

UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA  
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
Programa de Maestría en Manejo de Recursos Naturales

**PROPUESTA DE RECUPERACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LOS  
DESECHOS SÓLIDOS, ENCONTRADOS EN LA PLAYA DE LA CIUDAD  
DE PUNTARENAS, EN EL PERÍODO 2009 – 2010.**

Tesis de Graduación sometida a la consideración del Tribunal Examinador,  
del Programa de Maestría: Manejo de Recursos Naturales con Mención en  
Gestión Ambiental, para optar por el grado de:

*Magister Scientiae*

**Por**

**Carlos Pérez Reyes**

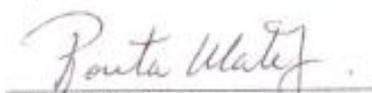
San José, Costa Rica  
2014

Esta tesis ha sido aceptada y aprobada, en su forma presente, por el Tribunal Examinador del Programa de Estudios de Estudios de Maestría en Manejo de Recursos Naturales con énfasis en Gestión Ambiental de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales de la UNED, como requisito parcial para optar al grado de:

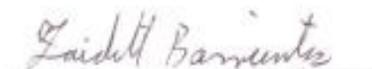
**MAGISTER SCIENTIAE**



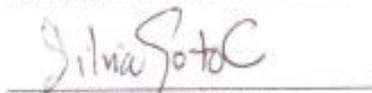
Johnny Valverde Chavarria, Dr.  
Representante Director del Sistema de Estudios de Posgrado



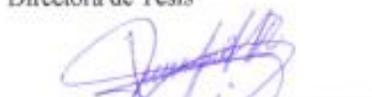
Rosita Ulate Sánchez, Ed.B.  
Representante Director de la Escuela de Ciencias Exactas y Naturales



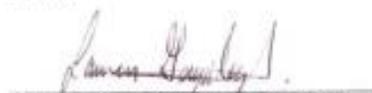
Zaidett Barrientos Llosa, M.Sc.  
Encargado del Programa de Maestría En Manejo de Recursos Naturales



Silvia Soto Córdoba, Ph.D.  
Directora de Tesis



Alvaro Morales Ramírez, Dr.ret.nat.  
Lector



Carmen González Gairaud, M.Sc.  
Lector



Carlos Pérez Reyes  
Estudiante

## Dedicatoria

### **A mi Dios, a quien he invocado en todas mis obras**

### **A mi hija**

Karlita, este esfuerzo es para ti, porque deseo darte lo mejor para tu vida y marcarte el camino correcto para tu superación personal.

### **A mi madre**

Doña Eliette, mi madre, por el sacrificio que hizo para que yo pudiera ser profesional.

### **A mi abuela**

Doña Corina, por alegrarse de mis logros.

¡A ustedes, les dedico este esfuerzo!

## Agradecimientos

Ninguna empresa llega a buen término, sino se cuenta con el apoyo de las personas indicadas; este fue el acierto de este proyecto. Primero, cito a mi tribunal examinador, donde pude aprender bastante y tuve la correcta orientación para obtener los logros deseados. A la Dra. Silvia Soto, por sus conocimientos sobre el tema de los desechos sólidos, es toda una autoridad sobre el tema y eso valida esta investigación, al Dr. Álvaro Morales, por motivarme a iniciar esta idea y apoyarme con sus conocimientos en el área marina, además de mediar para vincular a la M.Sc. Carmen González, quien, definitivamente, aportó valiosos razonamientos sobre la dinámica costera, la granulometría y perfiles de playa.

De igual forma, a la Dra. Zaidett Barrientos por sus apreciaciones tan valiosas. A Gabriela Jones Román, por la exhaustiva revisión que le dio a este trabajo, el cual enriqueció, significativamente, la calidad del mismo. Por supuesto, a la Sede del Pacífico de la Universidad de Costa Rica, por suministrar los recursos necesarios para la investigación, a título de encargada de la Oficina de Investigación, la M.I. Marjorie Jiménez Castro.

Al Lic. Alberto Villarreal, por sus recomendaciones sobre el objetivo de este proyecto, al Dr. Omar Lizano, por sus observaciones sobre la toma de datos de las corrientes marinas y la forma cómo se debían tomar los datos. A Giovanni Ferlini, por su opinión sobre el reglamento de MARPOL para Costa Rica.

A mis asistentes de la Universidad de Costa Rica de Puntarenas, quienes me ayudaron en la toma de datos: Meryllén Carrillo, Josefina Brais, Maureen Álvarez, Andrea Arguedas y Roberto Peraza. Muchas gracias, por su trabajo, el cual no fue nada fácil.

De igual manera, a los estudiantes del Colegio Científico de Puntarenas y, en especial, a la persona del Ing. Gerardo Ramírez, Director del Colegio, por permitir la participación de ellos, en este trabajo. A Priscilla Otárola, por todo el apoyo y preocupación para este proyecto.

Al Lic. Roy Zamora del laboratorio de Polímeros del INA, por los análisis realizados y sus observaciones a esta investigación. Asimismo, a la Estación Biológica de la UNA, por permitir realizar el análisis granulométrico para el estudio del perfil de playa. Al Lic. Erick Umaña Vargas por asesorarme en cuanto a la parte estadística de este trabajo. A Don Carlos Sánchez, de la sección de Tecnología de Materiales del INA, en la Uruca por la orientación para esta investigación. Para la revisión del abstract, a la profesora de inglés, Andrea Fernández Bustamante del INA.

En el análisis económico, al señor Francisco Orellana Vargas del Banco de Costa Rica, Marvin Castro Alvarado, gerente administrativo del INA, Surayabi Ramírez Varas economista del Observatorio de Desarrollo de la Universidad de Costa Rica y al profesor Randall Hernández Mata de la Universidad de Costa Rica.

A mi familia, en especial, a mi tía Lidia, quien nos preparaba siempre un delicioso almuerzo, cuando nos íbamos a recolectar desechos bajo el sol de Puntarenas. A mi hermano Miguel “Lito” Pérez por servirnos de chofer en algunas ocasiones.

## **In memoriam**

Mi padre Anselmo Pérez Castro y mi primo Óscar Reyes Reyes

## Índice de contenidos

Lista de cuadros.....	1
Lista de Figuras .....	2
1. Marco teórico .....	6
1.1 Corrientes marinas, mareas y oleaje.....	6
1.2 Perfiles de playa .....	8
1.3 Desechos sólidos .....	10
1.4 Gestión integral de los residuos sólidos y la responsabilidad social .....	12
2. Introducción .....	16
2.1. Objetivo general .....	22
2.2. Objetivos específicos.....	22
2.2. Hipótesis de Investigación .....	22
3. Metodología .....	24
3.1 Descripción del área de estudio.....	24
3.2 Tipo y cantidad de desechos sólidos recolectados en cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas. ....	27
3.3 Calidad de los desechos sólidos con potencial reciclable .....	32
3.4 Efecto de los factores físicos marinos sobre la procedencia de los desechos sólidos .....	33
3.4.1 Perfil de playa .....	34
3.4.2 Granulometría .....	34
3.5 Análisis económico de recolección, transporte, acopio (mano de obra), reciclaje y reutilización de los desechos reciclables que aparecen en la playa.....	36
3.6 Requisitos de recolección y acopio para el reciclaje de los desechos sólidos que salen en la playa de Puntarenas. ....	37
3.7 Análisis estadístico.....	37
4. Resultados .....	38
4.1. Tipo, cantidad, densidad y generación total de los desechos sólidos en la playa de Puntarenas. ....	38
4.2. Análisis del origen de los desechos: estacionalidad, corrientes marinas, perfil de playa y granulometría. ....	41
4.2.1. Velocidad de la corriente.....	43
4.2.2. Perfil de playa.....	45
4.2.2.1. RECOPE.....	47
4.2.2.2. INCOPECA.....	48
4.2.2.3. PORTO AZUL .....	50
4.2.2.4. Chacarita.....	50
4.2.2.5. Hospital .....	51

4.2.3.	Granulometría.....	51
4.2.3.1.	Granulometría en estación seca.....	52
4.2.3.2.	Granulometría en estación lluviosa.....	52
4.3.	Análisis del potencial de reciclaje de los desechos.....	53
4.3.1.	Entrevistas.....	53
4.4	Análisis económico.....	59
4.4.1.	Desechos sólidos.....	59
4.4.2.	Comparación de costos y beneficios de la recuperación y comercialización.....	60
4.4.3.	Madera.....	63
4.5.	Lineamientos básicos de la propuesta de recuperación y comercialización de los desechos.....	65
4.5.1.	Centro de acopio.....	65
4.5.2.	Personal.....	66
4.5.3.	Recolección y selección de los desechos sólidos.....	66
4.5.4.	Comercialización.....	69
5.	Discusión.....	70
6.	Conclusiones.....	80
7.	Referencias.....	81
8.	Anexos.....	87

## Lista de cuadros

Cuadro 1.1 Manejo de los desechos sólidos al ser recuperados según Tchobanoglous <i>et al</i> (1994)	12
Cuadro 4.1. Densidad y generación total de los desechos que salen en la playa de Puntarenas en el período comprendido entre el 2009 y 2010 en gramos por metro cuadrado.	41
Cuadro 4.2. Tiempo que tarda un tronco de madera en aguas someras, en recorrer una distancia de 15 metros, en marea alta y baja, realizado el 23 de noviembre, 2009.	43
Cuadro 4.3. Perfil de la playa de Puntarenas en el periodo 2009-2010 en época seca	45
Cuadro 4.4 Perfil de la playa de Puntarenas en el periodo 2009-2010 en época lluviosa	45
Cuadro 4.5. Resultado del análisis de DSC aplicado a 5 muestras de plásticos según su tipo al ser recuperados de la playa de Puntarenas, 2011.	46
Cuadro 4.6. Detalle de Mano de Obra a usar Centro de Acopio con los costos mensuales.	60
Cuadro 4.7. Costos de mantenimiento de la vagoneta que recoge los residuos sólidos de la playa de Puntarenas, según las entrevistas realizadas en el año 2010.	61
Cuadro 4.8. Calculo de Depreciación (Amortización) por Equipos e Infraestructura Mensual	61
Cuadro 4.9 Razón de costos mensual efectivo (sin: depreciación, lubricantes, mantenimientos, Herramientas, financiero, reservas, insumos, etc.)	62
Cuadro 4.10. Precios de Productos a Reciclar por Kilogramo	62
Cuadro 4.11. Comparación de los costos y beneficios de la comercialización de los residuos sólidos recuperados en la playa de Puntarenas en el período 2009- 2010.	63
Cuadro 4.12. Comparación de los costos y beneficios de la comercialización de los residuos sólidos incluyendo la madera, que se recupera en la playa de Puntarenas en el período 2009- 2010.	64

## **Lista de Figuras** **9**

Figura 2.1. Perfil de una playa con una escala extremadamente amplia para observar detalles. Fuente: Garrison (2005).	
Figura 3.1. Estaciones de muestreo en la playa de la ciudad de Puntarenas para la ejecución del proyecto de investigación (Fuente: google map)	<b>24</b>
Figura 3.2 Sector RECOPE en la playa de Puntarenas, 2009	<b>25</b>
Figura 3.3 Sector INCOPECA en la playa de Puntarenas, 2009	<b>25</b>
Figura 3.4 Sector PORTO AZUL en la playa de Puntarenas, 2009	<b>26</b>
Figura 3.5 Sector CHACARITA en la playa de Puntarenas, 2009	<b>26</b>
Figura 3.6 Sector HOSPITAL en la playa de Puntarenas, 2009	<b>27</b>
Figura 3.7 Diagrama ilustrado de la metodología utilizada para el estudio de los desechos sólidos en la playa de Puntarenas. 2009	<b>29</b>
Figura 4.1. Número total de desechos sólidos reciclables en (kilogramos) en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.	<b>38</b>
Figura 4.2. Peso total de desechos sólidos no reciclables en (kilogramos) en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.	<b>39</b>
Figura 4.3. Peso total de desechos sólidos reciclables en (kilogramos) que aparecen en la playa de Puntarenas, 2009-2010	<b>39</b>
Figura 4.4. Peso total de desechos sólidos reciclables que en (kilogramos) que aparecen en la playa de Puntarenas según su tipo, 2009-2010.	<b>40</b>
Figura 4.5. Peso en kg de los residuos sólidos que aparecen en la playa según meses. Puntarenas 2009-2010...	<b>41</b>
Figura 4.6. Cantidad de desechos sólidos en términos porcentuales según la estacionalidad de la Playa de Puntarenas, 2009-2010	<b>42</b>
Figura 4.7. Velocidad de la corriente marina en km/h en cinco puntos de la playa de Puntarenas, 2009-2010	<b>43</b>
Figura 4.8. Comportamiento de las corrientes marinas en cinco puntos de la playa de Puntarenas, 2009-2010	<b>44</b>
Figura 4.9 Correlación entre la velocidad de las corrientes marinas con respecto a la cantidad de desechos sólidos que salen en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.	<b>44</b>
Figura 4.10. Relación entre la altura de la berma (m) con respecto a la aparición de desechos sólidos en cinco puntos de la playa de Puntarenas en estación seca y lluviosa en el período 2009-2010.	<b>46</b>
Figura 4.11. Perfil de la playa de Puntarenas en los cinco puntos de muestreo.	<b>47</b>
Figura 4.12. Perfil de la playa en el sector RECOPE en época seca y lluviosa. 2009-2010	<b>48</b>
Figura 4.13. Perfil de la playa en el sector INCOPECA en época seca y lluviosa. 2009-2010	<b>49</b>
Figura 4.14. Diagrama de la playa en el sector Porto Azul en época seca y lluviosa. 2009-2010	<b>50</b>
Figura 4.15. Diagrama de la playa en el sector Chacarita en época seca y lluviosa. 2009-2010	<b>50</b>
Figura 4.16. Diagrama de la playa en el sector Hospital en época seca en el período 2009-2010	<b>51</b>
Figura 4.17. Relación del tamaño de las partículas de arena (en micras) con respecto a la cantidad de desechos sólidos encontrados en la playa de Puntarenas en la época seca del 2010.	<b>52</b>
Figura 4.18. Relación del tamaño de las partículas de arena (en micras) con respecto a la cantidad de desechos sólidos encontrados en la playa de Puntarenas en la época lluviosa del 2010	<b>53</b>

Figura 4.19. Análisis espectroscópico para plástico PET recuperado en la playa de Puntarenas, 2011.	56
Figura 4.20. Análisis espectroscópico para plástico HDPE recuperado en la playa de Puntarenas, 2011.	57
Figura 4.21. Análisis espectroscópico para plástico PP recuperado en la playa de Puntarenas, 2011.	58
Figura 4.22. Utilidades generadas en colones de los desechos sólidos con potencial reciclable en los cinco puntos de muestreo en la playa de Puntarenas 2009-2010.	59
Figura 4.23. Diagrama de comercialización de la madera que aparece en la playa de Puntarenas, 2010	64
Figura 4.24. Marcas del tractor donde se observa la remoción de la duna por la limpieza de los desechos sólidos en el sector del Barrio del Carmen en la Playa de Puntarenas. 2012	67
Figura 4.25. Maquinaria de la Municipalidad en plena recolección de los residuos sólidos, frente al Parque Marino	
Figura 4.26. Depósito de arena por la eliminación de la duna en la carretera del Paseo de los Turistas en el sector del Barrio del Carmen en la Playa de Puntarenas. 2012	68
Figura 4.27. Equipo mecánico para limpieza de playas 2012.	69

## **RECUPERACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS ENCONTRADOS EN LA PLAYA DE LA CIUDAD DE PUNTARENAS, EN EL PERÍODO 2009 – 2010.**

Carlos Pérez Reyes, Maestría Académica en Manejo de Recursos Naturales, Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica. Correo electrónico: cperezr9@yahoo.com

---

### **RESUMEN**

Los desechos sólidos afectan la salud humana, el turismo y la morfodinámica costera, de la playa de Puntarenas. Actualmente, existe poca recuperación y comercialización de los desechos, por parte de diversos actores del lugar. En este estudio, se determinó el tipo y la cantidad de desechos sólidos, con potencial reciclable, los cuales se encontraban en la playa, de la ciudad de Puntarenas, con el fin de solucionar este problema. Para ello, se ubicaron cinco puntos físicos, a lo largo de este sector, en donde se mostraron diferencias significativas, en cuanto a la aparición de los desechos (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) donde la velocidad de la corriente, favorece más la aparición de los mismos en la playa; no así, el perfil y la granulometría. Se recolectó un total de 1548 kg de desechos sólidos, en los cinco puntos muestreados, los cuales, se distribuyeron en 922 kg no reciclables y 626 kg reciclables (PET el más abundante). Los desechos reciclables tienen potencial reciclable, según análisis físico – químicos realizados, porque su punto de fusión y entalpía están muy cerca de los productos vírgenes. Sin embargo, la recuperación y comercialización no es rentable, sin incluir la madera, desde el punto de vista económico. Pero, desde la perspectiva ambiental y social sí lo es, porque se mejora la actividad turística, al tener un escenario limpio y sano; para su entretenimiento y recreación. Faltan medidas más contundentes, por parte del gobierno local y un mayor compromiso de las empresas generadoras de productos, porque a la postre, se convierten en contaminantes. La educación ciudadana y el manejo adecuado de nuestras cuencas serán claves para el futuro de esta playa.

Palabras claves: Desecho, Berma, Puntarenas, Perfil de playa, Corrientes marinas, Reciclaje, Recuperación

## ABSTRACT

Waste affects human health, tourism and the coast's morphodynamics of Puntarenas beach. Nowadays, there is not much effort showed by any of the community's groups to promote this area's recovery. Through this study, it was determined the amount and kind of waste found on Puntarenas beach that has recyclable potential with the objective of solving this problem. To achