballo el año pasado y murió un hombre tras haber pasado varias horas recogiendo y trasladando algas verdes (Jérôme Le Boursicot, 2010).

2.4 Abundancia y composición de las algas en el malecón de La Paz

Cruz Ayala (1996) encontró que las especies de algas más abundantes en el malecón de La Paz, fueron *Sargassum sinicola*, *Sargassum herporthizum*, *Spyridia filamentosa*, *Caulerpa sertularioides*, *Padina durvillae*, *Hydroclathrus clathratus* y *Laurencia pacifica*.

En 2001 y 2002 se llevó a cabo un estudio para determinar la distribución, biomasa y potencial cosechable de *Ulva* spp. en tres localidades del malecón de La Paz, B.C.S., determinándose que los mantos del malecón de La Paz, estaban constituidos por *Ulva lactuca* (28.5%), *U. rigida* C. Agardh (26.1%), *U. clathrata* (Roth) C. Agardh (17.5%), *U. intestinalis* Linnaeus (13.1%), *U. prolifera* Muller (5.2%), *U. flexuosa* Wulfen (4.4%) y *U. expansa* (Setchell) Setchell & Gardner (5.2%). Estas especies desaparecen del área de estudio, de mediados de julio a

fines de noviembre. La distribución y abundancia de *Ulva* spp. varió en las tres localidades de estudio en 2002 con respecto de 2001. Se amplió considerablemente su distribución en 2002 hacia mar adentro, llegando casi hasta el límite del canal de mareas (Águila et al., 2005).

La mayor biomasa de *Ulva* spp. en 2001 se detectó durante mayo ($875 \text{ gm}^{-2} \pm 72$), en las tres localidades. Mientras que en 2002, la mayor biomasa se presentó durante febrero en El Kiwi y El Molinito ($792 \text{ g} \pm 38$), y durante marzo en El Palmar ($574 \text{ gm}^{-2} \pm 40$) (Fig. 11, Tabla 1). La biomasa promedio en el área de estudio fue de 351 gm^{-2} en 2001, mientras que en 2002 fue de 537 gm^{-2} , encontrándose diferencia significativa entre ambas ($P<0.05$). El incremento en la biomasa promedio, aunado al incremento en el área de los mantos en 2002 se reflejó en una biomasa cosechable tres veces superior a la del año anterior (Águila et al., 2005).

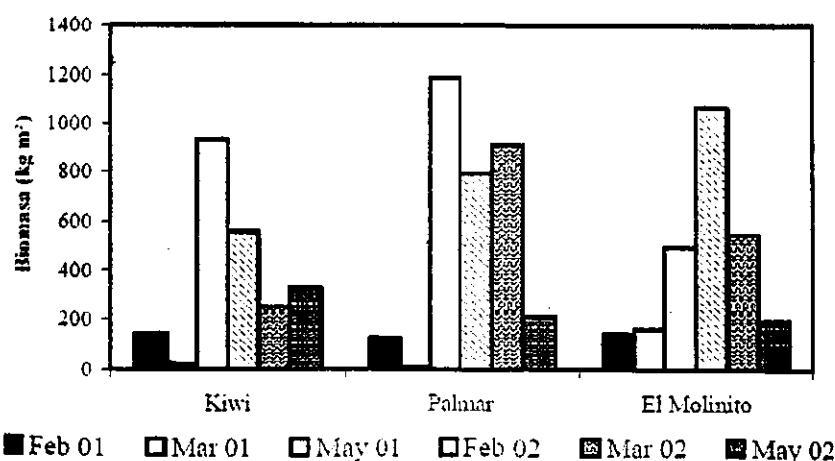


Figura 11. Biomasa promedio mensual de *Ulva* spp. en cada manto durante 2001 y 2002.

Fuente: Águila et al. (2005). Biomasa de *Ulva* spp. (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de La Paz, Baja California Sur, México.

0084978

Tabla 1. Biomasa de *Ulva* spp. en el área del malecón de La Paz, durante 2001 y 2002

2001									
Localidad	Long (m)	Ancho (m)	Área (m ²)	Mes	Temp (°C)	No. Muestras	Biomasa promedio por localidad (gm ⁻²)	Biomasa cosechable	
El Kiwi	760	70	53,200	Feb	22	133	345.6 ± 104.1	18.4 ± 5.5	
				Mar	23	123			
				May	23	119			
El Palmar	200	70	14,000	Feb	23	35	441.8 ± 184.4	6.18 ± 2.6	
				Mar	23	35			
				May	24	35			
El Molinito	280	130	36,400	Feb	23	56	265.5 ± 97.6	9.66 ± 3.5	
				Mar	23	56			
				May	23	56			
Total			103,600				34.24 ± 11.6		
2002									
El Kiwi	680	200	136,000	Feb	24	205	383.5 ± 6.8	52.15 ± 9.2	
				Mar	18	205			
				May	24	205			
El Palmar	200	180	36,000	Feb	24	87	624.6 ± 141.6	22.5 ± 5.09	
				Mar	19	87			
				May	25	87			
El Molinito	280	240	67,200	Feb	24	146	603.9 ± 133.1	40.58 ± 8.9	
				Mar	19	146			
				May	25	146			
Total			239,200				115.18 ± 23.2		

Fuente: Águila et al. (2005). Biomasa de *Ulva* spp. (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de La Paz, Baja California Sur, México.

Respecto a su composición química, para *Ulva* en el malecón de La Paz, Aguilera et al. (2005a) dan a conocer el siguiente contenido: proteína, 10-23%; grasa, 0.5-2.2%; fibra cruda, 5-33%; carbohidratos, 20-61%; cenizas, 12-33%; sodio, 2.2-9.2%; calcio, 1.5-5.5%; fósforo, 0.4-3.5%; magnesio, 0.71-3.3%; potasio, 1.8-2.2%; zinc, 0.02-0.04%; cobre, 0.61%; hierro, 0.67%; cloro, 2% y bajo contenido energético. Factores como alcaloides, glúcidos cianogénicos, saponinas y ácido tánico se encuentran en concentraciones de escasas a nulas en *Ulva* spp.

También en el estudio microbiológico realizado, no se encontró *Salmonella* y los mesófilos aerobios y coliformes fecales no exceden la norma.

El valor digestibilidad aparente (DA) de la proteína de *Enteromorpha* spp. (ahora *Ulva*) (85%) es buena si se considera que la digestibilidad *in vitro* de la proteína de caseína es de 93%, además se encuentra dentro del intervalo reportado para algas verdes y para vegetales en general (72-85%). El perfil de aminoácidos muestra que 9 de los 10 aminoácidos esenciales están presentes en esta alga, y que es elevado el contenido de leucina, valina, fenilalanina, treonina, histidina, arginina, isoleucina, lisina y metionina, aminoácidos cuyas concentraciones resultaron superiores a las del patrón de la FAO (Aguilera et al., 2005a). El mayor índice de relación de eficiencia proteica (PER) se obtuvo con una dieta que contenía *Enteromorpha* spp., lo que indica que con esta dieta hubo una mayor digestión y absorción de la proteína con respecto a la dieta que únicamente contenía soya, esta diferencia es significativa ($P<0.05$). La utilización neta de la proteína (NPU) revela que las ratas alimentadas con *Enteromorpha* spp. aprovecharon mejor el nitrógeno proteico que las alimentadas únicamente con soya. Los resultados señalan que la calidad de la proteína de *Enteromorpha* spp. es buena, pues presenta buen perfil de aminoácidos y elevado porcentaje de digestibilidad de su proteína (Aguilera et al., 2005b).

Águila et al. (2005) y Aguilera et al. (2005a, b) concluyen que por los volúmenes de biomasa cosechable estimados para *Ulva* spp., su composición química y valor biológico de la proteína, se debe promover el aprovechamiento sustentable de las especies de este género en el área del malecón de La Paz.

Con el objetivo de promover el aprovechamiento de las algas marinas y al mismo tiempo resolver el problema de desperdicio de este recurso en las playas mexicanas, entre ellas las del malecón de La Paz, se elaboraron productos de



Figura 12. Pan elaborado con harina que incluye *Ulva*.

Nutrición “Salvador Zubirán” (adscrita a la Secretaría de Salud). Como resultado de la encuesta se determinó que la mayor aceptación la tuvo el pan de zanahoria elaborado con *Ulva*. Los resultados permiten concluir que por el alto grado de aceptación que tuvieron los panes, el contenido de minerales, aminoácidos y ácidos grasos de estas algas, y por la calidad sanitaria de las mismas, se puede promover la comercialización de productos de panificación, para lo cual se recomienda crear una microempresa que permita hacer llegar estos comestibles a la población en general (Casas et al., 2004).

La literatura sobre las algas del género *Ulva*, las cuales son las que mayormente se varan en las costas, ha sido desarrollada principalmente por especialistas en ciencias biológicas, por lo que la investigación se ha enfocado en el análisis de su biomasa (Águila et. al, 2005), composición química y microbiológica (Aguilera et. al, 2005a), su valor nutricional (Aguilera et. al, 2005b) y en menor medida se ha trabajado sobre los usos potenciales que pueden tener las algas (Cuomo et. al, 1995; Águila, 2007; Eyras et. al, 2008). Sin embargo hay poco –o incluso nada– sobre la valoración económica de la utilización del recurso y el servicio ambiental que se brinda al retirarlo de la costa, así como de la determinación de la cantidad óptima de algas a ser utilizada en procesos productivos. La investigación plantea el problema en términos del uso óptimo de algas, lo cual representa una

innovación a la literatura. Además, como contribución a la economía ambiental, se estimará el beneficio social asociado a la eliminación de las algas en el malecón y el aprovechamiento del recurso como compost. Este estudio nunca se ha hecho y es una aportación más de este estudio.

3. Objetivos

Objetivo General:

Aportar los elementos técnicos y económicos que permitan mejorar la imagen urbana del malecón de La Paz, B.C.S., aprovechando las algas marinas que afectan dicha imagen.

Objetivos Específicos:

1. Seleccionar la máquina para recolectar las algas y desechos en las playas que satisfaga los requerimientos y convenga en términos de costos de operación y mantenimiento.
2. Evaluar la factibilidad del aprovechamiento de las algas que se varan en el malecón para elaborar composta, de acuerdo a la calidad del producto y los costos de su producción.
3. Realizar el análisis costo-beneficio, utilizando el método de valoración contingente para estimar los beneficios logrados por retirar y utilizar las algas varadas.

4. Impacto social del proyecto

Una de las principales actividades de ciudadanos y turistas en la ciudad de La Paz, son las caminatas y actividades recreativas en la arena, en el famoso malecón Álvaro Obregón, el cual fue construido en los años veinte y recientemente remodelado, lo que permite disfrutar del atardecer y admirar las esculturas de bronce que embellecen esta moderna y alegre avenida, mientras se contempla la bahía. Aquí se encuentra también el muelle turístico para cruceros temáticos con servicios regulares para pasajeros. Frente a esta arteria de cinco kilómetros de longitud se localizan hoteles, discotecas, románticos bares, tiendas de artesanías y de artículos especializados en pesca deportiva y buceo, entre otras.

El malecón costero es el fastuoso escenario en el que se llevan a cabo eventos como la Quema del malhumor, Coronación del Rey de la Alegría, Coronación de la Reina del Carnaval; las entregas de premios y reconocimientos a la Reina de la Poesía y al Poeta Laureado; un espectacular combate naval con fuegos artificiales y el tradicional desfile de carros alegóricos (www.bcs.gob.mx).

Es innegable la importancia y atractivo que representa el malecón en la ciudad de La Paz, por lo que la presencia de algas que se varan en la playa y el mal olor que despiden por su descomposición evitan disfrutar del paisaje de manera integral y limitan las actividades recreativas en la arena. La recolección de las algas y su uso para la elaboración de composta, no sólo solucionará esta problemática, sino que además proveerá de los elementos para propiciar el sano desarrollo y crecimiento, mantenimiento y cuidado de áreas verdes en la ciudad, lo que significa una ciudad más limpia, sana y atractiva tanto para la población local, como turística. Una primera aplicación podría ser en el establecimiento de las áreas verdes del parque ecológico “El Zacatal”, el cual está en planes de desarrollarse, generando empleos directos para elaborar la composta y ganancias con su venta.

Por otro lado, establecer el proceso adecuado para el retiro del alga, comparando los costos que se tendrían por la adquisición y operación de maquinaria especializada para retirar el alga contra los costos en que se incurre actualmente con personal del Municipio para llevar a cabo dicha actividad, es otra aportación de este proyecto. El análisis costo-beneficio garantizará que el proceso que se lleve a cabo sea el más eficiente, en términos de calidad y costo.

5. Área de estudio

5.1 Composición morfológica, textural y mineralógica de la Bahía de La Paz

De acuerdo con la clasificación de costas propuesta por Inman y Nordstrom (1971), la Bahía de La Paz es una costa de arrastre de neo-eje producto de la tectónica de distensión del Golfo de California durante el Cenozoico. Esta bahía está caracterizada por una plataforma continental angosta o en partes inexistente y en su línea de costa prevalecen depósitos de playa. La costa occidental de la bahía se caracteriza por acantilados alternando con playas constituidas por material grueso, mientras que la costa oriental se distingue por la presencia de rocas volcánicas disectadas formando entrantes y salientes en donde se desarrollan playas de bolsillo (Wright et al., 1973).

La Ensenada de La Paz es una laguna costera de plataforma interna con barrera (Lankford, 1977); se encuentra separada de la Bahía de La Paz por una flecha arenosa (El Mogote) que se extiende de occidente a oriente, con una longitud promedio de 11 km y un ancho que varía entre 0.3 y 3 km; cubre un área aproximada de 15 km². Asimismo, la flecha arenosa posee una cola larga y angosta que se extiende unos 14 km hacia el occidente hasta el arroyo El Cajón de Los Reyes (Punta El León). Esta laguna costera se encuentra comunicada con la Bahía de La Paz por un canal de mareas que se bifurca en dos en su salida hacia la bahía; el canal principal sale a la altura de Punta Prieta, tiene una profundidad promedio de 8 m y un ancho de 800 m, mientras que el canal secundario que sale frente al extremo oriental de El Mogote, es más angosto y menos profundo. Este canal actualmente se encuentra en proceso de azolve. La ensenada de La Paz está bordeada por depósitos sedimentarios que presentan una marcada diferenciación morfológica y funcional a lo largo de su línea. El litoral norte está constituido por un sistema playa-duna donde destacan extensas planicies de marea, playas arenosas angostas y cordones de dunas. La costa

occidental, entre el Estero Zacatecas y Punta Comitán, está caracterizada por material tipo aluvión de consolidación variable. Presenta extensas planicies de marea, mientras que las playas son extremadamente angostas o inexistentes La costa sur de la ensenada, entre Punta Comitán y CICIMAR, constituye la parte distal de la planicie aluvial del valle de La Paz; a lo largo de ella se han desarrollado extensas planicies de marea, marismas y ecosistemas de manglar, por lo que prácticamente no existen playas en esta zona. La costa este, entre el CICIMAR y El Molinito, forma parte del abanico aluvial oriental de La Paz. El canal de mareas, entre el CICIMAR y Vista Coral, pasa muy cerca de la orilla, por lo que las playas existentes son angostas o bien se han construido artificialmente; la presencia de marinas es común en esta zona. Este segmento de costa se caracteriza por estar totalmente urbanizado por lo que la costa cae en la categoría de costas modificadas por el hombre; en esta zona se han desarrollado obras de infraestructura portuaria, turística, comercial y residencial. La zona comprendida entre El Molinito y Punta Prieta, se distingue por la alternancia entre infraestructura urbana, portuaria, playas de bolsillo y acantilados rocosos de altura variable (Godínez et al., 2005).

Del muelle turístico a la calle Morelos, el sustrato es arenoso con presencia de concha y restos de coral principalmente, y en menor medida en El Palmar material antropogénico (restos de cabos, botellas). De las calles Morelos a Héroes del 47 hay presencia de piedras y en El Molinito es totalmente pedregoso con fondo limoso. Durante el periodo marzo 1986 – febrero 1987 se realizó un estudio sobre la variación morfológica, textural y mineralógica de las playas al sureste de la Bahía de La Paz. El malecón de La Paz quedó comprendido en las localidades 6, 7 y 8 (Fig. 13) (Brambila, 1989). La localidad 7 corresponde al área donde se realiza la recolección de algas en el malecón.

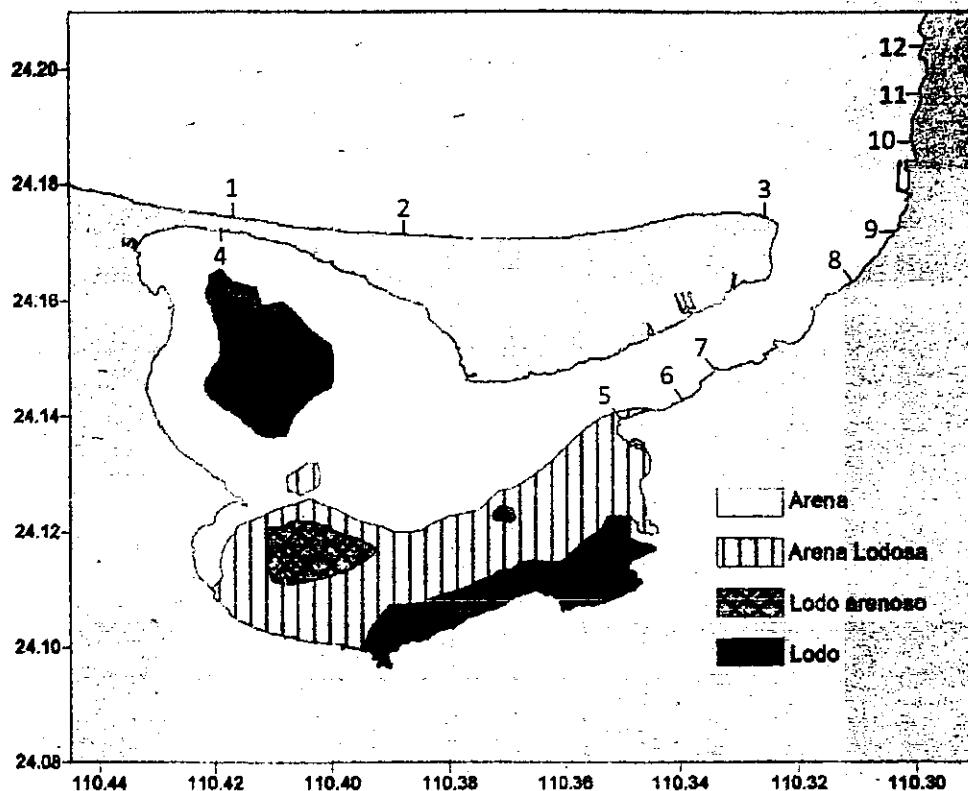


Figura 13. Tipos de substratos que caracterizan el fondo de la Ensenada de La Paz y la localidad a que corresponden. Tomado de Godínez (2003).

Perfiles de playa

Para el levantamiento de perfiles de playa se estableció un banco de nivel arbitrario sobre la postplaya en cada una de las localidades y mediante un teodolito, se levantaron secciones perpendiculares a la costa desde la postplaya hasta la zona de barras y canales (Fig. 14). El propósito de la medición fue conocer la variabilidad de los perfiles durante el período de estudio.

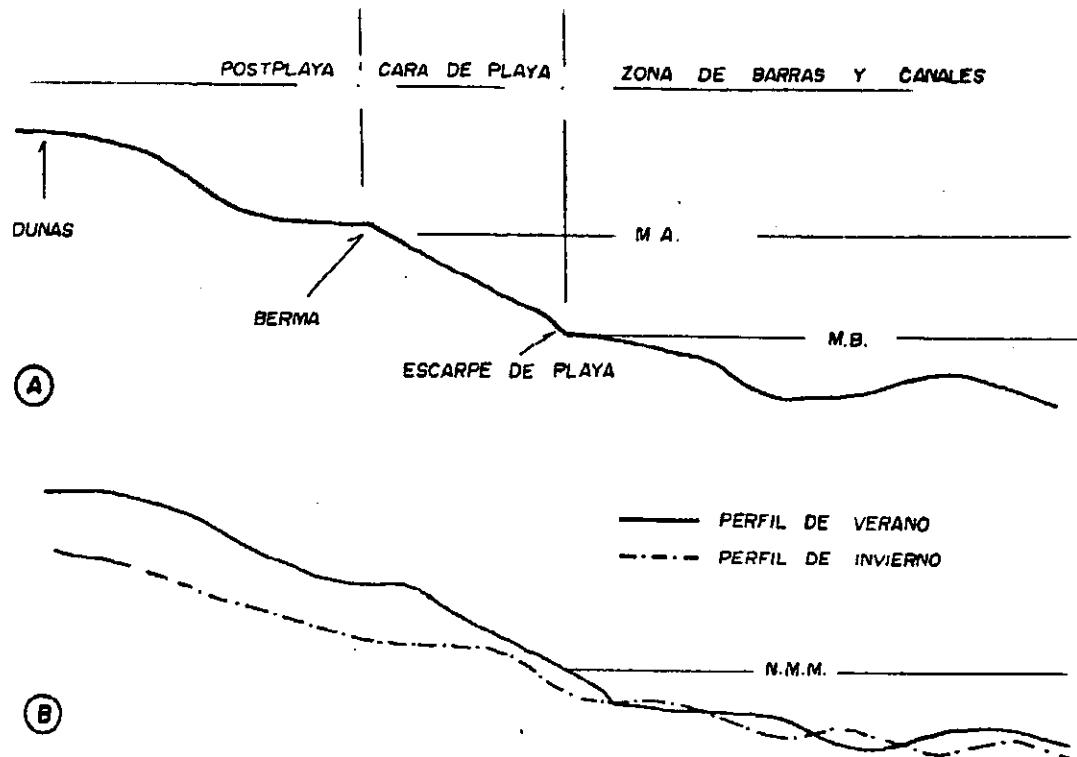


Figura 14. A) Nomenclatura y rasgos de playa; B) Perfiles conceptuales de playa en invierno y verano. Tomado de Brambila (1989).

Localidad 7: El total de levantamientos topográficos de perfiles de playa tuvieron poca variación a excepción de los perfiles de marzo y septiembre que tienen mayores cambios. Los perfiles de playa se mantuvieron fluctuando en el rango de los 10 a 43 m² (Fig. 15). El perfil máximo se registró en marzo de 1986 y el mínimo en febrero de 1987. A excepción de la postplaya que tuvo un desplazamiento horizontal de 15 m hacia tierra, el perfil máximo y el mínimo tuvieron características muy semejantes.

El sedimento procedente de la porción de la postplaya alcanzó un tamaño promedio $1.75 \varnothing$ ($2.64 - (-0.37) \varnothing$), el valor máximo es el mayor tamaño registrado en toda el área de estudio. Durante el invierno se alcanzaron los tamaños mayores de sedimentos. Los sedimentos procedentes de la cara de la playa tuvieron un promedio de $1.20 \varnothing$ ($2.89 - (-0.20) \varnothing$). En la zona de barras y canales, el tamaño promedio fue de $2.25 \varnothing$ ($4.00 - 0.423 \varnothing$). En general los valores más finos de sedimentos correspondieron a esta parte de la playa y para verano se tuvo el tamaño más fino de sedimento. El cuarzo, fragmentos de roca y feldespatos son los principales constituyentes entre los sedimentos (Brambila, 1989) (Tabla 2).

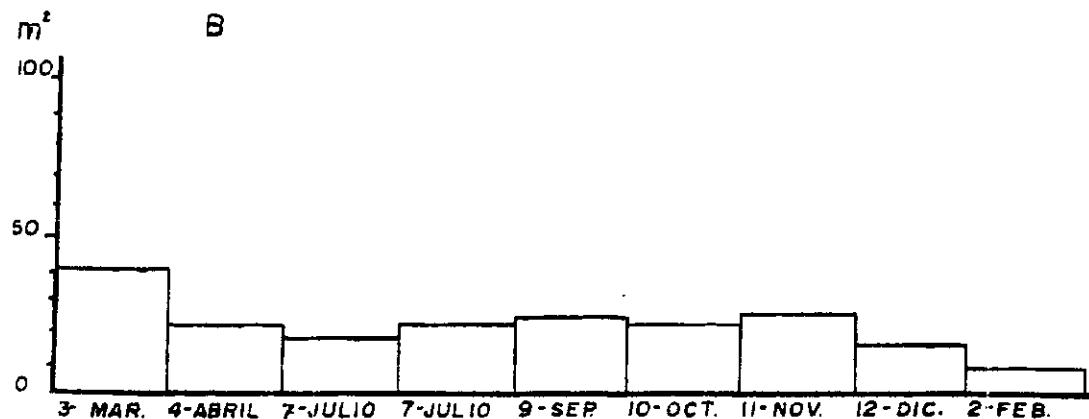


Figura 15. Áreas de los perfiles de playa obtenidas en la localidad 7. Tomado de Brambila (1989).

Tabla 2. Composición mineralógica de los sedimentos colectados en la localidad 7

Componentes	Estación del año			
	Primavera	Verano	Otoño	Invierno
Cuarzo	65%	57%	72%	50%
Fragmentos de roca	20%	15%	13%	17%
Feldespatos	13%	0%	3%	17%

Fuente: Tomada de Brambila (1989).

5.2 Descripción segmentada del malecón de La Paz

Longitud del segmento: 743 m; con una elevación de acceso de 18 m de

El Molinito

Longitud del segmento: 368 m; en el extremo norte del segmento se ubica El Molinito, construido sobre roca del cerro que al hacer el corte para la carretera, quedó del lado del mar. Posteriormente, continúa con 145 m de roca a la orilla de la playa en matriz de sedimento limoso, sólo visible en periodo de marea baja. En esta área del malecón no se realiza la recolección de las algas por la complejidad operativa de la limpieza entre las rocas (Fig. 16).



Figura 16. Vista aérea del segmento El Molinito.
Fuente: Google Earth.

Palapa Norte

Longitud del segmento: 164 m; cuenta con una plataforma de acceso de 18 m de largo y 9.50 m de ancho. El rango del ancho de playa en este segmento es de 0.5 a 15 m. En esta zona es común encontrar en la arena pequeñas embarcaciones de pescadores. En el extremo sur del segmento se encuentra la construcción de un establecimiento comercial. En esta zona se observan los mantos más poblados de alga, delimitados por una barra de arena (Fig. 17).



Figura 17. Vista aérea del segmento Palapa Norte.
Fuente: Google Earth.

Palapa Sur

Longitud: 75 m; en esta área se ubica un establecimiento comercial y 4 palapas. Esta zona de la playa es interrumpida por una plataforma de 9 m de ancho y 22 m de largo, usada para colocar el alga recolectada antes de ser transportada al basurero. El ancho de este segmento va de 0.5 a 19 m (Fig. 18).



Figura 18. Vista aérea del segmento Palapa Sur.
Fuente: Google Earth.

5 de mayo

Longitud: 341 m; es el área más extensa de arena ininterrumpida en el malecón de La Paz. El rango del ancho de playa en este segmento es de 0.5 a 26 m. Se encuentran localizados 3 establecimientos comerciales y 14 palapas. El segmento concluye con el muro de contención del kiosko del malecón (Fig. 19).



Figura 19. Vista aérea del segmento 5 de mayo.
Fuente: Google Earth.

Figura 20. Vista aérea del segmento Los Encuentros.
Fuente: Google Earth.

Las Esculturas

Longitud: 133 m; el segmento inicia con el muro de contención del kiosko del malecón y una pequeña rampa que es aprovechada para depositar el alga recolectada en el camión de volteo y transportarla al basurero. En esta área hay 10 palapas. El rango del ancho de playa en este segmento es de 9.5 a 20 m (Fig. 20).



Figura 20. Vista aérea del segmento Las Esculturas.
Fuente: Google Earth.

Hotel Perla – Muelle Fiscal

Longitud: 150 m; el segmento inicia con el muro de contención del malecón. Esta fracción del malecón fue rellenado con arena del área de Pichilingue a principios de la década de 2000. Hay 10 palapas en esta área y el rango del ancho de playa es de 0 a 45 m. En este segmento no se realiza la recolección de algas, ya que suelen presentarse en menor cantidad y de manera muy esporádica (Fig. 21).



Figura 21. Vista aérea del segmento Hotel Perla – Muelle Fiscal.
Fuente: Google Earth.

Fuente: Google Earth.

Muelle Fiscal – Parque Cuauhtémoc



Figura 22. Vista aérea del segmento Muelle Fiscal – Parque Cuauhtémoc.
Fuente: Google Earth.

Longitud: 373 m; inicia con el muelle fiscal y cuenta con 5 palapas. El rango del ancho de playa es de 0 – 45 m. Es el segmento con menos longitud de playa, aproximadamente 97 metros, seguido de 276 metros de contacto directo con el mar, concluyendo el segmento con un espigón de arena.

En esta área del malecón no se realiza la recolección de algas, ya que debido a las corrientes marinas, suele presentarse una muy escasa cantidad de alga en esta área (Fig. 22).

Hotel Los Arcos – Vista Coral

Longitud: 150 m; este segmento del malecón fue rellenado con arena de río en la década de 1980. Se formaron 3 espigones en esta zona. El rango del ancho de playa es de 3 – 42 m. Esta zona del malecón cuenta con 16 palapas y un establecimiento comercial. El segmento concluye con el muro de contención del área de la marina Vista Coral. En esta área del malecón no se lleva a cabo la recolección de algas, debido a la escasez con que se presentan en esta zona (Fig. 23).

Figura 23. Vista aérea del segmento Hotel Los Arcos – Vista Coral.

Fuente: Google Earth.



Figura 23. Vista aérea del segmento Hotel Los Arcos – Vista Coral.
Fuente: Google Earth.

Figura 24. Proyecto de Ampliación del Malecón.

6. Material y métodos

6.1 Determinación de la proporción de los elementos que se varan en la playa y son recolectados por el Municipio

Para determinar las cantidades y proporción de los elementos que son recolectados y desechados por el personal de limpieza del Municipio en el malecón de La Paz, se llevaron a cabo muestreos con el material recolectado, posteriormente con la información de las descargas hechas en el basurero municipal, se realizaron extrapolaciones mensuales.

Una visita previa al sitio permitió conocer el proceso de limpieza del Municipio y establecer el método para realizar el muestreo, así como las localidades en que se trabajaría, estableciéndose 4 zonas de recolección: Palapa Norte, Palapa Sur, 5 de mayo y Esculturas. En el proceso de recolección de las algas en el malecón participan alrededor de 50 personas, quienes llevan a cabo la limpieza de la siguiente manera:

El alga es recogida de la orilla con palas, horquillas y arañas, posteriormente es colocada en carretillas y trasladada a un lugar estratégico, donde un cargador mecánico las recoge y transporta a un camión de carga en el que son llevadas al basurero municipal (Figs. 24-25). El camión de carga realiza de 2 a 3 viajes por día al basurero municipal para desechar la especie varada.



Figura 24. Proceso de limpieza del malecón.



Figura 25. Máquina que transporta el alga al camión.

6.1.1 Muestreo

Los muestreos se llevaron a cabo los lunes, ya que es el día que se presenta mayor cantidad de alga varada, porque el fin de semana no se realiza limpieza. El muestreo se realizó durante un año, del 12 de abril de 2010 al 25 de abril de 2011. En cada una de las cuatro zonas de recolección (palapa norte, palapa sur, 5 de mayo, esculturas), se tomaron al azar tres de las carretillas que reúne el personal de limpieza del Municipio y se cribó el alga para separar la arena y desechos que contiene (Fig. 26), una vez separados los elementos, estos eran pesados (Fig. 27). Durante las primeras 8 ocasiones, el muestreo se realizó semanalmente. Posteriormente, debido a la poca variación en los resultados, se llevó a cabo quincenalmente.



Figura 26. Cribado del material recolectado por el Municipio.



Figura 27. Registro del peso de los componentes del material recolectado.

6.1.2 Datos de recolección proporcionados por el Municipio

Personal del Municipio encargado de la coordinación y supervisión de la limpieza del malecón con autorización de ZOFEMAT, proporcionó los formatos de recolección del período comprendido de febrero de 2009 a abril de 2011 (anexo 1), en los cuales se indica la fecha y cantidad de desechos recolectados en la playa, que son transportados al basurero municipal. Con esa información fue posible estimar las cantidades de alga varada, así como la proporción de arena que es transportada en cada viaje, lo que evidencia la deficiencia del proceso actual de limpieza.

6.2 Parámetros ambientales

Temperatura: Los valores de la temperatura superficial presentados durante el período febrero 2009 - abril 2011, fueron obtenidos de la base de datos proporcionada por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) (anexo 2).

Marea: Los valores de marea durante el período febrero 2009- abril 2011 fueron obtenidos de la base de datos de pronósticos para mareas, obtenida con el programa MAR07, proporcionado por el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), tomando en cuenta el pronóstico del nivel medio de marea a las 8 de la mañana (anexo 2).

6.3 Selección de limpiadora de playa

Se evaluaron las condiciones físicas del sitio, tales como tipo de suelo, logística y facilidad de acceso a la playa donde se presentan las algas, así como la cantidad y distribución temporal del recurso y la basura contaminante, para seleccionar el recolector de algas más eficiente. Asimismo, se realizó una investigación de recopilación de información de las máquinas recolectoras que existen en el mercado, para evaluar su eficiencia de acuerdo a las características mecánicas y sus costos, a fin de recomendar la que proporcione el mayor beneficio para la recolección del alga varada en el malecón de La Paz.

6.4 Elaboración de composta

La elaboración de la composta se realizó siguiendo la metodología propuesta por Nieto-Garibay et al. (2002). Previo a la elaboración de la composta, se realizaron pruebas de salinidad para establecer si era necesario un pre-tratamiento o lavado del recurso, ya que las algas suelen presentarse con desechos o basura y una considerable cantidad de arena. Se evaluó también la relación Carbono-Nitrógeno (C/N) de cada insumo, para establecer las cantidades de alga/paja necesarias para elaborar la composta, a fin de lograr la relación C/N de entre 30 y 36, que es la que se recomienda para un buen proceso de compostaje. Durante 80 días se dio seguimiento al proceso de compostaje, midiendo la temperatura y el pH. El muestreo tanto de la temperatura como del pH, fue hecho en la parte central de las pilas de compostaje, para evitar variaciones debidas al gradiente térmico ambiental. Las mediciones de temperatura se realizaron cada 4 horas mediante el uso de un lector de temperatura automatizado. La madurez se determinó mediante la evaluación de las características físicas cualitativas: olor, color y textura (Nieto-Garibay et al., 2002) y el índice CO₂:NH₃ utilizando un lector de color digital (DCR) (Solvita Wood and Laboratories, Inc.).

6.4.1 Caracterización química de la compost

Una vez obtenida la compost, se realizaron análisis de laboratorio para conocer su calidad como abono: conductividad eléctrica (CE) siguiendo la metodología planteada por M. L. Jackson (1958); potencial de hidrógeno (pH) en extracto de saturación y materia orgánica (MO) de acuerdo a la NOM-021 SEMARNAT 2000; amonio (NH_4^+); nitratos (NO_3^-), nitritos (NO_2^-) con la metodología de Strickland J.D.H. y Parsons T.R. (1972); magnesio (Mg), potasio (K), manganeso (Mn), sodio (Na) y calcio (Ca) y análisis de metales pesados de acuerdo a la norma NMX-AA-051-SCFI-2001 y el procedimiento MPT-LAN03/12-03, este último para determinar metales por absorción atómica en sedimentos, lodos y suelos Espectrofotómetro de Absorción Atómica GBC Avanta.

6.4.2 Pruebas de germinación

Un método práctico y fácil de usar, que evalúa el efecto sinérgico de los componentes de la compost en la germinación y desarrollo de las plantas es el índice de germinación (IG). Este índice integra el crecimiento relativo de raíces (CRR) y el porcentaje de germinación relativo (PGR), y establece tres niveles de fototoxicidad: severa, moderada y baja o nula.

Las ecuaciones para el cálculo de estos parámetros se describen a continuación:

$$\text{PGR} = \frac{\text{No. de semillas germinadas en el extracto}}{\text{No. de semillas germinadas en el testigo}} * 100$$

$$\text{CRR} = \frac{\text{Elongación de radículas en el extracto}}{\text{Elongación de radículas en el testigo}} * 100$$

$$IG = \frac{PGR * CRR}{100}$$

Tanto en el parámetro PGR como en el CRR, se considera una composta madura si los valores obtenidos son mayores o igual a 80%. En el caso de la IG, se han establecido los siguientes criterios de clasificación (Zucconi et al. 1981):

IG \geq 80%, no hay sustancias fitotóxicas o están en pequeñas cantidades.

IG 50% \geq 80%, moderada presencia de sustancias fitotóxicas.

IG \leq 50%, fuerte presencia de sustancias fitotóxicas.

Las pruebas de germinación se realizaron en semillas de rábano, siguiendo los parámetros establecidos por la ISTA (International Seed Testing Association – Asociación Internacional de Pruebas de Semilla).

Elaboración del extracto de composta

El extracto de composta se prepara con una relación 1:5, en este caso fueron 100 g de composta en 500 ml de agua destilada (Fig. 28). Preparándose de la siguiente manera:

Se pesaron 100 g de composta, se colocó en una gasa extendida, anudando los extremos de la gasa para formar un envoltorio o bolsa, ésta se colocó en un vaso de precipitados con 500 ml de agua destilada, se dejó reposar por 24 horas, al término del cual se agitó antes de aplicarla en una caja petri.



Figura 28. Extractos de composta.

Montaje de la prueba de germinación

Se limpiaron las cajas petri con un algodón humedecido en alcohol etílico comercial, se rotularon las cajas de petri con la leyenda de cada uno de los tratamientos de la composta (Pila 1 al 3, Biorreactor 1 al 3), y el número de repetición correspondiente (4 repeticiones por evaluación), y 4 cajas correspondientes al testigo (agua destilada). Se colocó en cada caja un círculo de papel filtro y 100 semillas de rábano, se les adicionaron 7 ml del extracto de composta que le correspondió. Se utilizaron 4 cajas petri como testigo, a las que sólo se les adicionaron 7 ml de agua destilada. Posteriormente se colocaron las cajas en una cámara de germinación (Fig. 30) a una temperatura de 20°C, una humedad relativa de 80% HR y 12 horas de luz. Diariamente se registró el número de semillas germinadas, considerando la germinación cuando la radícula había emergido al menos 2 mm (Fig. 31). Al tercer día, se registró la longitud de la radícula de cada una de las plántulas, anotando un 0 (cero) donde no germinó ninguna semilla.



Figura 29. Colocación del extracto en cajas petri.

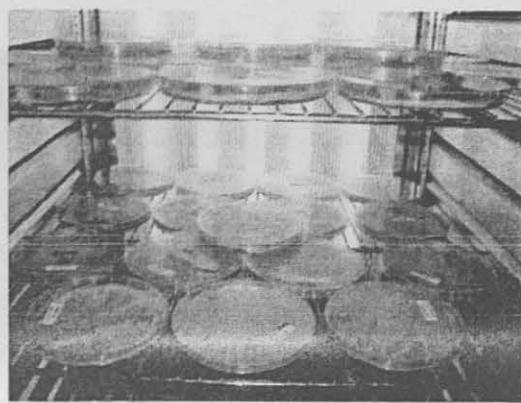


Figura 30. Cámara de germinación.

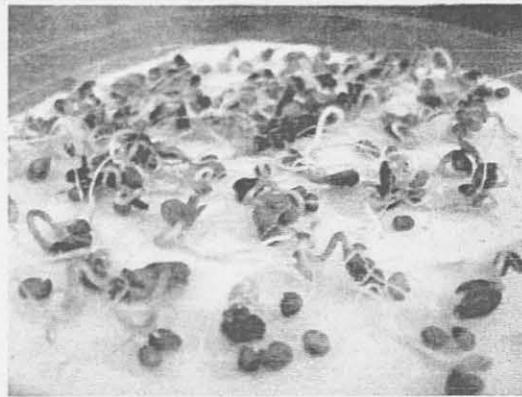


Figura 31. Semillas de rábano germinadas.

Al décimo día del experimento, después de realizar el último conteo de las semillas, se tomaron 10 plántulas de cada tratamiento, se midió su raíz y tallo (Fig. 32) y se pesaron. Posteriormente, para conocer su peso seco fueron colocadas en el horno durante 24 horas a 70°C (Fig. 33).

3.4.3 Fructos Sobre Raíz



Figura 32. Medición de la raíz y tallo.

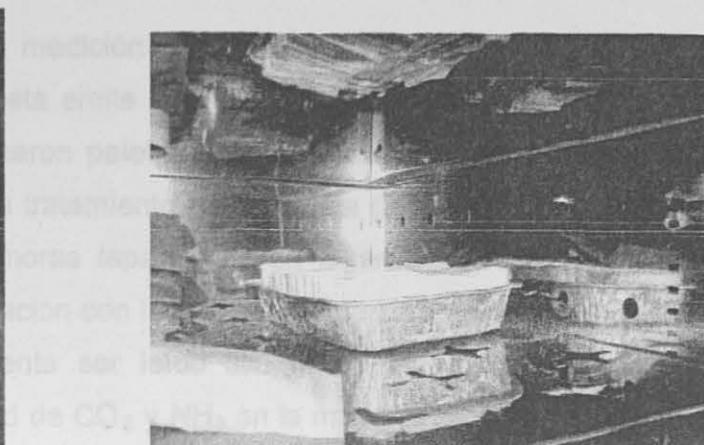


Figura 33. Plántulas colocadas en el horno.



Figura 34. Medición de CO_2 y NH_3 .



Figura 35. Caja de medición.

6.4.3 Pruebas Solvita

Esta prueba consiste en la medición por colorimetría del CO₂ y NH₃ que una muestra húmeda de composta emite a través de gas, estando en un recipiente cerrado. Para ello, se colocaron paletas con geles reactivos en recipientes que contenían muestras de cada tratamiento de composta (3 pilas, 3 biorreactores), y se mantuvieron durante 4 horas tapados en un lugar fresco. Al cabo de este tiempo se realizó la comparación con la escala de colores correspondiente a cada elemento, para posteriormente ser leído con un colorímetro para determinar cuantitativamente la cantidad de CO₂ y NH₃ en la muestra (Solvita Ver. 6.0 2009) (Figs. 34 y 35). Se realizaron 3 repeticiones por muestra de cada elemento y de cada tratamiento (biorreactor y pila). Los resultados permiten calcular además el índice de madurez y etapa en que se encuentra la composta.

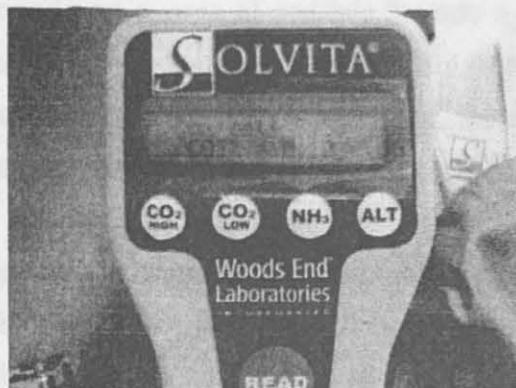


Figura 34. Medidor de CO₂ y NH₃

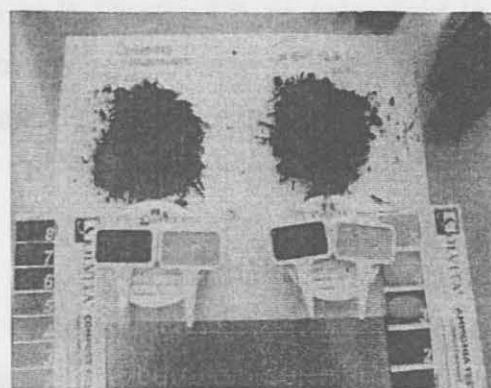


Figura 35. Geles reactivos

Creación de una Planta de Compostaje

De acuerdo a la cantidad de datos existentes se presentan en el Instituto de La Rioja, podrían obtenerse resultados de 100 toneladas de composta. Dadas a la gran inversión y complejidad que representa la creación de una planta con

6.5 Análisis costo-beneficio

6.5.1 Costos actuales y futuros con la implementación del proyecto

Escenario actual: Costos de la actividad de limpieza

Con los datos proporcionados por el Municipio de la recolección realizada en 2009-2011, se determinó la cantidad de desechos que son recolectados mensualmente de las playas del malecón de La Paz, así como la cantidad de camiones y personal que intervienen en la recolección. Se calcularon los costos considerando la mano de obra requerida, combustible, herramientas y vehículos para llevar a cabo la actividad.

Escenario Futuro: Mejora en el proceso de limpieza

Propuesta 1: Limpiadora de playa

Tomando en cuenta el análisis llevado a cabo en la sección 6.3, se seleccionó la limpiadora que cumple con los requerimientos de capacidad y funcionamiento, para realizar el análisis de costos. Se considera mantener una cuadrilla de 10 personas para la limpieza.

Propuesta 2: Dispositivo de cribado

La inclusión de maquinaria en el proceso de limpieza, puede implicar incurrir en costos sociales. Tomando en cuenta lo anterior y buscando solucionar la problemática del transporte de arena, se consideró mejorar el proceso incorporando un dispositivo de cribado.

Creación de una Planta de Compostaje

De acuerdo a la cantidad de algas varadas que se presentan en el malecón de La Paz, podrían obtenerse mensualmente 119 toneladas de compost. Debido a la gran inversión e infraestructura que representaría la creación de una planta con

tales características, se decidió realizar el análisis de costos considerando la creación de la planta de compostaje con capacidad para sólo 75 toneladas mensuales. Dicha producción representa ya un importante alcance en el uso y aprovechamiento de la especie.

6.5.2 Estimación del beneficio actual y futuro con la implementación del proyecto, utilizando el método de valoración contingente

Los métodos de preferencias declaradas, obtienen la información de preguntas realizadas a las personas. Los métodos directos consisten en la realización de la pregunta directa sobre su valoración (beneficio) respecto al bien público. Con la finalidad de exponer claramente la metodología empleada, se detallarán las características que se consideraron para la elaboración de la pregunta. Posteriormente se profundiza en el modelo para el análisis de las respuestas.

Método

En 1993, la Administración Nacional Atmosférica y de Océanos (NOAA) del Departamento de Comercio de Estados Unidos, publicó el *Reporte del panel de la NOAA sobre Valoración Contingente*. En este documento (Arrow et al., 1993) se exponen algunas recomendaciones para el diseño de ejercicios de valoración contingente en la determinación de valores de uso pasivo. A través del tiempo se han hecho innovaciones teóricas respecto a la forma de hacer las preguntas, y sobre el tratamiento estadístico de las respuestas (Kriström, 1990; Duffield y Patterson, 1991). Entre las cuestiones más relevantes que se deben observar para realizar un cuestionario de valoración contingente enfocado a la medición del bienestar por el disfrute integral del paisaje se encuentran: el tipo de pregunta, el vehículo de pago, el formato de la pregunta, el tipo de encuesta y el diseño de preguntas complementarias.

Tipo de Pregunta

El tipo de pregunta se refiere al uso de la disposición a pagar versus la disposición a aceptar. Una de las recomendaciones del *Panel de la NOAA* es el procurar siempre un diseño de preguntas que lleve a resultados conservadores; es decir, a no sobre estimar la valoración. Partiendo del concepto de la utilidad marginal decreciente, y teniendo como referencia un mismo punto de partida, siempre la disposición a aceptar por la pérdida de un bien público será superior a la disposición a pagar por el incremento en este mismo bien (Freeman III, 2003). Considerando la recomendación del *Panel* se realizó una pregunta de Disposición a Pagar (DAP) y no de Disposición a Aceptar (DAA).

Vehículo de pago

El vehículo de pago habitual es el aumento en un impuesto para utilizar el dinero en un programa específico. Para su aplicación, es importante que se haga una buena descripción del programa, y que se enfrente al encuestado a situaciones reales de lo que pasaría con el programa contra lo que pasaría sin el programa. El vehículo de pago quedó definido con las entrevistas, de acuerdo a la respuesta. Se ofrecieron las opciones de la creación de un nuevo impuesto, el incremento al impuesto predial o alguna otra opción la cual debían especificar.

Formato de la Pregunta

Por lo que respecta al formato de pregunta existen dos posibilidades: el formato abierto y el dicotómico. El formato de pregunta abierta consiste en preguntar al encuestado su disposición a pagar mediante una pregunta abierta directa o a través de la presentación de una lista de valores a elegir (refrendo de una etapa). Este formato puede generar problemas de comprensión por parte del encuestado por su alejamiento de situaciones reales (Schumann, 1996). Una alternativa a la pregunta abierta (cuando se crea que la pregunta pueda ser difícil de comprender)

es utilizar formatos dicotómicos en los que se le pregunta al individuo por algún pago que debe aceptar o rechazar. Este método presenta dos variantes: la simple y la bietáctica.

La variante simple consiste en enfrentar a cada encuestado con sólo un valor (Cameron, 1988; Bishop y Heberlein, 1979). Por su parte, la variante bietáctica consiste en ofrecer al encuestado un segundo valor dependiendo de la respuesta a la primera cantidad propuesta; este valor será menor cuando la primera respuesta haya sido negativa y mayor cuando esta haya sido positiva (Hanemann et al., 1991). Un aspecto que se debe cuidar es el fenómeno de *warm-glow* (Diamond y Hausman, 1993) que sucede cuando un individuo responde a favor o en contra de la política. El formato de pregunta que se utilizó fue una pregunta dicotómica simple tipo referéndum.

Tipo de encuesta

El tipo de encuesta se refiere a la forma en la que se va a acercar el investigador al encuestado. La literatura reconoce tres tipos de encuestas la personal, la telefónica y la postal o encuesta por correo (Mitchel y Carson, 1989). Para el caso de la obtención del valor del adecuado proceso de limpieza y el aprovechamiento de las algas como composta, se utilizó la encuesta personal y se aplicó en viviendas de la ciudad. La encuesta fue diseñada de modo que es posible captar el beneficio que se percibe actualmente con la limpieza de las playas (Anexo 3), así como la valoración del beneficio futuro que se logrará con el aprovechamiento del recurso.

Preguntas complementarias

Los cuestionarios fueron acompañados con preguntas complementarias que ayudaron a identificar las diferencias en las respuestas de acuerdo con diferentes factores: actividades que llevan a cabo en el malecón, frecuencia de visita, entre otras.

Buscando lograr una buena planeación de los cuestionarios, se inició con preguntas preparatorias (si gusta de ver los atardeceres, si acude al malecón frecuentemente, si sabe que pueden usarse las algas varadas para elaborar composta,...), se continuó con las preguntas propias del ejercicio de valoración y se dejó hasta el final las preguntas de carácter personal como edad o ingreso (Mitchel y Carson, 1989; Arrow et al., 1993).

Muestreo

Tamaño de muestra

Determinar el tamaño de muestra es una cuestión muy importante, porque las muestras innecesariamente grandes desperdician tiempo y dinero, y las muestras demasiado pequeñas pueden conducir a resultados deficientes (Tricla, 1997). El tipo de muestreo empleado fue el muestreo aleatorio limitado o probabilístico (Scheaffer et al., 1987).

La población objetivo fue el número de hogares de la ciudad que cuentan con medidor de agua, ya que una de las opciones de vehículo de pago es el cargo adicional en el pago de agua, tomando en cuenta que los miembros del hogar se verán beneficiados con el aprovechamiento de las algas como composta. Esto es porque el uso de composta en el suelo árido, impermeable y de baja calidad con que cuenta la ciudad brindaría importantes beneficios, encabezando la lista la mayor captación de agua de lluvia y mayor absorción de nutrientes en las plantas, además de áreas verdes más atractivas y sanas.

Se procedió a calcular el tamaño de la muestra para la aplicación de la encuesta, tomando la base de datos proporcionada por OOMSAPA actualizada a 2007, con un nivel de confianza del 95% y un error de estimación del 5%, obteniendo un total de 381 entrevistas. Utilizando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \cdot z^2 \cdot p \cdot q}{[z^2 \cdot (N - 1) + (z^2 \cdot p \cdot q)]}$$

Donde: n: tamaño de muestra; N: población (número de viviendas en La Paz con medidor de agua: 45,277); z: valor de z en distribución normal (1.96 para $\alpha=0.05$)
 p: probabilidad de éxito de parámetro a evaluar (si se desconoce p=0.5); q: 1 – p
 i: error que se prevé cometer, o error posible de estimación.

$$n = \frac{45,277 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{[0.98^2 \cdot (45,277 - 1) + (1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5)]} = 381$$

Se decidió aplicar 400 encuestas, para cubrir el tamaño de muestra estimada y además contar con encuestas de más, por si era necesario eliminar alguna por errores o inconsistencias en las respuestas.

Análisis de la disposición de pago

Para analizar las respuestas a la pregunta dicotómica simple (Bishop y Heberlein, 1979; Hanemann, 1984; Cameron, 1988) se utilizó un modelo paramétrico; es decir, un modelo que permita la incorporación de las características de los individuos dentro de la función de disposición a pagar.

El modelo básico que se utilizó para analizar las respuestas dicotómicas en la encuesta de valoración contingente fue el modelo de utilidad aleatoria (RUM, por sus siglas en inglés).

Si la utilidad de un individuo j (U_j) es una función de su ingreso (Y_j) y de un vector de características socioeconómicas (Z_j) y si U_{1j} es la utilidad del individuo j cuando disfruta del bien público (malecón libre de olores y poder realizar actividades en la arena) y reduce su ingreso en la cantidad propuesta (t_j) y U_{0j} la utilidad del

individuo j cuando no disfruta del bien público y no paga el impuesto, entonces la condición para que un encuestado tenga una respuesta afirmativa a la pregunta dicotómica simple se puede expresar como: $U_1(Y_j, -t_j, Z_j, \varepsilon_{1j}) > U_0(Y_j, Z_j, \varepsilon_{0j})$ donde ε_{ij} es el término de error aleatorio. De lo anterior se desprende que la probabilidad de que la persona j responda que sí prefiere pagar el impuesto con tal de disfrutar totalmente del malecón es igual a la probabilidad de que U_1 sea mayor que U_0 dado el ingreso y las características socioeconómicas de j . Debido a que U_i (donde $i = 1$ ó 0) tiene un componente determinístico y uno aleatorio, esta se puede escribir como $U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij}$ donde V_{ij} es el componente determinístico que depende del ingreso, la tarifa propuesta y las características socioeconómicas y ε_{ij} es el componente aleatorio; es decir: $Pr(SI_j) = Pr(V_1 + \varepsilon_{1j} > V_0 + \varepsilon_{0j})$. Como ε_{1j} y ε_{0j} son términos aleatorios, estos se pueden agrupar en un solo término, de tal forma que $\varepsilon_j = \varepsilon_{1j} - \varepsilon_{0j}$. Sea $F\varepsilon$ la función de distribución de los errores, entonces la probabilidad de que el individuo j responda afirmativamente se podrá expresar como: $Pr(SI_j) = F\varepsilon(V_1 - V_0)$. La expresión se puede reescribir como (Haab y Mc Connell, 2002):

$$Pr(SI_j) = 1 - F\varepsilon[-V_1(y_j - t_j, Z_j) - V_0(Y_j, Z_j)] \quad (1)$$

Cuando la parte determinística de la ecuación es lineal en el ingreso y en el resto de las variables, la utilidad que tiene el individuo j con la decisión i , es una función lineal de un vector de características del individuo (Z_j), y de su ingreso (Y_j): $V_{ij}(Y_i) = \alpha_i Z_j + \beta_i(Y_j)$. En este caso (el lineal) la probabilidad de que el individuo j responda que "sí", se puede expresar como: $Pr(SI_j) = Pr(V_1 + \varepsilon_{1j} > V_0 + \varepsilon_{0j})$; donde $V_{1j} = \alpha_1 Z_j + \beta_1 Y_j$ y $V_{0j} = \alpha_0 Z_j + \beta_0 Y_j$. Suponiendo que $\beta_0 = \beta_1$; que $\varepsilon_j = \varepsilon_{1j} - \varepsilon_{0j}$ y que $\alpha = \alpha_1 - \alpha_0$. El modelo lineal se escribirá como:

$$Pr(SI_j) = Pr(\alpha Z_j - \beta t_j + \varepsilon_j) > 0 \quad (2)$$

Para analizar la información a través de un modelo de utilidad aleatoria es necesario estimar modelos para variables dependientes discretas. Es decir se debe de estimar la probabilidad de una respuesta afirmativa dados algunos parámetros. Los modelos más utilizados para estimar la probabilidad de respuesta afirmativa son el *Logit* y el *Probit*.

Para el caso de *Logit* se supone que los errores se distribuyen como una función logística con media cero y varianza $\pi^2\sigma^2/3$. Cuando se divide entre σ para normalizar, entonces se tiene una función logística estándar con media cero y varianza $\pi^2/3$. La probabilidad de que una variable con distribución logística sea menor o igual a un número x es igual a: $(1+e^{-x})^{-1}$. De lo anterior se desprende que, la probabilidad de que la persona j tenga una respuesta positiva a la tasa propuesta igual a t es:

$$Pr(Si j) = [1 + e^{(-\alpha z_j - \beta t_j)/\sigma}]^{-1} \quad (3)$$

Con esta última ecuación resulta factible estimar los parámetros α/σ y β/σ .

Por su parte, para estimar un *Probit* se parte del supuesto de que los errores tienen media cero, son independientes, están idénticamente distribuidos, y se distribuyen de forma normal; entonces $\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_0$ también se distribuirá como una normal con media cero y varianza σ^2 . Definiendo $\varphi = \varepsilon/\sigma$ entonces se tendrá que $\varphi \sim N(0, 1)$ y que:

$$Pr(\varepsilon < \alpha z_j - \beta t_j) = Pr(\varphi < \frac{\alpha z_j - \beta}{\sigma}) = \Phi(\frac{\alpha z_j - \beta}{\sigma}) \quad (4)$$

Donde $\Phi(\cdot)$ es la función de densidad acumulada de una normal. Con esta última ecuación resulta factible estimar los parámetros α/σ y β/σ .

Para conocer la disponibilidad a pagar de un individuo j se tiene que encontrar el precio ante el cual un individuo estaría indiferente entre realizar el paseo y no realizarlo; es decir cuando se cumple lo siguiente:

$$\alpha_1 Z_1 + \beta (y_j - DAP_j) + \varepsilon_{j1} = \alpha_0 Z_j + \beta y_j + \varepsilon_{j0} \quad (5)$$

Despejando DAP_j de la ecuación anterior se tiene que $DAP_j = \alpha Z_j / \beta + \varepsilon_j / \beta$, por lo que la esperanza de DAP de un individuo con características j se expresará como: $DAP_j = \alpha Z_j / \beta$. Una medida que puede ser interesante para los investigadores y tomadores de decisión es la DAP esperada del individuo promedio, la cual puede expresarse como:

$$E(DAP | \alpha, \beta, z) = \left[\frac{\alpha}{\beta} \right] z \quad (6)$$

6.5.3 Impacto en el bienestar social logrado con el proyecto

De acuerdo a la teoría:

$$[B_2 - C_2] - [B_1 - C_1]$$

$$B_2 - B_1 - C_2 + C_1$$

Donde: C_1 : costo de limpieza actual; B_1 : beneficio actual por limpieza; C_2 : costo de proyecto; B_2 : Beneficio por proyecto; $\Delta B = B_2 - B_1$: impacto en el bienestar social por la implementación del proyecto.

El impacto en el bienestar logrado con el proyecto, fue estimado con el análisis econométrico de los datos que arrojaron las encuestas que se aplicaron con el método de valoración contingente. El proyecto será viable, en la medida del incremento en el bienestar que manifestaron los encuestados:

Si $\Delta B > 0$: Hay un impacto positivo en la sociedad con el proyecto. La sociedad está de acuerdo con su creación.

Si $\Delta B < 0$: Hay un impacto negativo en la sociedad con el proyecto. La sociedad no experimenta un incremento en su bienestar si se crea el proyecto.

Si $\Delta B = 0$: No hay impacto en la sociedad. No hay cambio en el bienestar.

7. Análisis de Resultados

7.1 Determinación de la composición de los elementos que se varan en la playa

La figura 36 muestra la cantidad de desechos recolectados por el Municipio en las playas del malecón de La Paz de febrero de 2009 a abril de 2011. En promedio se recolectan y transportan cerca de 2 500 toneladas de desechos cada año.

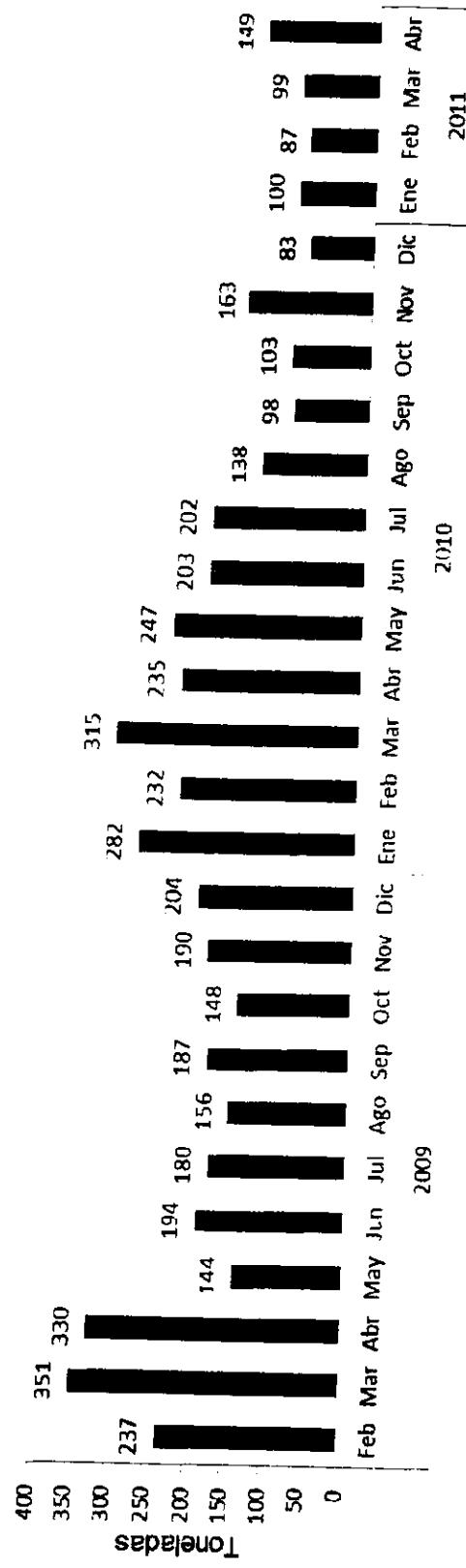


Figura 36. Desechos recolectados y transportados al basurero por el Municipio en el periodo de febrero de 2009 a abril de 2011.
Fuente: ZOFEMAT.

Las proporciones de los desecho recolectados en cada localidad del malecón de La Paz se muestran en las figuras 37 a

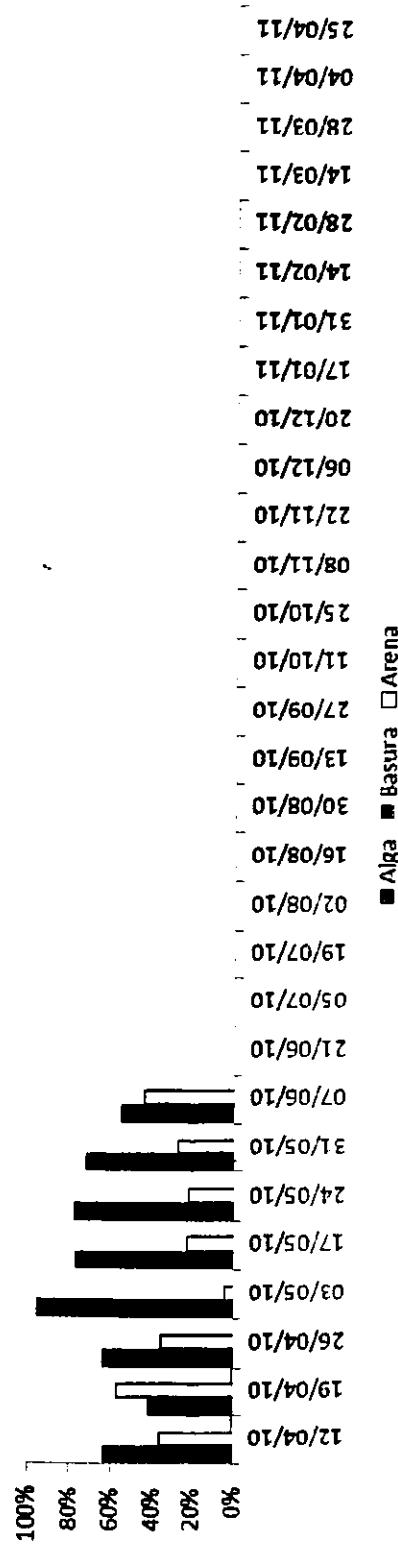


Figura 37. Proporción de desechos obtenidos en la localidad Palapa Norte.

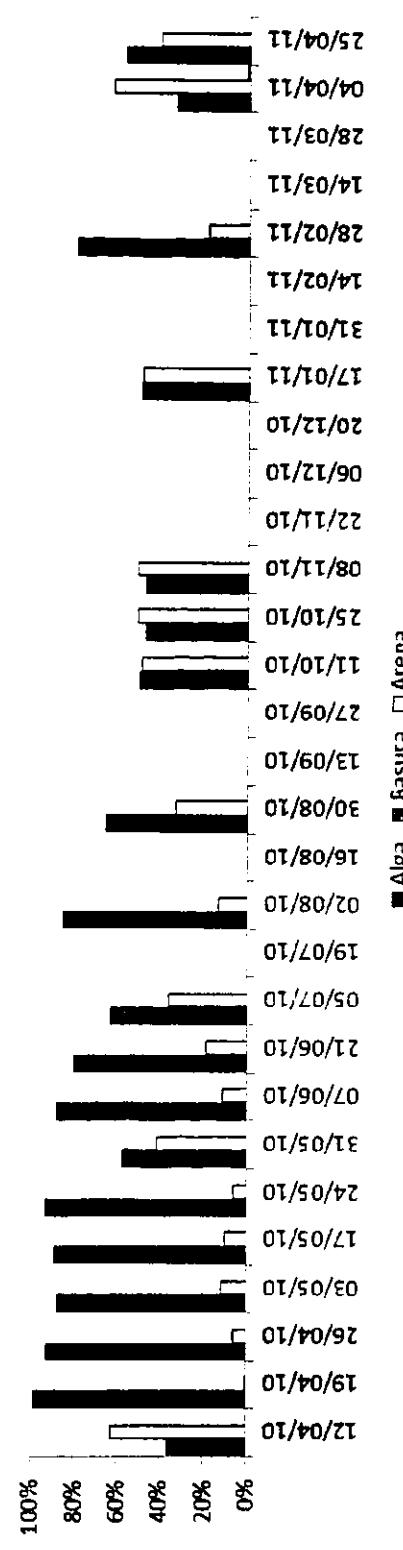


Figura 38. Proporción de desechos obtenidos en la localidad Palapa Sur.

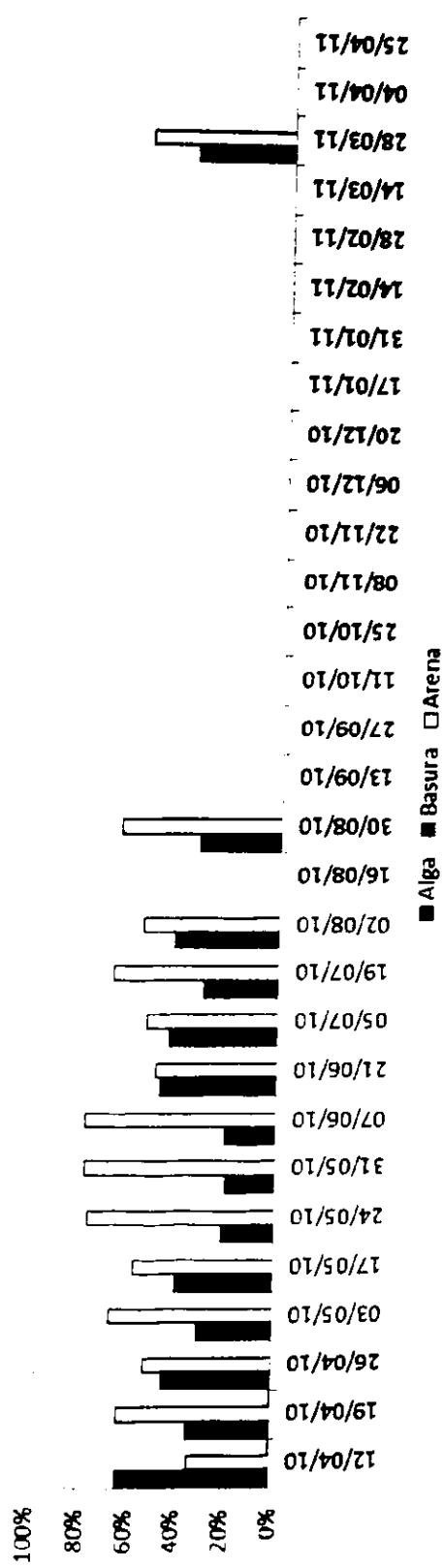


Figura 39. Proporción de desechos obtenidos en la localidad 5 de mayo.

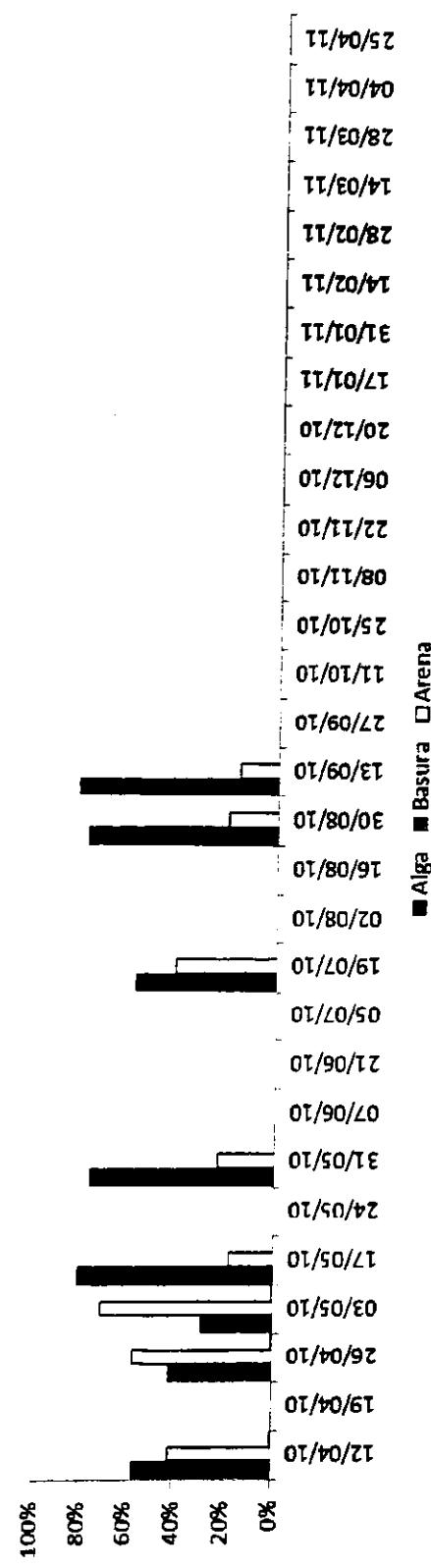


Figura 40. Proporción de desechos obtenidos en la localidad Las Esculturas.

Se consideró el promedio de las proporciones de alga, arena y basura obtenidas en las cuatro localidades, para obtener la proporción quincenal promedio de recolección (Fig. 41).

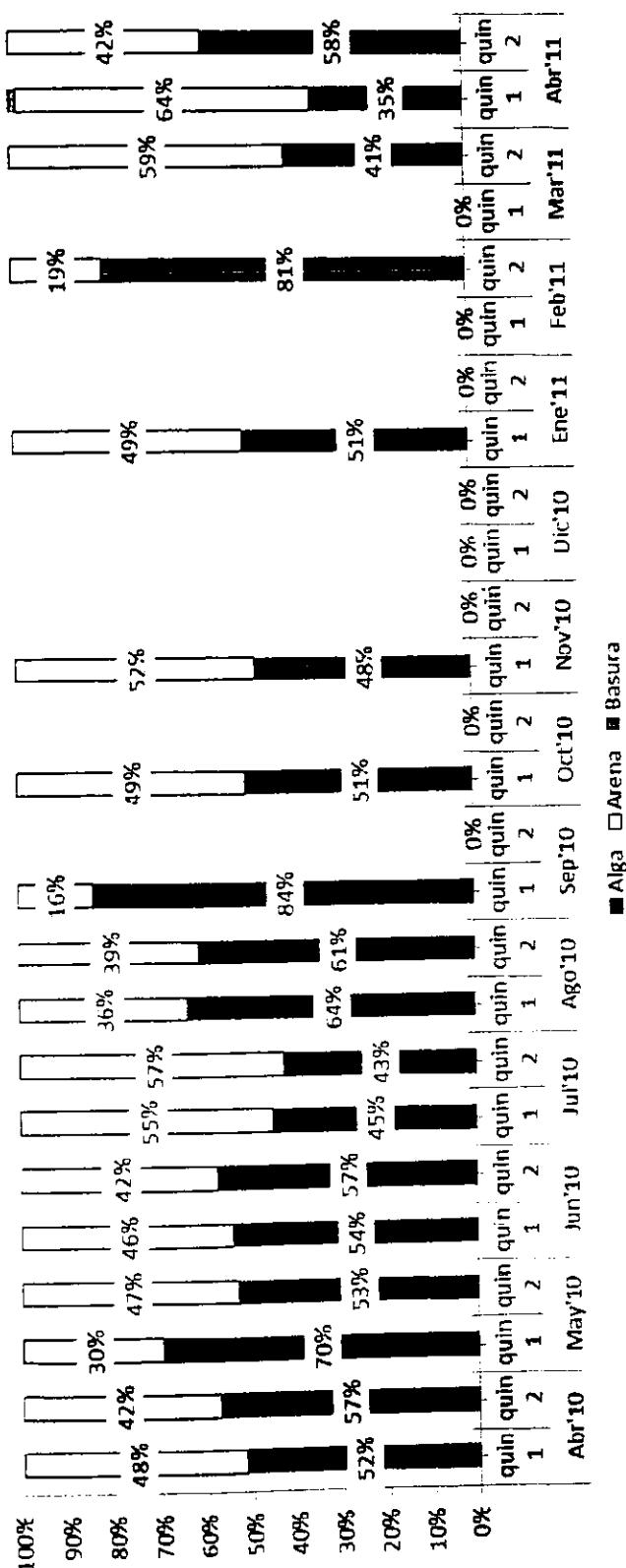


Figura 41. Proporción quincenal de desechos recolectados por el Municipio en el malecón de La Paz, obtenidos en muestreo.

Con los datos de la figura 39 y los formatos de registro de recolección proporcionados por el Municipio, se obtuvo la proporción de arena, alga y basura transportados al basurero (Fig. 42).

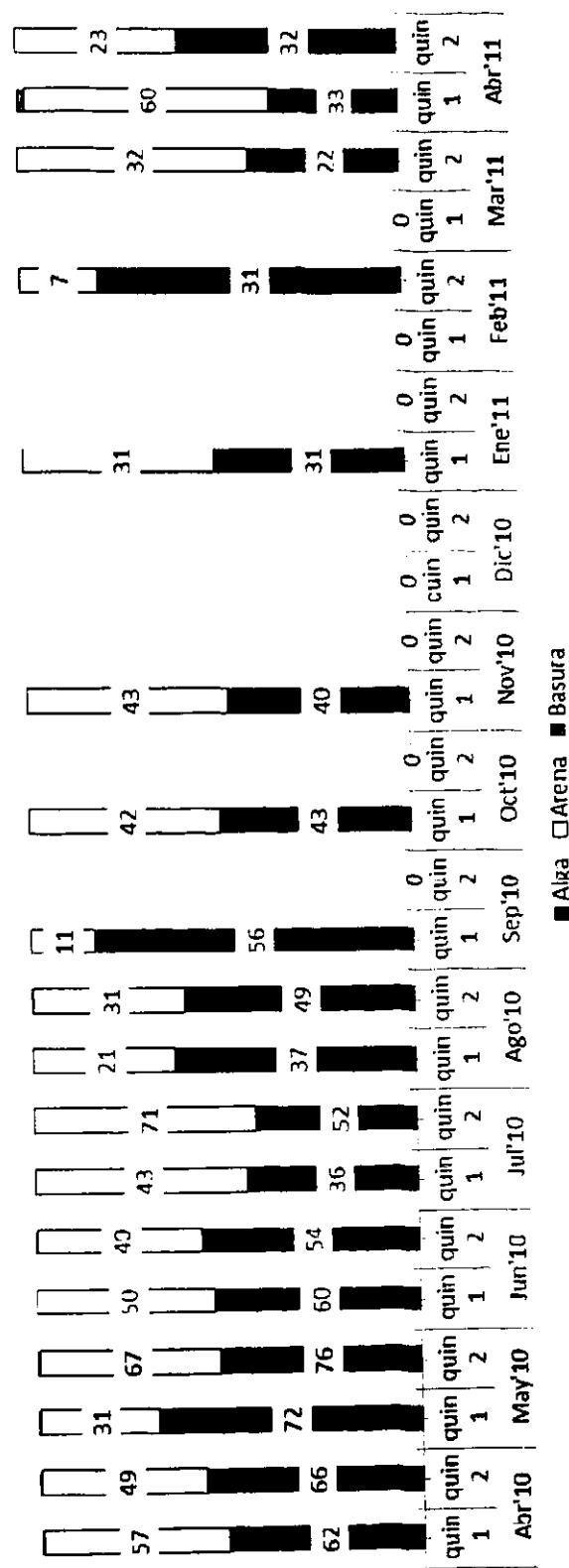


Figura 42. Proporción quincenal de arena, alga y basura recolectados en el malecón por el Municipio en toneladas.

Los resultados obtenidos en el análisis de varianza utilizado para comparar los desechos recolectados en 2009 (2 213 t), 2010 (2 490 t) y 2011 (852 t, enero-abril) por el Municipio de La Paz no mostraron que exista diferencia significativa ($p<0.05$). El año 2011 no se puede comparar porque sólo se tiene información de los meses de enero a abril (Fig. 45).

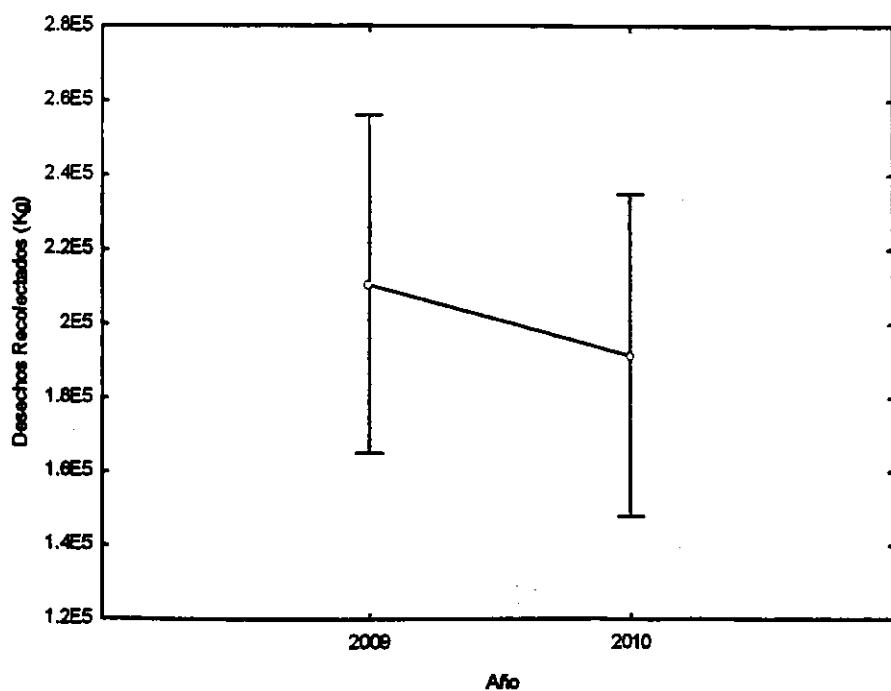


Figura 45. Comparación de los desechos recolectados en 2009 y 2010.

Se realizó la prueba de correlación de Spearman, entre la cantidad de alga varada en el malecón en el período de abril de 2010 a abril de 2011 y la amplitud de marea (Tabla 3), no encontrándose relación significativa ($p>0.05$).

Tabla 3. Prueba de correlación entre la cantidad de alga varada y los niveles de marea

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p < 0.05000		
Variable	NMM	Proporción Alga
NMM (Metros)	1.000000	-0.073801
Proporción Alga	-0.073801	1.000000

Fuente: Resultados obtenidos en programa Statistica.

Asimismo, se llevó a cabo la prueba de correlación entre la cantidad de alga varada en el malecón en el período de abril de 2010 a abril de 2011 y la temperatura superficial (Tabla 4), no encontrándose relación significativa ($p>0.05$).

Tabla 4. Prueba de correlación entre la cantidad de alga varada y la temperatura superficial.

Spearman Rank Order Correlations (Spreadsheet) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p < .05000		
Variable	Temperatura	Recolección Municipio
Temperatura	1.000000	0.045741
Recolección Municipio	0.045741	1.000000

Fuente: Resultados obtenidos en programa Statistica.

Con los valores mensuales totales de desechos (Fig. 36), se realizó el cálculo de la proporción mensual de arena, algas y basura, de acuerdo a los valores de material registrado por el Municipio (Fig. 46).

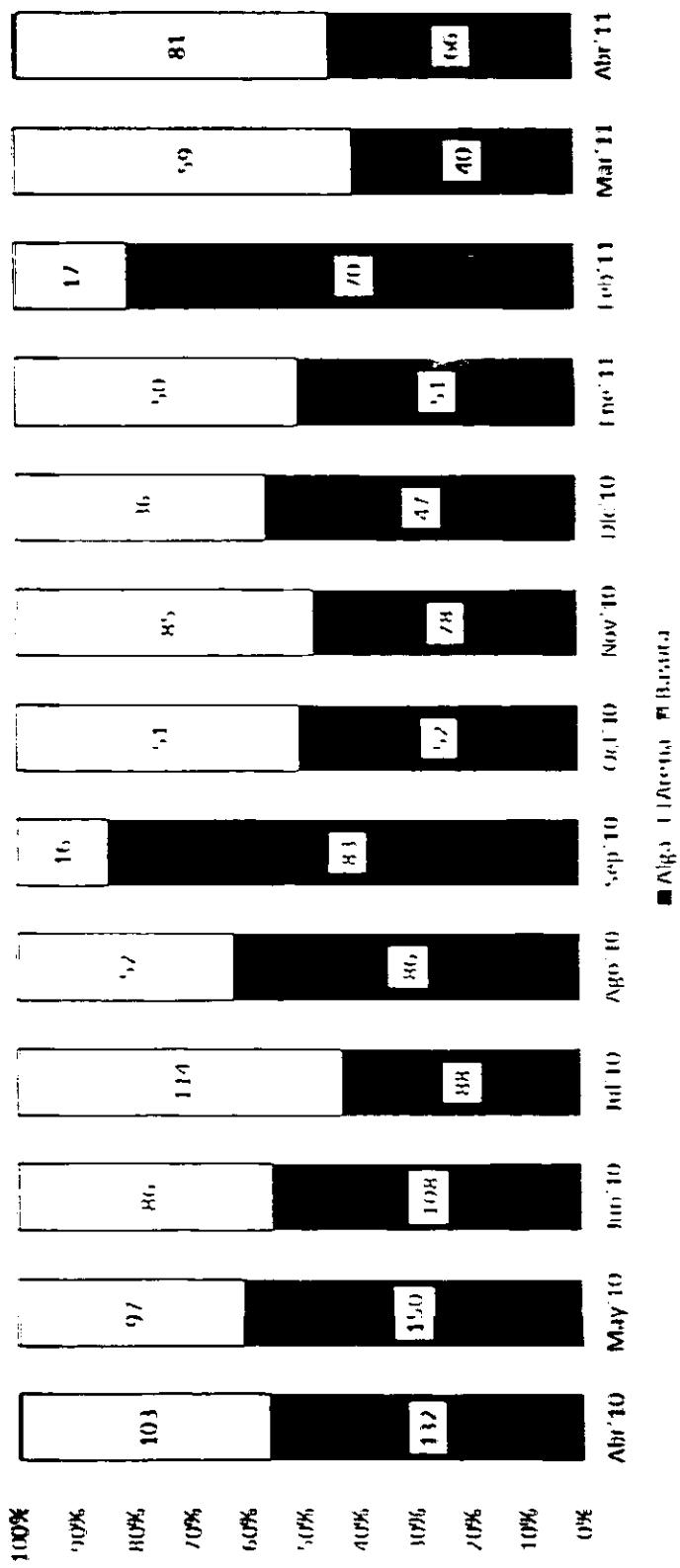


Figura 46. Cantidad de arena, algas y basura mensuales recolectadas por el Municipio de Abril de 2010 a abril de 2011 en toneladas, contrastados con el porcentaje que representan del total recolectado

El programa de limpieza en el malecón se implementó en febrero de 2009. Desde entonces, el Municipio lleva un registro de las cantidades de alga y desecho que son llevados al basurero. Según los registros, cada mes se transportan más de 120 toneladas, lo que equivale a un promedio diario de 4 toneladas.

El muestreo anual llevado a cabo para determinar las cantidades de alga, arena y basura que son transportados al basurero, arrojó que en promedio el 40% del material transportado es arena, siendo la localidad 5 de mayo la que presenta una mayor cantidad de arena (60%), respecto al alga y basura recolectada. El análisis de varianza realizado entre las cantidades de alga y arena recolectadas en cada localidad, confirman lo visto en los datos recabados. La proporción de arena en la localidad 5 de mayo fue mayor ($p<0.05$) con respecto a las localidades de Palapa Norte, Palapa Sur y Las Esculturas. Esto puede deberse a que esa zona del malecón es la de mayor extensión de arena ininterrumpida y por no presentarse piedras ni construcciones que impidan realizar la recolección, ésta es llevada a cabo de manera minuciosa originando que mayor arena sea removida en el proceso.

7.2 Selección de limpiadora de playa

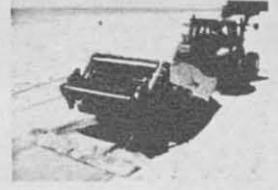
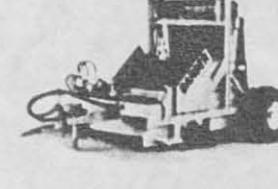
El análisis comparativo de las limpiadoras de playa disponibles en México se muestra en la Tabla 5. Las distintas máquinas fueron evaluadas tomando en cuenta factores como su capacidad, operación, precio, disponibilidad de refacciones y costo de mantenimiento, así como las características de las localidades donde se presentan las algas varadas. El mayor puntaje obtenido en la evaluación fue de 8, en una escala del 1 al 10.

7.2 Selección de limpiadora de playa

Tabla 5. Análisis comparativo de limpiadoras de playa disponibles en México.

Marca	Modelo	Recorrido (km ² /h)	Capacidad (m ³)	Ancho de Función (m)	Operación			Precio (MDP)	Refacciones	Mantenimiento	Tipo de playa	No. de viajes	Tiempo de limpieza (Horas)	Observaciones	Evaluación	Imagen	
					Capacitación	Distribuidor	Transporte										
Beach-tech	3000	30	5.20	2.5	Servicios de capacitación, consultoría. Cursos y talleres a clientes para la optimización en el uso, mantenimiento y reducción de costos.	México	Tractor incluido	2.6	2.63	Disponibles	Mínimo (menos del 5-7% el costo inicial del equipo)	Grande	6	2.67	Modelo con más alta capacidad de carga y 2 cribas para menor recolección de arena.	8	
Beach-tech	Marina	15	1.50	1.76	Servicios de capacitación, consultoría. Cursos y talleres a clientes para la optimización en el uso, mantenimiento y reducción de costos.	México	Integrado	2.6	2.43	Disponibles	Mínimo (menos del 5-7% el costo inicial del equipo)	Pequeña-mediana	20	7.47	Modelo multifuncional con vehículo integrado. Requiere descargas constantes	6	
Beach-tech	2000	20	1.50	1.8	Servicios de capacitación, consultoría. Cursos y talleres a clientes para la optimización en el uso, mantenimiento y reducción de costos.	México	Tractor 4x4	2.6	1.98	Disponibles	Mínimo (menos del 5-7% el costo inicial del equipo)	Pequeña-mediana	20	7.41	Muy poca capacidad. Requiere descargas constantes	6.5	
Beach-tech	2800	30	2.70	2.5	Servicios de capacitación, consultoría. Cursos y talleres a clientes para la optimización en el uso, mantenimiento y reducción de costos.	México	Tractor 4x4	1.6	2.26	Disponibles	Mínimo (menos del 5-7% el costo inicial del equipo)	Grande	11	4.43	Solución más económica. Sólo cuenta con una criba y menor capacidad.	6.5	
Beach-tech	Sweepy-hidro	4	0.80	1.05	Servicios de capacitación, consultoría. Cursos y talleres a clientes para la optimización en el uso, mantenimiento y reducción de costos.	México	No requerido	0	0.25	Disponibles	Mínimo (menos del 5-7% el costo inicial del equipo)	Pequeña	38	13.72	Insuficiente para la cantidad de algas varadas en el malecón	2	

Tabla 5. Análisis comparativo de limpiadoras de playa disponibles en México (Continuación).

Modelo	Recorrido (km ² /h)	Capacidad (m ³)	Ancho de Función (m)	Operación				Precio (MDP)	Refacciones	Mantenimiento	Tipo de playa	No. de viajes	Tiempo de limpieza (Horas)	Observaciones	Evaluación	Imagen
				Capacitación	Distribuidor	Transporte	Descarga (m)									
Magnum Evolution	11	2.00	2.3	Especificada en manual otorgado con la maquinaria	España	Tractor 4x4	2.5	1.30	Disponibles	Mínimo	Grande	15	5.88	De acuerdo a la competencia los dedos con que se realiza la recolección son débiles y el alga suele enredarse, dificultando la limpieza.	5.5	
Runner Evolution	11	1.50	1.85		España	Tractor 4x4	2.5	1.25	Disponibles	Mínimo	Grande	20	7.53	De acuerdo a la competencia los dedos con que se realiza la recolección son débiles y el alga suele enredarse, dificultando la limpieza.	4.5	
600HD	13	2.30	2.1	Sólo manual con la garantía de la maquinaria	EUA	Tractor 4x4	2.75	1.91	Disponibles	No especificado por el proveedor	Pequeña-mediana	13	5.19	Poca capacidad, insuficiente para los volúmenes presentados en el malecón.	2.5	
400HD	13	1.52	1.8	Sólo manual con la garantía de la maquinaria	EUA	Tractor 4x4	2.75	1.27	Disponibles	No especificado por el proveedor	Pequeña-mediana	20	7.40	Poca capacidad, insuficiente para los volúmenes presentados en el malecón.	2.3	

Fuente: Elaboración Propia. Con información de las empresas dedicadas a la producción y venta de limpiadoras de playa en México.

Tabla 5. Análisis comparativo de limpiadoras de playa disponibles en México (Continuación).

Modelo	Recorrido (km ² /h)	Capacidad (m ³)	Ancho de Función (m)	Operación				Precio (MDP)	Refacciones	Mantenimiento	Tipo de playa	No. de viajes	Tiempo de limpieza (Horas)	Observaciones	Evaluación	Imagen
				Capacitación	Distribuidor	Transporte	Descarga (m)									
400	13	0.75	1.8	Sólo manual con la garantía de la maquinaria	EUA	Tractor 4x4	0	0.62	Disponibles	No especificado por el proveedor	Pequeña-mediana	40	14.09	Poca capacidad, insuficiente para los volúmenes presentados en el malecón.	1.6	

Fuente: Elaboración Propia. Con información de las empresas dedicadas a la producción y venta de limpiadoras de playa en México.

Diseño de dispositivo para la recolección de algas varadas

Tomando en cuenta la posibilidad de seguir con el mismo proceso de limpieza, a fin de no afectar a los trabajadores incurriendo en costos sociales y atendiendo a la necesidad de evitar transportar arena, se recomienda cernir el alga recolectada para deshacerse del exceso de arena. Para dar solución a la problemática, se diseñó un dispositivo de cribado.

El dispositivo diseñado para la recolección de algas en el malecón de La Paz, consiste en una cama de cribado de una malla de 1 cm, colocada sobre un sistema de resortes, integrada en una base (Fig. 47). Los resortes brindan vibración para retirar la arena de las algas recolectadas. El alga contenida en las carretillas será descargada en la malla de cribado, antes de ser desecharadas evitando transportar arena. El dispositivo estará unido a una cuatrimoto, la cual recorrerá la playa mientras se realiza la limpieza.

7-3 Elaboración de los componentes

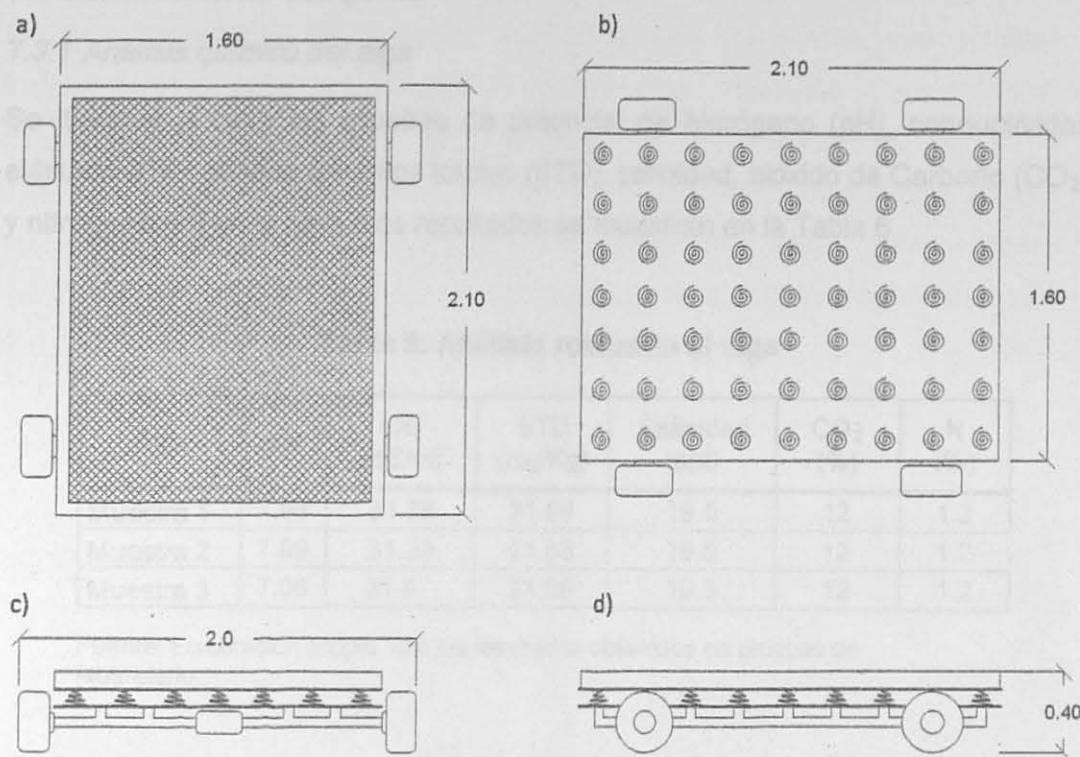


Figura 47. Dispositivo de cribado. a) Cama de cribado; b) Sistema de resortes; c) Base, vista frontal; d) Base, vista lateral. Acotación en metros.

Fuente: Elaboración propia.

En la elaboración de los componentes de la máquina se utilizaron materiales que establecieron las dimensiones con una relación C/N (fig. 47). Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Tabla 7. Materiales utilizados para la elaboración de los componentes

Material	Relación C/N		Peso
	C/N	C/N + Peso	
Mástiles horizontales	1.01	0.20	
Alga (Uva)	1.01	0.381	
Estimulador	1.01	0.200	
Pasta (Resina) para	7.61	0.120	
Azúcar	5.001	0.002	0.00

7.3 Elaboración de composta

7.3.1 Análisis químico del alga

Se llevaron a cabo las pruebas de potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (STD), salinidad, bióxido de Carbono (CO_2) y nitrógeno (N) en el alga. Los resultados se muestran en la Tabla 6.

Fuente: Elaboración propia, con los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio.

Tabla 6. Análisis realizado al alga

Alga	pH	CE (dS/m)	STD (mg/Kg)	Salinidad (ppt)	CO_2 (%)	N (%)
Muestra 1	7.08	31.38	21.66	19.5	12	1.2
Muestra 2	7.09	31.39	21.65	19.5	12	1.2
Muestra 3	7.08	31.4	21.66	19.5	12	1.2

Fuente: Elaboración propia, con los resultados obtenidos en pruebas de laboratorio.

7.3.2 Montaje de materiales a compostar

Con base en los resultados de laboratorio obtenidos de la composición de cada material, se establecieron las compostas con una relación C/N final de 36.7. Los materiales utilizados fueron los siguientes:

Tabla 7. Materiales usados para la elaboración de la composta

Material	Relación C/N	Proporción de aportación	Balance (C/N * Proporción)	Peso (en kg)
Restos agrícolas	12:1	0.204	2.5	88
Alga (<i>Ulva</i>)	10:1	0.361	3.6	150
Estiércol seco	50:1	0.240	12.0	100
Pasto Taiwán seco	70:1	0.180	12.6	75
Aserrín	500:1	0.012	6.0	5

El alga se cosechó el día en que se montó la composta (Fig. 48). La metodología utilizada para elaborar la composta fue la de pilas de Indore, que consiste principalmente en apilar las mezclas de los desechos orgánicos (algas marinas) sobre el suelo, sobreponiendo capas de cada uno de los materiales (Fig. 49) y también se utilizaron biorreactores. La elaboración de la composta se llevó a cabo en el campo experimental del CIBNOR y el monitoreo de la temperatura se realizó mediante un prototipo de medición automatizado de temperaturas, los sensores se colocaron en cada pila y biorreactor (Fig. 50).



Figura 48. Cosecha del alga.



Figura 49. Elaboración de la composta.



Figura 50. Pilas y biorreactores de composta conectados al sensor de medición de temperatura.

7.3.3 Pruebas de laboratorio

Los valores de potencial de hidrógeno (pH) en extracto de saturación, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), amonio (NH_4), nitratos (NO_3), nitritos (NO_2), magnesio (Mg), potasio (K), manganeso (Mn), sodio (Na) y calcio (Ca) y análisis de metales pesados, cobre (Cu), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), plomo (Pb), Cadmio (Cd) y Níquel (Ni) de la composta se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Promedios y resultados de la prueba de grupos homogéneos de Fisher (LSD) ($P<0.05$) de elementos químicos y metales pesados determinados en extractos de composta de tratamientos en Pila y Biorreactor

Parámetro	Pila	Biorreactor	NMX
pH	8a±0.18	8a±0.1	5.5-8.5
CE (mS/cm)	12b±0.4	20.5a±0.3	<4
MO (%)	28b±3.4	37a±3.0	20-50
N (%)	1.3b±0.0	1.9a±0.1	-
NH_4	236b±48.0	307a±41.6	
NO_3	6.3b±5.2	16a±15.6	
NO_2	0.11b±0.0	0.13a±0.1	
Mg (mg/Kg)	713.6b±72.0	5604a±6629.0	
K (mg/Kg)	10698b±709.0	18539a±951.2	
Na (mg/Kg)	3987b±159	4988a±599.8	
Ca (mg/Kg)	1472b±110.0	2308a±111.8	
Cobre (Cu)	2.6b±0.1	3.4a±0.4	100
Manganeso (Mn)	0.8a±0.2	0.9a±0.3	-
Zinc (Zn)	1.8a±0.0	1.3b±0.1	200
Plomo (Pb)	0.40b±0.1	1.1a±0.2	100
Cadmio (Cd)	0.2a±0.1	0.3b±0.1	2
Níquel (Ni)	0.5b±0.2	1.5a±0.7	20

La columna de NMX corresponde a valores límites permitidos en la NMX-FF-109-SCFI-2008. Mismas literales por fila denotan igualdad estadística. Se presenta el promedio ($n=3$) y su desviación estándar.

7.3.4 Pruebas de germinación

Porcentaje total de germinación y tasa de germinación

Los resultados de las semillas de rábano germinadas en extractos de compostas de cada tratamiento, muestran diferencias significativas entre tratamientos. De forma decreciente, el mayor porcentaje de germinación total se presentó para el grupo control (agua destilada), después las pilas y por último los biorreactores (Fig. 51). La tasa de germinación muestra los mismos resultados que el porcentaje total de germinación, mientras que para el segundo día el 6% del total de semillas de rábano habían germinado para ese mismo tiempo la germinación de los tratamientos de pila y biorreactores no alcanzaba el 10%. El grupo control alcanzó su máximo porcentaje de germinación a los 3 días, el tratamiento de pilas y biorreactores hasta los 11 días (Fig. 52).

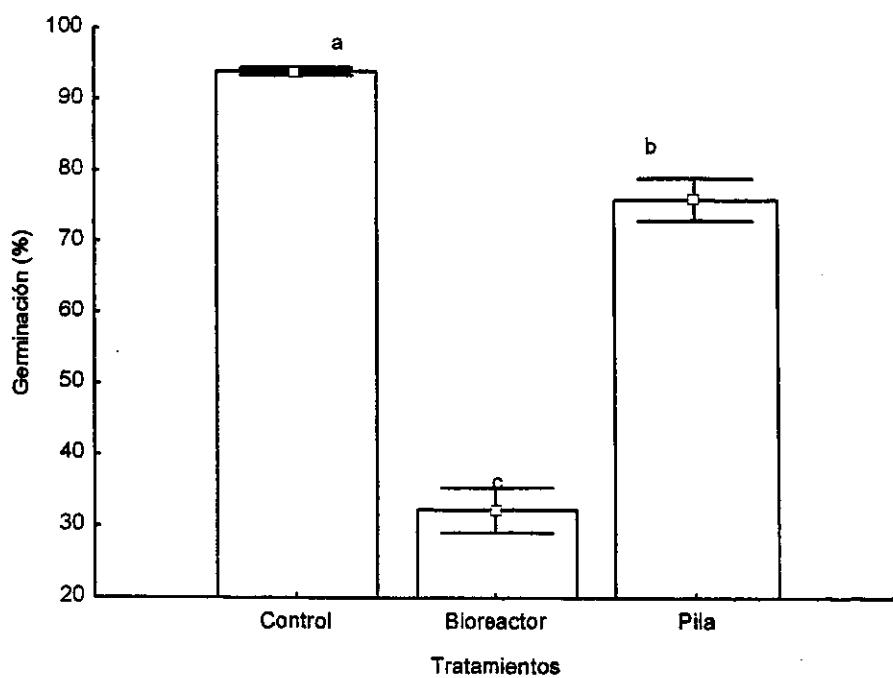


Figura 51. Porcentaje de germinación total de semillas de rábano germinadas en extractos de compostas obtenida de los diferentes tratamientos para su elaboración. Se utilizó un grupo control con agua destilada. Las barras verticales indican el error estándar de la muestra. Diferentes literales indican diferencia estadística.

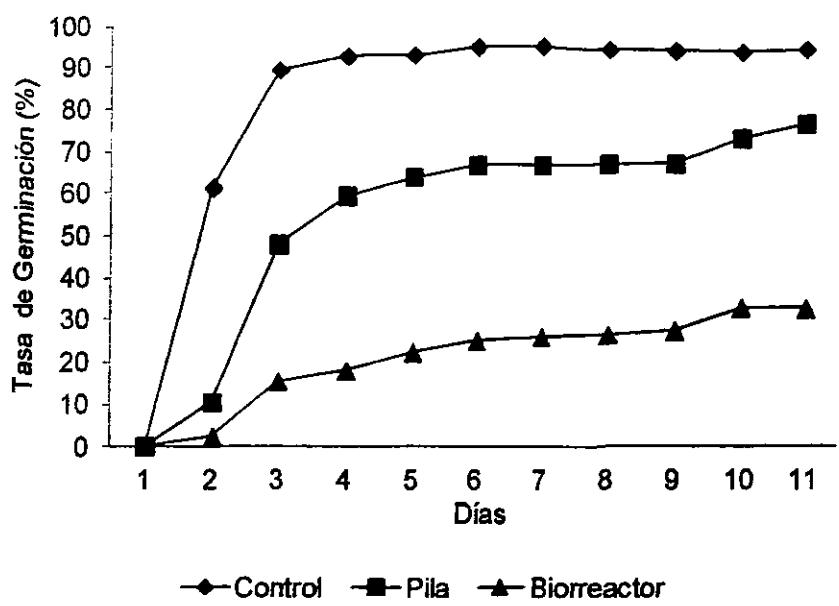


Figura 52. Tasa de germinación en número de semillas de rábano germinadas por día en extractos de compostura.

Porcentaje total de germinación y tasa de germinación

Los resultados del índice de germinación mostraron diferencias significativas entre los tratamientos, correspondiendo el mayor valor al grupo control, posteriormente a la composta en pilas y por último a los biorreactores (Fig. 53)

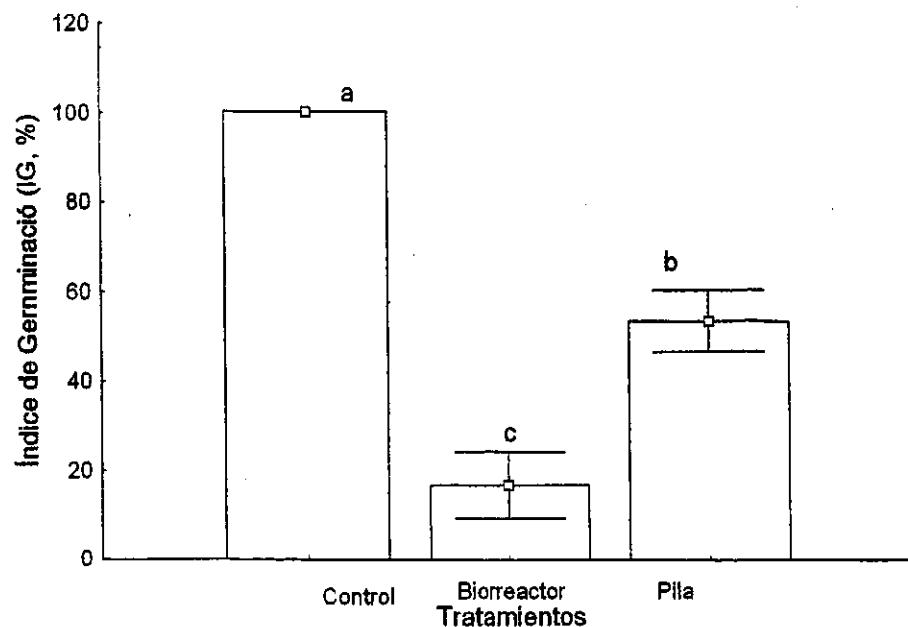


Figura 53. Índice de germinación de semillas de rábano germinadas en extractos de composta obtenidos de los diferentes tratamientos. Las barras verticales indican el error estándar de la muestra. Diferentes literales indican diferencia estadística.

7.3.5 Prueba Solvita

Las pruebas realizadas para pilas de compostaje y biorreactores utilizando los geles reactivos de Solvita observaron para el caso del CO₂ un número de 8 y para NH₃ de 5, dando como resultado un índice de madurez de 8 según la guía de solvita (Solvita 2009) (Tabla 9, Fig. 54).

Tabla 9. Índice para el cálculo de madurez de composta de Solvita

		SOLVITA Carbon Dioxide Test Result is:								
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Solvita Ammonia Test Result is:	5	VLow / No NH ₃	1	2	3	4	5	6	7	8
	4	Low NH ₃	1	2	3	4	5	6	7	8
	3	Medium NH ₃	1	1	2	3	4	5	6	7
	2	High NH ₃	1	1	1	2	3	4	5	6
	1	Very High NH ₃	1	1	1	1	1	2	3	4

Fuente: Guía de usuario para la utilización de geles Solvita.

Composta obtenida con algas: NH₃=5 y CO₂=8; el índice de madurez resultó 8.

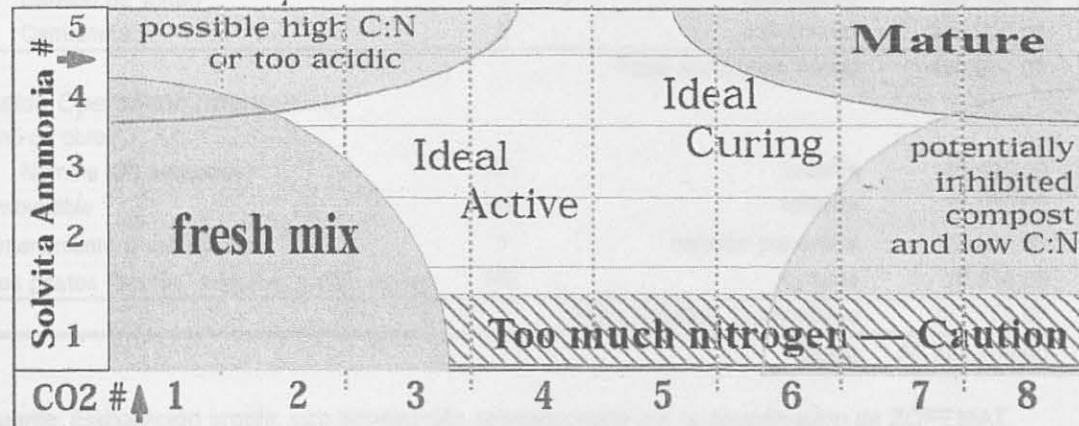


Figura 54. Status del proceso de compostaje.

La composta elaborada con algas: NH₃=5 y CO₂=8; composta madura.

7.4 Impacto en el bienestar social logrado con el proyecto

7.4.1. Análisis de costos del proceso de limpieza y planta de compostaje

Los costos en que incurre el Municipio por la recolección y transporte de las algas al basurero se muestran en la Tabla 10. Además, se calcularon los costos en que se incurría si se adquiere maquinaria para llevar a cabo la limpieza de la playa (Tabla 11). Asimismo, con el fin de evitar el despido del personal del Municipio, se planteó la posibilidad de utilizar un dispositivo de cribado que evita la recolección y transportación de arena al basurero (Tabla 12).

Tabla 10. Costos del Municipio por la recolección de algas

Concepto	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo total
<i>Inversión Inicial</i>			
Herramientas y equipo			
Pala	10	200.00	2,000.00
Horquilla	10	180.00	1,800.00
Araña	5	150.00	750.00
Carretilla	4	350.00	1,400.00
Cuatrimoto	1	40,000.00	40,000.00
Pick up	1	252,000.00	252,000.00
Trascabo (pala cargadora)	1	600,000.00	600,000.00
Camión de volteo	1	250,000.00	250,000.00
Camioneta	1	338,000.00	338,000.00
Total Inversión Inicial			1,485,950.00
<i>Costos Operativos (mensuales)</i>			
Mano de obra			
Nómina (60 personas)	NE	variable	179,000.00
Combustible	NE	variable	19,000.00
Mantenimiento a vehículos	1	revisión preventiva	12,833.33
Otros gastos (llantas, seguros, palas, agua)	NE	variable	26,916.67
Total Costos Operativos			237,750.00
Total			\$1,723,700.00

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por la coordinación de ZOFEMAT.

Tabla 11. Costos en que se incurría con la adquisición de maquinaria para la recolección de algas

Concepto	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo
<i>Inversión Inicial</i>			
Herramientas y equipo			
Limiadadora de playa	1	2,630,000.00	2,630,000.00
Horquilla	5	220.00	1,100.00
Arañas	3	150.00	450.00
Carretilla	1	350.00	350.00
Camión de volteo	1	250,000.00	250,000.00
Pick up	1	252,000.00	252,000.00
Total Inversión Inicial			3,133,900.00
Costos Operativos (mensuales)			
Mano de obra			
Nómina (11 personas)	NE	variable	32,816.67
Combustible	NE	variáble	19,000.00
Mantenimiento a vehículos	1	revisión preventiva	20,662.50
Otros gastos (llantas, seguros, palas, agua)	NE	variable	26,916.67
Total Costos Operativos			99,395.83
Total			\$3,233,295.83

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Costos en que se incurría con la incorporación del dispositivo de cribado para la recolección de algas

Concepto	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo total
<i>Inversión Inicial</i>			
Herramientas y equipo			
Dispositivo para cribar el alga	3	50,000.00	150,000.00
Pala	10	200.00	2,000.00
Horquilla	10	180.00	1,800.00
Arañas	5	150.00	750.00
Carretillas	4	350.00	1,400.00
Cuatrimoto	1	40,000.00	40,000.00
Pick up	1	252,000.00	252,000.00
Trascabo (pala cargadora)	1	600,000.00	600,000.00
Camión de volteo	1	250,000.00	250,000.00
Camioneta	1	338,000.00	338,000.00
Total Inversión Inicial			1,635,950.00
Costos Operativos (mensuales)			
Mano de obra			
Nómina (60 personas)	NE	variable	179,000.00
Combustible	NE	variable	19,000.00
Mantenimiento a vehículos	1	revisión preventiva	12,833.33
Otros gastos (llantas, seguros, palas, agua)	NE	variable	26,916.67
Total Costos Operativos			237,750.00
Total			\$1,873,700.00

Fuente: Elaboración propia.

Planta de compostaje

Aunque se estimó que se podrían obtener 119 toneladas de composta con la cantidad de algas varadas, se decidió hacer el cálculo para una producción de 75 toneladas mensuales (Tabla 13).

**Tabla 13. Costos de inversión y operación de una planta de compostaje
(Cap. 75 t/mes)**

Concepto	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo total
<i>Inversión Inicial</i>			
<i>Diseño, construcción y trámites</i>			
Trámites, permisos y seguros	1	\$55,000.00	\$55,000.00
Acondicionamiento del área	1	\$200,000.00	\$200,000.00
<i>Herramientas y equipo</i>			
Equipo de oficina	1	\$26,500.00	\$26,500.00
Pala	10	\$200.00	\$2,000.00
Horquilla	10	\$180.00	\$1,800.00
Carretilla	4	\$350.00	\$1,400.00
Cubeta de 20 lt	750	\$50.00	\$37,500.00
Termómetros	900	\$100.00	\$90,000.00
Báscula	5	\$150.00	\$750.00
Computadora	3	\$10,000.00	\$30,000.00
Trascabo	1	\$600,000.00	\$600,000.00
Pick up	1	\$252,000.00	\$252,000.00
Camioneta	1	\$338,000.00	\$338,000.00
Total Inversión Inicial			\$1,634,950.00
<i>Costos Operativos (mensuales)</i>			
<i>Mano de obra</i>			
Nómina (50 personas)	NE	variable	\$179,000.00
<i>Insumos</i>			
Restos agrícolas (toneladas)	29	\$612.90	\$18,058.76
Alga (<i>Ulva</i>) (toneladas)	50	\$612.90	\$30,781.97
Estiércol seco (toneladas)	33	\$612.90	\$20,521.31
Pasto Taiwan seco (toneladas)	25	\$1,714.29	\$43,048.47
Aserrín (toneladas)	2	\$23,330.00	\$39,056.92
Agua (m ³)	368	\$109.53	\$40,340.29
<i>Combustible</i>			
Mantenimiento a vehículos	1	revisión preventiva	\$10,000.00
Otros gastos	NE	variable	\$323,000.00
Total Costos Operativos			\$931,807.72
Total			\$2,566,757.72

Se realizó un análisis comparativo de los costos (del primer año) que implican los tres escenarios evaluados: la situación actual, la adquisición de una maquinaria limpiadora de playa y la construcción de un dispositivo de cribado (Tabla 14).

Tabla 14. Cuadro comparativo de costos de los escenarios evaluados

Costos	Escenarios		
	Situación actual	Propuesta 1: Limpiadora de Playa	Propuesta 2: Dispositivo de cribado
Proceso de Limpieza			
Inversión inicial	\$1.485,950.00	\$3.133.900.00	\$1.635,950.00
Costos Operativos	\$2.853.000.00	\$1.192.750.00	\$2.853.000.00
Planta de compostaje (75 toneladas)			
Inversión inicial		\$1.634.950.00	
Costos Operativos		\$11.181.692.62	
Total	\$17.155.592.62	\$17.143.292.62	\$17.305.592.62

Fuente: Elaboración propia.

7.4.2. Estimación del beneficio social logrado con la limpieza y aprovechamiento de las algas marinas

Análisis descriptivo de la encuesta de valoración contingente

La encuesta se dividió en 3 secciones: I. Planteamiento del problema y la solución, II. Uso y valor del recurso y servicio ambiental y III. Aspectos socioeconómicos.

En el apartado *Uso y valor del recurso y servicio ambiental*, la encuesta reveló que el 37% de las personas que asisten al malecón de La Paz lo hacen para caminar, 19% para ver el atardecer, 17% asiste a los eventos, 16% no asiste seguido por el malecón y 11% pasa de camino al trabajo o porque asiste a algún establecimiento o comercio ubicado en la zona. Derivado de lo anterior, para la pregunta sobre la importancia que asignan a que el malecón se encuentre libre de algas (0 poco

importante, 10 muy importante), se obtuvo un promedio de 8.47, lo que revela que para la población sí es importante que el malecón se encuentre libre de algas y el olor que despiden. El mayor beneficio percibido con la implementación del programa es la eliminación de olores en el malecón de La Paz, seguido de la generación de empleos. Por el contrario, el beneficio que manifiesta menor importancia para los encuestados es evitar el relleno con arena del malecón, seguido de la disminución de la contaminación en el basurero. Además, 30% de los encuestados manifestaron saber el uso potencial de las algas como composta y un 98% expresó estar de acuerdo con la creación del programa, obteniendo éste una calificación promedio de 8.87.

De las 390 personas que conformaron la base de datos, el 57% de los encuestados revelaron estar de acuerdo en cooperar para la creación e implementación del programa. Del 43% que no estuvo de acuerdo en cooperar, manifestaron los siguientes motivos: el 45% establece que ya paga demasiados impuestos, 37% que percibe poco ingreso, 5% que la iniciativa privada debería encargarse y el 13% estableció otra razón, como que fuera una cuota voluntaria o que se administrara mejor lo recaudado actualmente por el Municipio para llevar a cabo el proyecto (Figs. 55 y 56).

Respecto al vehículo de pago, el 57% de los entrevistados prefirió que el cobro se hiciera a través del medio que para la realización, el 32% de los encuestados manifestó llevar a cabo en contra de lo establecido en el programa 30 que optó por la administración de la administrar lo mismo.

Si DAP, 57%

No DAP,
43%

Análisis de base de datos

■ No DAP ■ Si DAP

Se utilizó el programa

de agas y el uso de los mismos como medida. Poco a la realización, se

Figura 55. Proporción de la Disposición A Pagar (DAP).

Fuente: Elaboración propia, con resultados obtenidos en encuestas

comiendo el modelo de respuesta de los datos, se obtuvo las que no fueron significativas a un nivel de confianza del 95%. Los resultados que se obtuvieron, en donde aquellos que mejoran mejor es motivo, resultaron ser:

Motivo Otro, 13%

Iniciativa privada,
5%

Impuestos

Calificación

de pago

Urgencia

al momento

Poco ingreso o no
tiene dinero, 37%

Demasiados
impuestos, 45%

■ Demasiados impuestos

■ Poco ingreso o no tiene
dinero

■ Iniciativa privada

Figura 56. Proporción de la negación a la Disposición A Pagar (DAP).

Fuente: Elaboración propia, con resultados obtenidos en encuestas

Respecto al vehículo de pago, el 51% de los entrevistados prefirió que el cobro se hiciera a través del recibo del agua para la recaudación, el 32% de los encuestados manifestó estar de acuerdo en que la administración del programa se llevara a cabo en conjunto por el gobierno y un comité ciudadano, cerca del 29% que optó por la alternativa de que fuera la ciudadanía quien se encargara de administrar lo recaudado para ser destinado al programa.

Análisis de base de datos

Se utilizó el programa E-views para estimar el valor económico del malecón libre de algas y el uso de las mismas como composta. Previo a la modelización, se realizó la codificación de las variables. Se empleó un modelo lineal de elección discreta binaria *logit*. Se evaluaron las variables arrojadas de la encuesta, corriendo el modelo con cada una de ellas y descartando las que no resultaron significativas a un nivel de confianza del 95%. Las variables significativas, es decir aquellas que explican mejor el modelo, resultaron ser:

- *Montodap*: Cantidad que está dispuesto a pagar el encuestado (\$5-50).
- *Ingreso*: Ingreso mensual promedio en el hogar del encuestado.
- *Vehpago*: la forma en que será recaudado lo destinado al programa de limpieza/compostaje (1: pago en el recibo del agua; 0: otro modo).
- *Califprograma*: la calificación que asignan a la implementación del programa de limpieza/compostaje (escala del 1 al 10).
- *Usoalgas*: si las personas saben que las algas pueden ser aprovechadas para elaborar composta (1: Sí sabe; 0: No sabe).
- *Anoescolar*: años de escolaridad cursados.

Los resultados del modelo con dichas variables se muestran a continuación:

Tabla 15. Estimaciones del modelo con las variables iniciales

Variable (X_i)	Coeficiente (β_i)	Error estándar	z-Statistic	Prob	e^β
MontoDAP	-0.025212	0.009122	-2.763728	0.0057	0.9751
Vehpago	2.087151	0.251318	8.304803	0.0000	8.0619
Califprograma	0.574281	0.130215	4.410251	0.0000	1.7758
Usoalgas	0.592319	0.286768	2.065499	0.0389	1.8082
Anoescolar	0.055231	0.029294	1.885374	0.0594	1.0568

Fuente: Elaboración propia.

La interpretación de los coeficientes estimados en los Modelos Lineales de Probabilidad (MLP) es la misma que la del Modelo Lineal General, recogiendo el valor del parámetro el efecto de una variación unitaria en cada una de las variables explicativas sobre la probabilidad de ocurrencia del acontecimiento objeto de estudio. Así, si se produce un incremento de una unidad en la variable explicativa X_{1i} , ese aumento provocaría una variación igual a β_1 en la probabilidad f_i . (Medina, 2003). Así, el coeficiente de *montoDAP* es negativo, ya que de acuerdo a la teoría económica la función de demanda presenta una pendiente negativa, lo que significa que al incrementar en una unidad el monto a pagar para llevar a cabo el programa, la probabilidad de obtener una respuesta afirmativa disminuye en un 2.5% (Tabla 15).

Debido a la gran diferencia presentada en el ingreso mensual que perciben los encuestados (\$2,500 - \$65,000), fue necesario categorizar la variable en *dap3minalto* (ingresos altos, 3 salarios mínimos o más) y *dap3minbajo* (ingresos bajos, menos de 3 salarios mínimos).

Las variables se definieron de la siguiente manera:

Dap3minalto = *montodap*yaltos*; *yaltos* (1: ingreso mensual \geq 3 salarios mínimos; 0: ingreso mensual < 3 salarios mínimos).

Dap3minbajo = *montodap*ybajos*; *ybajosalto* (1: ingreso mensual < 3 salarios mínimos; 0: ingreso mensual \geq 3 salarios mínimos).

Al correr el modelo con la categorización, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. Estimaciones del modelo con el ingreso categorizado a 3 salarios mínimos.

Variable (X_i)	Coeficiente (β)	Error estándar	z-Statistic	Prob	e^β
Dap3minalto	-0.026549	0.009138	-2.905482	0.0037	0.9738
Dap3minbajo	-0.001084	0.018612	-0.058269	0.9535	0.9989
Vehpago	2.095975	0.256735	8.163954	0.0000	8.1334
Califprograma	0.579291	0.130723	4.431439	0.0000	1.7848
Usoalgas	0.575812	0.294063	1.958125	0.0502	1.7786
Anoescolar	0.067570	0.031058	2.175607	0.0296	1.0699

Fuente: Elaboración propia.

A pesar de obtener buenos estadísticos en la mayoría de las variables, el modelo debe descartarse por no resultar significativa la variable *dap3minbajo*. Se categorizó el ingreso, esta vez considerando 4 salarios mínimos; *dap4minalto* (ingresos altos, aquellas personas encuestadas que ganan 4 salarios mínimos o más) y *dap4minbajo* (ingresos bajos, aquellas personas encuestadas que ganan menos de 4 salarios mínimos) (Tabla 17).

Tabla 17. Estimaciones del modelo con el ingreso categorizado a 4 salarios mínimos

Variable (X_i)	Coeficiente (β_i)	Error estándar	z-Statistic	Prob	e^{β}
Dap4minalto	-0.023285	0.009288	-2.506909	0.0122	0.9770
Dap4minbajo	-0.032258	0.011903	-2.709963	0.0067	0.9683
Vehpago	2.084633	0.255316	8.164929	0.0000	8.0416
Califprograma	0.571402	0.131017	4.361286	0.0000	1.7707
Usoalgas	0.630310	0.294687	2.138913	0.0324	1.8782
Anoescolar	0.045692	0.031531	1.449116	0.1473	1.0468

Fuente: Elaboración propia. Todas las variables significativas al 5%.

Al correr el modelo con la categorización del ingreso a 4 salarios mínimos, la Dapalta y Dapbaja resultan significativas al 5%; sin embargo, a pesar de que la variable *anoescolar* ya no es estadísticamente significativa, se incluye en el análisis, ya que tiene una importante funcionalmente, entre más años de escolaridad se hayan cursado, incrementan las probabilidades de ser consciente del entorno y estar dispuesto a pagar por implementar un programa que promete optimizar recursos.

Se calcularon las DAP, de acuerdo a las funciones aportadas por Habb y McConnell (2002). Las DAPs para los 3 modelos, se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Disposición a pagar en efectivo

Modelo	DAP en efectivo	DAP mensual total	DAP anual total
MontoDAP	\$ 45.71	\$2,069,611.67	\$24,835,340.04
DAP4minalto	\$ 49.05	\$2,220,836.85	\$26,650,042.20
DAP4minbajo	\$ 35.41	\$1,603,258.57	\$19,239,102.84

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la teoría del análisis costo-beneficio, el proyecto será viable, sólo si el incremento en el bienestar de la sociedad (DAP) es mayor que los costos en que se incurría por la ejecución del programa (Tabla 19).

Tabla 19. Análisis costo-beneficio de la implementación del proyecto

DAP*	Beneficios	Costos**	Impacto en el bienestar social $\Delta B=B-C$
\$42.23	\$22,944,572.52	\$17,305,592.62	\$5,638,979.90

*DAP promedio, calculada con la obtenida por la categorización de ingresos altos y bajos.

**Se consideró el costo más elevado de las propuestas realizadas (dispositivo de cribado).

La diferencia en la probabilidad de aceptar pagar porque se lleve a cabo el programa integral de limpieza y compostaje se observa en la figura 57, mediante la función de distribución acumulativa (fda), controlando la variable montoDAP.

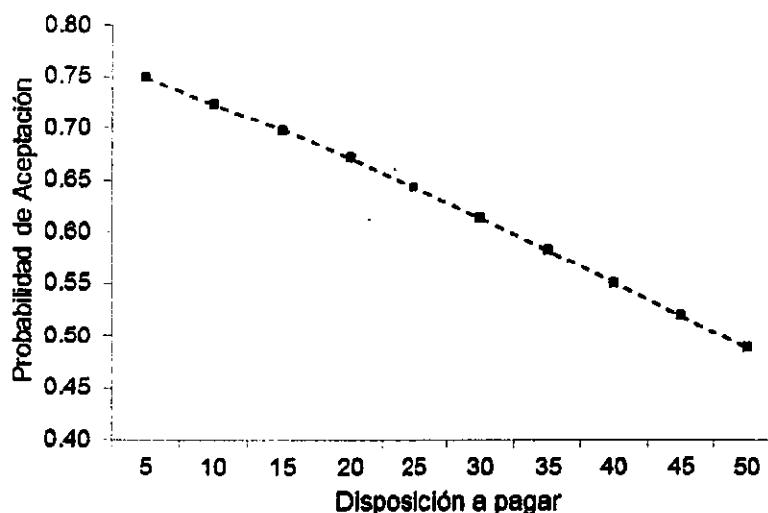


Figura 57. Función de distribución acumulativa de la DAP.

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la encuesta de valoración contingente.

8. Análisis de los Resultados

8.1 Selección de limpiadora de playa

Después de realizar la descripción de las playas del malecón, la recopilación de información sobre limpiadoras de playa permitió evaluar las distintas características, tales como precio, capacidad, operación, mantenimiento y disponibilidad de refacciones, entre otras, facilitando la selección de la maquinaria o proceso que permita llevar a cabo la limpieza de manera eficiente. Tomar la decisión sobre qué maquinaria es conveniente, no es fácil. Por la cantidad de alga generada en el malecón, más de 2 000 toneladas anuales de acuerdo a datos proporcionados por el Municipio, una maquinaria grande parecería la mejor opción, la cual realizaría la remoción de algas en las localidades. Sin embargo, al evaluar la capacidad de maniobra, las limpiadoras de gran capacidad no satisfacen dicho requerimiento, por la irregularidad en la extensión y dificultad de acceso a las distintas localidades del malecón. Tomando en cuenta lo anterior, una limpiadora mediana se vuelve la opción más viable. La desventaja que presentan las limpiadoras medianas es que necesitan realizar descargas constantes, lo que implica un mayor tiempo e incremento en costos de combustible. La adquisición de la maquinaria también representa un desembolso importante, cerca de 3 millones de pesos. Es por eso que se tomó en cuenta el diseño y construcción de un dispositivo de cribado que permita disminuir la remoción de arena de la playa, con el que se evita la incursión en costos sociales, el hecho de mencionar la posibilidad de incorporar una máquina para llevar a cabo la limpieza, pone nerviosos a los trabajadores, quienes se sienten amenazados con perder su trabajo. La decisión debe tomarse considerando todos los factores. En un principio, el uso de maquinaria parecía la mejor opción, tomando en cuenta que las personas que realizan la limpieza serían reubicadas en algún otro programa o actividad (planta de compostaje). Sin embargo, al concluir el análisis del escenario actual y evaluar todos los factores, la construcción del dispositivo

para cribar el alga es la mejor opción, ya que corrige la problemática de la remoción y transporte de arena, no se incrementan los costos operativos por la limpieza del alga y se mantienen intactos los empleos del personal del Municipio.

8.2 Calidad de la compostela elaborada con algas

Una vez concluido el proceso de compostaje, siendo degradados los residuos orgánicos, se obtiene la compostela, que es la materia orgánica estabilizada y lista para ser utilizada como biofertilizante y mejorador de suelos. Es necesario corroborar que no contenga metabolitos fitotóxicos como amonio o ácidos orgánicos liberados por la acción de los microorganismos, que pudieran provocar efectos negativos en las plantas.

Actualmente no existe una técnica estándar aceptada universalmente para la evaluación de la madurez de la compostela. Algunos métodos evalúan la actividad microbiana de manera directa mediante la captación de oxígeno y la producción de CO₂, o de manera indirecta analizando sólidos volátiles, la relación C/N, índices de humificación o nitrificación. Se decidió utilizar la prueba de germinación debido a los bajos costos que implican y la rapidez con que se obtienen los resultados. Las pruebas realizadas mostraron que los porcentajes de germinación difirieron del grupo control sin alcanzar el porcentaje de este grupo. Brinton (2000) menciona que una germinación entre 80 y 90% es un indicador de compostela madura, misma que se presentó en el grupo control y la compostela elaborada en pilas. Sin embargo, de acuerdo a Zucconi et al. (1981) el índice de germinación (IG) con valores menores del 50% observan una fuerte presencia de sustancias fitotóxicas, en este grupo se encuentran los resultados obtenidos del tratamiento de la compostela realizada en los biorreactores. Por otro lado, el 56% de IG correspondientes al tratamiento de pila indica la presencia moderada de substancias fitotóxicas, mientras que el grupo control se encuentra en el grupo de la no presencia de dichas substancias. Lo anterior es un ejemplo de la importancia de utilizar diversas pruebas simultáneas para valorar la madurez de la compostela.

La presencia de fitotoxicidad de la composta obtenida por biorreactores y pilas concuerda con los resultados obtenidos del análisis de la composta en laboratorio. Se observa que la mayor parte de los elementos determinados para las compostas de los biorreactores son mayores que los obtenidos en las pilas a excepción del Zinc y Cadmio. Entre los elementos causantes de fitotoxicidad están la alta cantidad de sales (Mg, K, Ca, Na, Mn, NH₃) reflejadas en una elevada conductividad eléctrica (CE). Otros elementos significativamente mayores en cantidad que pudieran ser fitotóxicos son el Plomo (Pb) y Níquel (Ni), sin embargo, los valores de estos metales pesados se consideran dentro de los límites mínimos permitidos según las normas internacionales (Pollak y Favoino, 2004) y nacionales (NMX-FF-109-SCFI-2008). De acuerdo a lo especificado por la NMX-FF-109-SCFI-2008, los resultados de MO, N total y pH de ambos tratamientos se encuentran dentro de los valores permitidos. Lo anterior hace pensar que el efecto fitotóxico reflejado en los resultados de germinación e índice de germinación puede estar dado por el contenido de sales en los extractos de la composta. Al respecto, si se observa el contenido de sodio (Na) en los dos tratamientos representa el 73% del total de sales disueltas en los extractos de composta. De acuerdo a Brinton (2000) el Na no debe representar más del 25% de las sales totales disueltas en la composta, para evitar efectos negativos.

Por otro lado, las pruebas del contenido de CO₂ y NH₃ de Solvita, mostraron valores que corresponden a un índice de madurez adecuado de una composta terminada y madura (índice de 8). Esto fortalece lo mencionado anteriormente acerca de la importancia en el uso de diversas pruebas para la verificación de la madurez y posible fitotoxicidad de compostas.

Si bien dichas pruebas con solvita observan una composta madura, lo es en términos de la acción de microorganismos y la transformación de substancias húmidas, sin embargo, no refleja la presencia de sales nocivas para el desarrollo de las plantas.

8.3 Beneficio Social logrado con el proyecto

El impacto en el bienestar estimado si se llevara a cabo el proyecto, arroja un resultado positivo, es decir el beneficio percibido por la sociedad con la creación del programa que incluya la mejora en el proceso de limpieza y el aprovechamiento de las algas como composta es mayor que los costos que implica la actividad.

Es importante tomar en cuenta que además del beneficio social percibido por la sociedad, el cual encabeza la lista la eliminación de los malos olores en el malecón, provenientes de las algas en descomposición y la generación de empleos con la implementación del programa, hay beneficios ambientales importantes que no consideró importantes la sociedad. Dichos beneficios son:

- Disminuir considerablemente la transportación de arena al basurero cuando se realice la recolección de las algas.
- Eliminación de la contaminación en el basurero, ocasionada por la descomposición de las algas marinas, las cuales emiten gases tóxicos.
- Incremento de nutrientes en el suelo y áreas verdes de la localidad, por el uso de la composta.

9. Conclusiones

1. El proceso de limpieza llevado a cabo actualmente por el Municipio, modificará el nivel de perfil de playa, el cual puede no ser muy notorio por las mínimas variaciones que se presentan día a día, pero al largo plazo se necesitará rellenar de nuevo con arena las localidades en que hoy se realiza la recolección de algas. Se buscó a la autoridad que pudiera conocer y brindar información sobre el relleno realizado en el malecón de La Paz en años anteriores, lamentablemente no fue posible reunir los datos exactos sobre cantidades, costos y fechas, por lo que no puede realizarse un análisis cuantitativo del costo que representó dicha actividad para la Entidad.
2. Los parámetros de temperatura superficial y nivel de marea, no están significativamente relacionados con la cantidad de alga que se varía en el malecón de La Paz.
3. La incorporación de maquinaria para llevar a cabo el proceso de limpieza en el malecón de La Paz, no sólo mejoraría la eficiencia del proceso de limpieza, representa además una disminución del 60% en los costos operativos. Sin embargo, se estaría incurriendo en costos sociales por tener que despedir al 80% del personal de limpieza. Tomar la decisión de adquirir la maquinaria, debe ser considerada sólo si se lleva a cabo un proyecto alterno, como la creación de la planta de compostaje, en la que podrían incorporarse los 50 empleados que anteriormente llevaban a cabo la limpieza.
4. De acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis químico de la composta de cada tratamiento, las sales representan un factor de cuidado en la elaboración de la misma utilizando algas, debido a un posible efecto fitotóxico principalmente por la presencia de sodio. Sin embargo, el contenido de

metales pesados es inferior a los límites mínimos establecidos por la normatividad nacional e internacional, lo cual es un aspecto muy favorable.

5. Los resultados de las pruebas de germinación, solvita y químicas de la composta fueron indispensables para una valoración real de la madurez y posible fitotoxicidad. Una prueba por sí misma daría resultados parciales e imprecisos para una adecuada recomendación del uso de la composta.
6. El mejor método de composta de alga resultó ser el de pila, debido a que cumple los valores de un porcentaje total de germinación del 80%. Sin embargo, es importante poner atención a las sales contenidas en las mismas.
7. La elaboración de composta experimental incorporando algas marinas generó información importante, la cual debe ser tomada en cuenta en investigaciones posteriores. Para elaborar este tipo de composta se requiere algún tratamiento que minimice el contenido de sales en el producto terminado. Aun así, esta alternativa de compostaje sigue siendo una solución viable para aprovechar dicho recurso, ya que se conseguiría la considerable disminución del volumen de basura que es transportada y depositada en el basurero sin ningún manejo.
8. En el trabajo se observó que se obtiene un beneficio social percibido por la mejora en el proceso de limpieza y el aprovechamiento de las algas del malecón, es decir la sociedad percibiría una mejora en su bienestar, dicho beneficio es mayor al costo que representa desarrollar el proyecto. Los beneficios se componen en disminuir considerablemente la transportación de arena al basurero cuando se realice la recolección de las algas, la eliminación de la contaminación en el basurero, ocasionada por la descomposición de las algas marinas, las cuales emiten gases tóxicos y el incremento de nutrientes en el suelo y áreas verdes de la localidad, por el uso de la composta.

9. Los resultados obtenidos representan una propuesta para el desarrollo de políticas que instituciones gubernamentales o empresarios particulares pueden interesarse en llevar a cabo, con lo cual se generarán empleos, además de presentarse alternativas de consumo y eliminar la problemática visual en la costa.
10. Buscando alcanzar la sustentabilidad, es importante no sólo minimizar el abuso de los recursos ya explotados, con el descubrimiento de nuevas fuentes de energía o insumos para los productos, sino también esforzarnos por reconocer los recursos que abundan y son catalogados como indeseables, desagradables e inútiles. Realizar estudios que brinden la evidencia o tomar los resultados de investigaciones realizadas en regiones similares brindan una mejor visión del panorama, contribuyendo a tomar las mejores decisiones y crecer de manera sustentable.
11. Los proyectos desarrollados en la Entidad, deben promover el bienestar de la Sociedad. Bienestar físico y emocional, que se traducirá en una sociedad sana, productiva y consciente de su entorno. En ese sentido, el Gobierno es quien tiene entre sus principales obligaciones distribuir adecuadamente los recursos que recauda del fisco, a fin de asegurar la disminución de la pobreza, marginación y diferencia entre sus habitantes.

10. Recomendaciones

1. Para evitar seguir transportando arena del malecón, debe considerarse la creación de un dispositivo de cribado, con el cual se separe la arena que es recogida y transportada al remover las algas de la orilla.
2. A pesar de que la compostura elaborada con algas resultó alta en sales, es importante para futuros trabajos conocer su efecto en la producción de plantas y en las condiciones físico-químicas del suelo. Existen reacciones neutralizantes entre las diferentes sales, tal es el caso del Ca, que de acuerdo a estudios previos, contribuye a minimizar el impacto del Na en la planta. Una fuente importante de Ca es el yeso, el cual puede utilizarse al elaborarse la compostura con algas con el fin de disminuir el contenido de Na. Asimismo, es importante dar seguimiento a la evolución de la compostura durante un tiempo prolongado, debido a que el proceso de mineralización es el más largo y los parámetros químicos suelen modificarse, por lo que el monitoreo de las sales debe irse conociendo durante un período considerable.
3. La creación de una planta de compostaje, representa además una fuente potencial de energía alterna, con la captación y procesamiento del biogás que es liberado en el proceso de compostaje, contribuyendo al mayor aprovechamiento de los recursos.
4. Es importante tomar en cuenta el uso de recursos no aprovechados. Hay recursos desperdiciados por el hombre, que podrían ser utilizados, uno de esos son las algas que se varan en la playa cada año. Estoy de veras convencida que tenemos la obligación de buscar un uso para este abundante recurso natural. Contamos con una gran variedad de géneros en enorme cantidad y dos importantes centros de investigación que se encargan de estudiar la composición química y biológica de estas plantas marinas,

evaluando el valor nutrimental, de modo que en un futuro no muy lejano debemos estar trabajando en el aprovechamiento real de estos recursos. Hay países que nos llevan considerable ventaja en este rubro, de los cuales podemos aprender.

11. Literatura citada

- Abetz, P. 1980. Seaweed extracts: Have they a place in Australian Agriculture or Horticulture?. *Journal of Australian Institute of Agricultural Science*, 46:23-29.
- Águila, R.R., Casas, V.M., Hernández, G.C., Marín, A.A. 2005. Biomasa de *Ulva* spp. (Chlorophyta) en tres localidades del malecón de La Paz, Baja California Sur, México. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 40(1): 55 – 61.
- Aguilera, M.M., Casas, V.M., Carrillo, D.S., González, A.B., Pérez, G.B. 2005a. Chemical composition and microbiological assays of marine algae *Enteromorpha* spp. as a potential food source. *Journal of Food Composition and Analysis* 18: 79-88.
- Aguilera, M.M., Casas, V.M., Carrillo, D.S., Carranco, J.M. 2005b. Valor biológico de la proteína del alga marina *Enteromorpha* spp. (Chlorophyta: Ulotrichales). *CONVERSUS*. 41:30-36.
- Arrow , K., R. Solow, P.R. Portney, E.E. Leamer, R. Radner and H. Schuman, 1993. Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
- Brambila, M.E. 1989. Variación morfológica, textural y mineralógica, en el período marzo de 1986 -febrero de 1987, de las playas al sureste de la bahía de La Paz, Baja California Sur, México.
- Brinton, W.F. 2000. Compost quality standards & guidelines, final report. Comspot quality in America. New York State Association of Recyclers.
- Bishop R.C. y T.A. Heberlein, 1979. Measuring Values of Extra-market Goods: Are Indirect Measures Biased?, *American Journal of Agricultural Economics*, 61: 926-930.
- Blunden, G. 1991. Agricultural uses of seaweed and seaweed extracts. Pp 65-81. In: M.D. Guiry and G. Blunden (eds.) *Seaweed Resources in Europe: Uses and Potential*. John Wiley & Sons Ltd. Chichester, UK.
- Cameron, T.A. 1988. A New Paradigm for Valuing Non-market Goods using Referendum Data: Maximum Likelihood Estimation by Censored Logistic Regression. *Journal of Environmental Economics and Management*, 15: 355-379.

- Casas V.M., Águila R.N., Hernández G.C., Ramírez O.A., Marín A.A. & Beltrán L.M. 2004. Empleo de las algas marinas *Ulva* spp. y *Enteromorpha* spp. en la elaboración de pan. Revista Baja Sur PRODUCE. 1:7.
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J., 1980. Seaweeds and Their Uses. Chapman and Hall, London.
- Crouch, I.J. and J. van Staden. 1993. Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. Plant Growth Regul., 13:21-29.
- Cruz A.M.B. 1996. Variación espacio-temporal de la fitoflora y su abundancia relativa en la Bahía de La Paz. Tesis de Maestría en pesquerías.
- Cuomo, V., Perretti, A., Palomba, I., Verde, A., and Cuomo, A. 1995. Utilisation of *Ulva rigida* biomass in the Venice Lagoon (Italy): biotransformation in compost. J. Appl. Phycol., 7:479-485.
- Diamond, P. and J. Hausman, 1993. On contingent valuation measurement of non-use value, en H.J. Hausman (ed), Contingent Valuation: A Critical Assessment, North-Holland.
- Duffield, J., and D. Patterson, 1991. Inference and Optimal Design for a Welfare Measure in Dichotomous Choice Contingent Valuation. Land Economics 67 (2): 225-239.
- Edmeades, D.C. 2002. The effects of liquid fertilizers derived from natural products on crop, pasture and animal production: A review. Austr. J. Agric. Res., 53:965-976.
- Eyras, M.C. 2002. Tratamiento agroecológico de las algas marinas de arribazón en Puerto Madryn, Chubut. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.
- Eyras, M.C., Rostagno, C.M., Defossé, G.E. 1998. Biological evaluation of seaweed composting. Compost Sci. Util., 6:74-81.
- Eyras, M.C., Defossé, G.E., Dellatore, F. 2008. Seaweed compost as an amendment for horticultural soils in Patagonia, Argentina. Compost science & utilization Vol. 16, p. 119-124.
- Freeman III, M., 2003. The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods, Resources for the Future.

Godínez, O.L., Prado, A.J.D., Martínez, P.J. y Gutiérrez, S. 2005. Caracterización ambiental marina del proyecto Paraíso del Mar. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas y Costeras.

Hanemann, W.M., J. Loomis and B. Kannien, 1991. Statistical Efficiency of Double Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation, American Journal of Agricultural Economics, 73:1255-1263.

Haslam, S.F.I., Hopkins, D.W. 1996. Physical and biological effects of kelp (seaweed) added to soil. Appl. Soil Ecol., 3:257-261.

Inman, D. & Nordstrom, C. 1971. On the tectonic and morphologic clasification of coast. Jour. Geol. 79 (1): 1-21.

Jackson M.L. 1958. Soil chemical analysis. London.

Jérôme Le Boursicot, 2010. Las algas de la discordia: La agricultura intensiva de una región francesa en cuestión.

Klock-Moore, K.A., 2000. Comparison of *Salvia* growth in seaweed compost and biosolids compost. Compost Sci. Util., 8:24-28.

Kriström, B., 1990. A Non-Parametric Approach to the Estimation of Welfare Measures in Discrete Response Valuation Studies. Land Economics 66 (2): 135-139.

López-Mosquera, M.E. and Pazos, P. 1997. Effects of seaweed on potato yield and soil chemistry. Biol. Agric. Hortic., 14:199-206.

Mazé, J., Morand, P. and Potoky. 1993. Stabilisation of "green tides" *Ulva* by method of composting with a view to pollution limitation. J. Appl. Phycol., 5:183-190.

Medina, M. E., 2003. Modelos de elección discreta.

Montero Vilariño, M.J., Marcet Miramontes, P., Andrade Couce, M.L. and Estevez Sio, J. 1999. Influencia de la adición de diversas especies de algas sobre algunas propiedades químicas de un suelo ácido y el crecimiento de *Hordeum vulgare* L. Ciencia del suelo, 17:28-38.

Morand, P. and Briand, X. 1996. Excessive growth of macroalgae: a symptom of environmental disturbance. Bot. Mar., 39:491-516.

- Nieto, G.A., Troyo, D.E., Murillo, A.B., García, H.J., Larrinaga, M.J. 2002. La compostal: importancia, elaboración y uso agrícola. Editorial Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. La Paz, B.C.S. México.
- Nisizawa, K., Noda, H., Kikuchi, R., Watamaba, T., 1987. The main seaweeds food in Japan. *Hydrobiol.* 151/152, 5-29.
- Orquín, R., Abad, M., Noguera, P., Puchades, R. and Maqueira, A. 2001. Composting of Mediterranean seagrass and seaweed residues with yard waste for horticultural purposes. *Acta Hort.*, 549:29-36.
- Pollak, M. y Favoino, E. 2004. Heavy metals and organic compounds from wastes used as organic fertilizers. Final Report.
- Piriz, M.L., Eyras, M.C. and Rostagno, C.M. 2003. Changes in biomass and botanical composition of beach-cast seaweeds in a disturbed coastal area from Argentine Patagonia. *J. Appl. Phycol.* 15:67-74.
- Tourte, L., R.L. Bugg, and C. Shennan. 2000. Foliar-applied seaweed and fish powder do not improve yield and fruit quality of organically grown processing tomatoes. *Biol. Agric. Hortic.*, 18:15-27.
- Triola, M.E. 1997. Elementary Statistics, Seventh Edition. p.298.
- Schumann, H., 1996. The sensitivity of CV outcomes to CV survey methods, in D.J. Bjorntad y J.R. Khan (eds), *The Contingent Valuation of Environmental Resources: Methodological Issues and Research Needs*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Scheaffer, R., Mendenhall, W. y Ott, L. (1987). *Elementos de Muestreo*. Traducción de Rendón Sánchez, Gilberto y Gómez Aguilar, José Roberto. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
- Vallini, G., Pera, A., Cecchi, F., Valdrighi, M.M., Sicurani, M.A. 1993. Compost stabilization of algal biomass drawn in eutrophic lagoon ecosystems. *Compost Sci. Util.*, 1:49-53.
- Vendrame, W. and Klock-Moore, K., 2005. Comparison of herbaceous perennial plant growth in seaweed compost and biosolids compost. *Compost Sci. Util.*, 13:122-126.
- Wright, L.D., Roberts, H.H., Koleman, R.L., Bowden, L.W. 1973. Process-form variability of multiclass coast Baja California Coastal studies Inst. L. S. U. Baton Rouge, La. 70803. Tech report No. 137, pp.54

Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., De Bertoli, M. 1981. Evaluating toxicity in immature compost. Biocycle 22:54-57.

Sitios en Internet:

www.beach-tech.com

www.hbarber.com

www.unicorn-beachcleaners.com

www.cherrington.net

12. Anexos

Anexo 1. Formato de recolección proporcionado por el Municipio correspondiente al mes de abril de 2010.



Registro mensual del peso de los deshechos depositados en el relleno sanitario durante la campaña de limpieza del Programa de Trabajo de Zofemat 2010.

DELEGACIÓN: Lázaro Cárdenas AÑO: 2010
MES: ABRIL

DÍA	NISSAN PICK UP	CAMION F-450	CAMION DE VOLTEO	TOTAL
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12			12,700	
13			14,700	
14				
15			5,700	
16			5,900	
17				
18				
19			5,500	
20			5,700	
21			5,900	
22	2,650		37,300	
23				
24				
25				
26	5,900		9,700	
27			9,900	
28	7,100		17,400	
29				
30			13,500	
31				
TOTAL	41,600		735,100	

Anexo 2. Base de datos de los parámetros ambientales presentados durante el muestreo llevado a cabo de abril de 2010 a abril de 2011.

Dia	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial (mensual)	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
01/04/2010	-0.0823	Baja	21.75	0.52	6,300	3276
02/04/2010	0.03487	Baja	21.75	0.52	0	0
03/04/2010	0.12328	Baja	21.75	0.52	4,100	2132
04/04/2010	0.17229	Baja	21.75	0.52	0	0
05/04/2010	0.17159	Baja	21.75	0.52	5,300	2756
06/04/2010	0.11728	Baja	21.75	0.52	8,800	4576
07/04/2010	0.01957	Alta	21.75	0.52	16,900	8788
08/04/2010	-0.09791	Alta	21.75	0.52	17,100	8892
09/04/2010	-0.21167	Alta	21.75	0.52	11,100	5772
10/04/2010	-0.30974	Baja	21.75	0.52	10,900	5668
11/04/2010	-0.38633	Baja	21.75	0.52	0	0
12/04/2010	-0.43096	Baja	21.75	0.52	12,700	6604
13/04/2010	-0.43114	Baja	21.75	0.52	19,700	10244
14/04/2010	-0.38386	Baja	21.75	0.52	0	0
15/04/2010	-0.29841	Baja	21.75	0.52	6,700	3484
16/04/2010	-0.18935	Baja	21.75	0.57	8,900	5073
17/04/2010	-0.07007	Baja	21.75	0.57	0	0
18/04/2010	0.04836	Baja	21.75	0.57	0	0
19/04/2010	0.15232	Baja	21.75	0.57	8,500	4845
20/04/2010	0.21672	Baja	21.75	0.57	6,400	3648
21/04/2010	0.20538	Baja	21.75	0.57	8,900	5073
22/04/2010	0.09284	Alta	21.75	0.57	0	0
23/04/2010	-0.1067	Alta	21.75	0.57	37,200	21204
24/04/2010	-0.33459	Alta	21.75	0.57	0	0
25/04/2010	-0.51574	Alta	21.75	0.57	0	0
26/04/2010	-0.59727	Baja	21.75	0.57	9,700	5529
27/04/2010	-0.57077	Baja	21.75	0.57	9,900	5643
28/04/2010	-0.46687	Baja	21.75	0.57	12,400	7068
29/04/2010	-0.32905	Baja	21.75	0.57	0	0
30/04/2010	-0.18873	Baja	21.75	0.57	13,500	7695
01/05/2010	-0.06079	Baja	22.42	0.7	0	0
02/05/2010	0.04216	Baja	22.42	0.7	0	0
03/05/2010	0.10691	Baja	22.42	0.7	0	0
04/05/2010	0.1213	Baja	22.42	0.7	23,800	16660
05/05/2010	0.08195	Baja	22.42	0.7	0	0
06/05/2010	-0.00344	Baja	22.42	0.7	0	0
07/05/2010	-0.11831	Alta	22.42	0.7	10,500	7350

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial (mensual)	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
08/05/2010	-0.24401	Alta	22.42	0.7	0	0
09/05/2010	-0.36608	Alta	22.42	0.7	0	0
10/05/2010	-0.47094	Baja	22.42	0.7	10,000	7000
11/05/2010	-0.53865	Baja	22.42	0.7	7,300	5110
12/05/2010	-0.54785	Baja	22.42	0.7	10,500	7350
13/05/2010	-0.49111	Baja	22.42	0.7	23,000	16100
14/05/2010	-0.38043	Baja	22.42	0.7	18,100	12670
15/05/2010	-0.23704	Baja	22.42	0.7	0	0
16/05/2010	-0.08175	Baja	22.42	0.53	0	0
17/05/2010	0.06458	Baja	22.42	0.53	6,900	3657
18/05/2010	0.17682	Baja	22.42	0.53	8,900	4717
19/05/2010	0.22454	Baja	22.42	0.53	13,800	7314
20/05/2010	0.17854	Alta	22.42	0.53	0	0
21/05/2010	0.02851	Alta	22.42	0.53	13,700	7261
22/05/2010	-0.19471	Alta	22.42	0.53	0	0
23/05/2010	-0.42528	Alta	22.42	0.53	0	0
24/05/2010	-0.59093	Alta	22.42	0.53	9,400	4982
25/05/2010	-0.65192	Baja	22.42	0.53	22,600	11978
26/05/2010	-0.61278	Baja	22.42	0.53	9,500	5035
27/05/2010	-0.50724	Baja	22.42	0.53	23,900	12667
28/05/2010	-0.37349	Baja	22.42	0.53	0	0
29/05/2010	-0.23705	Baja	22.42	0.53	22,500	11925
30/05/2010	-0.11057	Baja	22.42	0.53	1,600	848
31/05/2010	-0.00466	Baja	22.42	0.53	10,700	5671
01/06/2010	0.06585	Baja	23.96	0.54	7,100	3834
02/06/2010	0.09088	Baja	23.96	0.54	0	0
03/06/2010	0.06859	Baja	23.96	0.54	9,300	5022
04/06/2010	0.004	Baja	23.96	0.54	9,600	5184
05/06/2010	-0.09598	Baja	23.96	0.54	0	0
06/06/2010	-0.22248	Alta	23.96	0.54	0	0
07/06/2010	-0.36191	Alta	23.96	0.54	9,000	4860
08/06/2010	-0.49328	Alta	23.96	0.54	10,000	5400
09/06/2010	-0.58712	Baja	23.96	0.54	11,900	6426
10/06/2010	-0.61305	Baja	23.96	0.54	10,700	5778
11/06/2010	-0.55612	Baja	23.96	0.54	9,800	5292
12/06/2010	-0.42597	Baja	23.96	0.54	0	0
13/06/2010	-0.24925	Baja	23.96	0.54	0	0
14/06/2010	-0.05835	Baja	23.96	0.54	12,200	6588
15/06/2010	0.11103	Baja	23.96	0.54	20,500	11070
16/06/2010	0.22096	Baja	23.96	0.57	10,900	6213
17/06/2010	0.2403	Baja	23.96	0.57	8,100	4617
18/06/2010	0.15629	Baja	23.96	0.57	4,300	2451
19/06/2010	-0.01777	Alta	23.96	0.57	14,200	8094

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial (mensual)	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
20/06/2010	-0.23961	Alta	23.96	0.57	5,200	2964
21/06/2010	-0.44673	Alta	23.96	0.57	0	0
22/06/2010	-0.58229	Baja	23.96	0.57	0	0
23/06/2010	-0.62206	Baja	23.96	0.57	0	0
24/06/2010	-0.57867	Baja	23.96	0.57	9,600	5472
25/06/2010	-0.48341	Baja	23.96	0.57	9,300	5301
26/06/2010	-0.36595	Baja	23.96	0.57	9,600	5472
27/06/2010	-0.24556	Baja	23.96	0.57	0	0
28/06/2010	-0.13259	Baja	23.96	0.57	0,000	3676
29/06/2010	-0.03532	Baja	23.96	0.57	10,600	6042
30/06/2010	0.0359	Baja	23.96	0.57	4,700	2679
01/07/2010	0.07129	Baja	25.35	0.45	0	0
02/07/2010	0.06968	Baja	25.35	0.45	11,700	5265
03/07/2010	0.03105	Baja	25.35	0.45	0	0
04/07/2010	-0.04632	Baja	25.35	0.45	0	0
05/07/2010	-0.16302	Baja	25.35	0.45	10,100	4545
06/07/2010	-0.30899	Alta	25.35	0.45	0	0
07/07/2010	-0.45892	Alta	25.35	0.45	0	0
08/07/2010	-0.57576	Baja	25.35	0.45	10,400	4680
09/07/2010	-0.62134	Baja	25.35	0.45	17,300	7785
10/07/2010	-0.57278	Baja	25.35	0.45	0	0
11/07/2010	-0.43536	Baja	25.35	0.45	0	0
12/07/2010	-0.24036	Baja	25.35	0.45	9,600	4320
13/07/2010	-0.03236	Baja	25.35	0.45	0	0
14/07/2010	0.14069	Baja	25.35	0.45	6,800	3060
15/07/2010	0.23556	Baja	25.35	0.45	13,200	5940
16/07/2010	0.22745	Baja	25.35	0.43	18,700	8041
17/07/2010	0.12156	Baja	25.35	0.43	0	0
18/07/2010	-0.05034	Baja	25.35	0.43	0	0
19/07/2010	-0.24317	Alta	25.35	0.43	29,500	12685
20/07/2010	-0.41052	Alta	25.35	0.43	28,000	12040
21/07/2010	-0.51633	Baja	25.35	0.43	0	0
22/07/2010	-0.54701	Baja	25.35	0.43	0	0
23/07/2010	-0.51315	Baja	25.35	0.43	1,600	688
24/07/2010	-0.43713	Baja	25.35	0.43	0	0
25/07/2010	-0.33985	Baja	25.35	0.43	0	0
26/07/2010	-0.23655	Baja	25.35	0.43	9,500	4085
27/07/2010	-0.13756	Baja	25.35	0.43	8,400	3612
28/07/2010	-0.04954	Baja	25.35	0.43	10,800	4644
29/07/2010	0.02146	Baja	25.35	0.43	16,500	7095
30/07/2010	0.06813	Baja	25.35	0.43	0	0
31/07/2010	0.08393	Baja	25.35	0.43	0	0

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial (mensual)	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
01/08/2010	0.06365	Baja	27.55	0.64	0	0
02/08/2010	0.00299	Baja	27.55	0.64	10,600	6784
03/08/2010	-0.10234	Baja	27.55	0.64	8,600	5504
04/08/2010	-0.24533	Alta	27.55	0.64	0	0
05/08/2010	-0.40113	Alta	27.55	0.64	16,200	10368
06/08/2010	-0.53033	Baja	27.55	0.64	0	0
07/08/2010	-0.59063	Baja	27.55	0.64	0	0
08/08/2010	-0.55358	Baja	27.55	0.64	0	0
09/08/2010	-0.42061	Baja	27.55	0.64	5,600	4234
10/08/2010	-0.22262	Baja	27.55	0.64	4,500	2880
11/08/2010	-0.02365	Baja	27.55	0.64	0	0
12/08/2010	0.13442	Baja	27.55	0.64	6,900	4416
13/08/2010	0.20985	Baja	27.55	0.64	3,900	2496
14/08/2010	0.18919	Baja	27.55	0.64	0	0
15/08/2010	0.08854	Baja	27.55	0.64	0	0
16/08/2010	-0.05603	Baja	27.55	0.61	0	0
17/08/2010	-0.20747	Alta	27.55	0.61	0	0
18/08/2010	-0.33804	Alta	27.55	0.61	10,800	6588
19/08/2010	-0.42789	Alta	27.55	0.61	0	0
20/08/2010	-0.46518	Baja	27.55	0.61	7,900	4819
21/08/2010	-0.45024	Baja	27.55	0.61	0	0
22/08/2010	-0.39422	Baja	27.55	0.61	0	0
23/08/2010	-0.31215	Baja	27.55	0.61	10,600	6466
24/08/2010	-0.21877	Baja	27.55	0.61	10,400	6344
25/08/2010	-0.12658	Baja	27.55	0.61	17,300	10553
26/08/2010	-0.0433	Baja	27.55	0.61	11,500	7015
27/08/2010	0.02685	Baja	27.55	0.61	0	0
28/08/2010	0.07751	Baja	27.55	0.61	7,300	4453
29/08/2010	0.09903	Baja	27.55	0.61	0	0
30/08/2010	0.08364	Baja	27.55	0.61	4,800	2928
31/08/2010	0.02807	Baja	27.55	0.61	0	0
01/09/2010	-0.06703	Baja	28.78	0.84	7,300	6132
02/09/2010	-0.1972	Alta	28.78	0.84	0	0
03/09/2010	-0.34236	Baja	28.78	0.84	15,300	12852
04/09/2010	-0.46758	Baja	28.78	0.84	0	0
05/09/2010	-0.53157	Baja	28.78	0.84	0	0
06/09/2010	-0.50377	Baja	28.78	0.84	10,100	8484
07/09/2010	-0.38288	Baja	28.78	0.84	13,200	11088
08/09/2010	-0.2037	Baja	28.78	0.84	7,300	6132
09/09/2010	-0.02218	Baja	28.78	0.84	5,800	4872
10/09/2010	0.11145	Baja	28.78	0.84	0	0
11/09/2010	0.17042	Baja	28.78	0.84	0	0
12/09/2010	0.1534	Baja	28.78	0.84	0	0

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial mensual	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
13/09/2010	0.07857	Baja	28.78	0.84	0	0
14/09/2010	-0.02671	Alta	28.78	0.84	7,600	6384
15/09/2010	-0.13888	Alta	28.78	0.84	0	0
16/09/2010	-0.24302	Alta	28.78	0.84	0	0
17/09/2010	-0.32628	Alta	28.78	0.84	5,500	4620
18/09/2010	-0.37396	Alta	28.78	0.84	0	0
19/09/2010	-0.3772	Baja	28.78	0.84	0	0
20/09/2010	-0.33985	Baja	28.78	0.84	0	0
21/09/2010	-0.27419	Baja	28.78	0.84	6,300	5292
22/09/2010	-0.19348	Baja	28.78	0.84	0	0
23/09/2010	-0.10929	Baja	28.78	0.84	11,500	9660
24/09/2010	-0.03051	Baja	28.78	0.84	6,100	5124
25/09/2010	0.03667	Baja	28.78	0.84	0	0
26/09/2010	0.0849	Baja	28.78	0.84	0	0
27/09/2010	0.10389	Baja	28.78	0.84	2,300	1932
28/09/2010	0.08649	Baja	28.78	0.84	0	0
29/09/2010	0.03419	Baja	28.78	0.84	0	0
30/09/2010	-0.04696	Alta	28.78	0.84	0	0
01/10/2010	-0.14893	Alta	27.14	0.51	4,200	2142
02/10/2010	-0.26425	Alta	27.14	0.51	0	0
03/10/2010	-0.36644	Alta	27.14	0.51	0	0
04/10/2010	-0.42098	Alta	27.14	0.51	7,900	4029
05/10/2010	-0.39981	Alta	27.14	0.51	0	0
06/10/2010	-0.30031	Baja	27.14	0.51	2,300	1173
07/10/2010	-0.15304	Baja	27.14	0.51	0	0
08/10/2010	-0.008	Baja	27.14	0.51	25,500	13005
09/10/2010	0.09352	Baja	27.14	0.51	0	0
10/10/2010	0.13729	Baja	27.14	0.51	0	0
11/10/2010	0.13121	Baja	27.14	0.51	0	0
12/10/2010	0.09018	Baja	27.14	0.51	23,800	12138
13/10/2010	0.02743	Alta	27.14	0.51	6,300	3213
14/10/2010	-0.04697	Alta	27.14	0.51	0	0
15/10/2010	-0.12454	Alta	27.14	0.51	15,500	7905
16/10/2010	-0.19411	Alta	27.14	0.51	0	0
17/10/2010	-0.24116	Alta	27.14	0.51	0	0
18/10/2010	-0.256	Alta	27.14	0.51	800	408
19/10/2010	-0.24113	Alta	27.14	0.51	0	0
20/10/2010	-0.20567	Alta	27.14	0.51	6,600	3366
21/10/2010	-0.15543	Baja	27.14	0.51	0	0
22/10/2010	-0.09332	Baja	27.14	0.51	7,600	3876
23/10/2010	-0.02586	Baja	27.14	0.51	0	0
24/10/2010	0.03617	Baja	27.14	0.51	0	0
25/10/2010	0.08131	Baja	27.14	0.51	1,000	510

Dia	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial mensual	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
26/10/2010	0.10012	Baja	27.14	0.51	0	0
27/10/2010	0.08891	Baja	27.14	0.51	0	0
28/10/2010	0.05306	Alta	27.14	0.51	1,500	765
29/10/2010	0.002	Alta	27.14	0.51	0	0
30/10/2010	-0.05938	Alta	27.14	0.51	0	0
31/10/2010	-0.12854	Alta	27.14	0.51	0	0
01/11/2010	-0.19222	Alta	24.5	0.48	0	0
02/11/2010	-0.2314	Alta	24.5	0.48	19,600	9408
03/11/2010	-0.22265	Alta	24.5	0.48	0	0
04/11/2010	-0.16276	Alta	24.5	0.48	37,300	17904
05/11/2010	-0.07225	Baja	24.5	0.48	16,000	7680
06/11/2010	0.01536	Baja	24.5	0.48	0	0
07/11/2010	0.07459	Baja	24.5	0.48	0	0
08/11/2010	0.10179	Baja	24.5	0.48	0	0
09/11/2010	0.10807	Baja	24.5	0.48	0	0
10/11/2010	0.10201	Baja	24.5	0.48	6,600	3168
11/11/2010	0.08368	Alta	24.5	0.48	2,800	1344
12/11/2010	0.05205	Alta	24.5	0.48	0	0
13/11/2010	0.01116	Alta	24.5	0.48	0	0
14/11/2010	-0.02873	Alta	24.5	0.48	0	0
15/11/2010	-0.06012	Alta	24.5	0.48	0	0
16/11/2010	-0.07927	Alta	24.5	0.48	12,300	5904
17/11/2010	-0.09025	Alta	24.5	0.48	13,000	6240
18/11/2010	-0.09684	Alta	24.5	0.48	0	0
19/11/2010	-0.09353	Alta	24.5	0.48	9,000	4320
20/11/2010	-0.07026	Alta	24.5	0.48	0	0
21/11/2010	-0.02686	Baja	24.5	0.48	0	0
22/11/2010	0.02354	Baja	24.5	0.48	0	0
23/11/2010	0.06583	Baja	24.5	0.48	0	0
24/11/2010	0.09256	Baja	24.5	0.48	2,600	1248
25/11/2010	0.10412	Baja	24.5	0.48	0	0
26/11/2010	0.10557	Alta	24.5	0.48	6,600	3168
27/11/2010	0.102	Alta	24.5	0.48	0	0
28/11/2010	0.09249	Alta	24.5	0.48	12,900	6192
29/11/2010	0.07113	Alta	24.5	0.48	0	0
30/11/2010	0.03779	Alta	24.5	0.48	24,200	11616
01/12/2010	0.0039	Alta	21.98	s/m	11,800	-
02/12/2010	-0.01586	Alta	21.98	s/m	11,300	-
03/12/2010	-0.01523	Alta	21.98	s/m	15,800	-
04/12/2010	-0.00024	Alta	21.98	s/m	0	-
05/12/2010	0.01809	Baja	21.98	s/m	0	-
06/12/2010	0.03293	Baja	21.98	s/m	1,100	-

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial mensual	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
07/12/2010	0.04649	Baja	21.98	s/m	0	-
08/12/2010	0.06533	Baja	21.98	s/m	0	-
09/12/2010	0.08983	Baja	21.98	s/m	9,500	-
10/12/2010	0.11118	Baja	21.98	s/m	0	-
11/12/2010	0.124	Baja	21.98	s/m	0	-
12/12/2010	0.12723	Alta	21.98	s/m	0	-
13/12/2010	0.12587	Alta	21.98	s/m	5,600	-
14/12/2010	0.12025	Alta	21.98	s/m	0	-
15/12/2010	0.1054	Alta	21.98	s/m	0	-
16/12/2010	0.07563	Alta	21.98	s/m	700	-
17/12/2010	0.03196	Alta	21.98	s/m	0	-
18/12/2010	-0.0123	Alta	21.98	s/m	0	-
19/12/2010	-0.03761	Alta	21.98	s/m	0	-
20/12/2010	-0.0342	Baja	21.98	s/m	0	-
21/12/2010	-0.00888	Baja	21.98	s/m	0	-
22/12/2010	0.02662	Baja	21.98	s/m	900	-
23/12/2010	0.06813	Baja	21.98	s/m	0	-
24/12/2010	0.11667	Baja	21.98	s/m	0	-
25/12/2010	0.16979	Baja	21.98	s/m	0	-
26/12/2010	0.21949	Baja	21.98	s/m	0	-
27/12/2010	0.25427	Alta	21.98	s/m	0	-
28/12/2010	0.26225	Alta	21.98	s/m	21,800	-
29/12/2010	0.23797	Alta	21.98	s/m	0	-
30/12/2010	0.18798	Alta	21.98	s/m	0	-
31/12/2010	0.12636	Alta	21.98	s/m	4,300	-
01/01/2011	0.0632	Alta	19.44	0.51	0	0
02/01/2011	0.01065	Alta	19.44	0.51	0	0
03/01/2011	-0.0262	Baja	19.44	0.51	0	0
04/01/2011	-0.04159	Baja	19.44	0.51	10,500	5355
05/01/2011	-0.03374	Baja	19.44	0.51	0	0
06/01/2011	-0.00545	Baja	19.44	0.51	0	0
07/01/2011	0.03666	Baja	19.44	0.51	14,900	7599
08/01/2011	0.0837	Baja	19.44	0.51	0	0
09/01/2011	0.12898	Baja	19.44	0.51	0	0
10/01/2011	0.1708	Baja	19.44	0.51	13,000	6630
11/01/2011	0.20749	Baja	19.44	0.51	0	0
12/01/2011	0.23119	Baja	19.44	0.51	10,450	5329.5
13/01/2011	0.2301	Alta	19.44	0.51	0	0
14/01/2011	0.19644	Alta	19.44	0.51	0	0
15/01/2011	0.13216	Alta	19.44	0.51	12,900	6579
16/01/2011	0.05092	Alta	19.44	0.51	0	0
17/01/2011	-0.02469	Alta	19.44	0.51	0	0

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial mensual	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
01/03/2011	-0.1714	Baja	19.04	0.41	0	0
02/03/2011	-0.23633	Baja	19.04	0.41	8,800	3608
03/03/2011	-0.26125	Baja	19.04	0.41	0	0
04/03/2011	-0.25284	Baja	19.04	0.41	100	41
05/03/2011	-0.22294	Baja	19.04	0.41	0	0
06/03/2011	-0.17904	Baja	19.04	0.41	0	0
07/03/2011	-0.12076	Baja	19.04	0.41	9,100	3731
08/03/2011	-0.04693	Baja	19.04	0.41	0	0
09/03/2011	0.03732	Baja	19.04	0.41	0	0
10/03/2011	0.12089	Baja	19.04	0.41	0	0
11/03/2011	0.1889	Baja	19.04	0.41	16,400	6724
12/03/2011	0.22336	Baja	19.04	0.41	0	0
13/03/2011	0.20631	Baja	19.04	0.41	0	0
14/03/2011	0.12662	Alta	19.04	0.41	4,800	1968
15/03/2011	-0.01066	Alta	19.04	0.41	5,800	2378
16/03/2011	-0.17876	Alta	19.04	0.41	0	0
17/03/2011	-0.32832	Baja	19.04	0.41	0	0
18/03/2011	-0.40699	Baja	19.04	0.41	4,600	1886
19/03/2011	-0.38665	Baja	19.04	0.41	0	0
20/03/2011	-0.2768	Baja	19.04	0.41	0	0
21/03/2011	-0.11557	Baja	19.04	0.41	0	0
22/03/2011	0.04917	Baja	19.04	0.41	2,400	984
23/03/2011	0.17713	Baja	19.04	0.41	0	0
24/03/2011	0.24654	Baja	19.04	0.41	18,200	7462
25/03/2011	0.25341	Baja	19.04	0.41	12,700	5207
26/03/2011	0.20154	Baja	19.04	0.41	0	0
27/03/2011	0.09869	Baja	19.04	0.41	0	0
28/03/2011	-0.03658	Alta	19.04	0.41	7,800	3198
29/03/2011	-0.17365	Baja	19.04	0.41	0	0
30/03/2011	-0.28356	Baja	19.04	0.41	7,800	3198
31/03/2011	-0.35237	Baja	19.04	0.41	900	369
01/04/2011	-0.38122	Baja	20.46	0.35	0	0
02/04/2011	-0.37557	Baja	20.46	0.35	0	0
03/04/2011	-0.34478	Baja	20.46	0.35	0	0
04/04/2011	-0.29397	Baja	20.46	0.35	7,400	2590
05/04/2011	-0.22397	Baja	20.46	0.35	6,200	2170
06/04/2011	-0.13674	Baja	20.46	0.35	0	0
07/04/2011	-0.04046	Baja	20.46	0.35	5,100	1785
08/04/2011	0.05293	Baja	20.46	0.35	11,100	3885
09/04/2011	0.13069	Baja	20.46	0.35	0	0
10/04/2011	0.17507	Baja	20.46	0.35	0	0
11/04/2011	0.16109	Baja	20.46	0.35	18,900	6615
12/04/2011	0.06801	Alta	20.46	0.35	21,500	7525

Día	Nivel Medio del Mar (Metros)	Tipo de Marea	Temperatura superficial mensual	Proporción muestreo	Algas varadas	Proporción alga
13/04/2011	-0.10144	Alta	20.46	0.35	11,500	4025
14/04/2011	-0.30957	Alta	20.46	0.35	10,300	3605
15/04/2011	-0.49107	Baja	20.46	0.35	2,200	770
16/04/2011	-0.58081	Baja	20.46	0.58	0	0
17/04/2011	-0.5485	Baja	20.46	0.58	0	0
18/04/2011	-0.41387	Baja	20.46	0.58	11,800	6844
19/04/2011	-0.22958	Baja	20.46	0.58	0	0
20/04/2011	-0.05018	Baja	20.46	0.58	12,600	7308
21/04/2011	0.08754	Baja	20.46	0.58	4,700	2726
22/04/2011	0.16712	Baja	20.46	0.58	1,000	580
23/04/2011	0.18547	Baja	20.46	0.58	0	0
24/04/2011	0.1441	Baja	20.46	0.58	0	0
25/04/2011	0.04735	Baja	20.46	0.58	3,700	2146
26/04/2011	-0.08919	Alta	20.46	0.58	0	0
27/04/2011	-0.23459	Baja	20.46	0.58	7,500	4350
28/04/2011	-0.35604	Alta	20.46	0.58	1,000	580
29/04/2011	-0.43681	Baja	20.46	0.58	12,300	7134
30/04/2011	-0.47684	Baja	20.46	0.58	0	0

Fuente: Elaboración propia, con información proporcionada por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) y el Municipio de La Paz, 2010-2011.

Anexo 3. Encuesta de valoración contingente utilizada

ESTIMACIÓN DEL BENEFICIO SOCIAL LOGRADO POR RETIRAR Y USAR LAS ALGAS VARADAS PARA ELABORAR COMPOSTA

1. Planteamiento del problema y la solución

Encuesta No. /



Cada año se presenta una gran acumulación de algas en el malecón de La Paz. Su descomposición causa un olor desagradable y un aspecto poco armonioso con el paisaje. Diariamente, personal del Municipio encargado de la limpieza en coordinación con ZOFEMAT (Zona Federal Marítimo Terrestre), se deshace de la especie varada, transportándola al basurero municipal. Gracias a ello, hoy pueden disfrutarse los paseos y pueden realizarse actividades en la arena del malecón. Sin embargo, el proceso de limpieza actual no es eficiente, gran cantidad de arena es removida de la playa cada vez que se retiran las algas. Las playas del malecón son "playas de relleno", esto significa que arena de arroyos y otras zonas fue depositada en el área del malecón para mejorar la imagen e incrementar la superficie de playa, por lo que con el actual proceso de limpieza no pasará mucho tiempo para que necesiten rellenarse de nuevo. Por otro lado, las algas cuales son altamente tóxicos.

Investigaciones previas, han demostrado que el alga que crece en el malecón (*Ulva*) tiene un gran potencial para explotación comercial que debe ser aprovechado. Puede usarse, entre otras cosas, para la elaboración de alimentos o para minimizar la contaminación de arena, así como el aprovechamiento de las algas para elaborar composta. De acuerdo a un muestreo realizado con el alga recolectada por el Municipio durante un año (abril 2010 – abril 2011), aproximadamente el 44% del peso transportado al basurero es arena, rocas o conchas.



En promedio, se varan mensualmente alrededor de 80 toneladas de alga (libres de arena), con las que podrían obtenerse poco más de 119 toneladas de composta al mes. La composta que incluye algas brinda importantes beneficios: mejora la textura del suelo y contribuye a una mayor retención de humedad, la permeabilidad ayuda a que las plantas aprovechen mejor los nutrientes. Además, mejora la germinación de la semilla, el rendimiento de la planta, crecimiento de la raíz y la resistencia a infecciones o ataques de insectos. La composta sería usada en las áreas verdes de la ciudad, tales como parques, jardines de escuelas y edificios gubernamentales, además de poder venderse al público en general.

1.1 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$5 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.2 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$10 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.3 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$15 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.4 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$20 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.5 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$25 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.6 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$30 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.7 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$35 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.8 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$40 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.9 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$45 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.10 ¿Estaría dispuesto a cooperar \$50 mensuales?

<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Pase a la pregunta 10.11

10.11 Si no estaría dispuesto a cooperar permítanos saber por qué, por favor.

2. De la cantidad establecida anteriormente, ¿Qué porcentaje le gustaría que fuera destinado al proceso de limpieza y qué porcentaje a la Planta de Compostaje?

Proceso de Limpieza	Planta de Compostaje
20%	80%
30%	70%
40%	60%
50%	50%
60%	40%

Otro (especifique): Limpieza _____ %, Compostaje _____ %

3. ¿Cómo le gustaría que se recaudara lo destinado al Programa de Limpieza y Compostaje?

<input type="checkbox"/> Cargo adicional en el pago del agua
<input type="checkbox"/> Creación de un impuesto
<input type="checkbox"/> Otro, especifique por favor.

Otro (especifique): _____

1. ¿Quién considera que debe manejar lo recaudado para ser destinado a la Planta de Compostaje?

1	Gobierno Municipal
2	Gobierno Federal
3	Municipio-Federación

3. Aspectos socioeconómicos

1. Edad: _____

2. Género:

1	Hombre	0	Mujer
---	--------	---	-------

3. Colonia en la que vive: _____

4. Nivel de estudios (especifique los años cursados en el último grado de estudios):

Nivel educativo	Años
1 Ninguno	
2 Primaria	
3 Secundaria	
4 Preparatoria	
5 Técnico	
6 Universidad	
7 Maestría	
8 Doctorado	

5. ¿Cuál es la principal actividad de el/a jefe(a) de familia?

1	Comité ciudadano
2	Gobierno-Comité ciudadano
3	Otro (especifique)

6. Ingreso promedio mensual en el hogar: \$ _____

1	1.200 a 6.500
2	6.501 a 11.000
3	11.001 a 15.500
4	15.501 a 20.000

5	20.001 a 24.500
6	24.501 a 29.000
7	29.001 a 33.500
8	Más de 33.500

7. Comentarios finales: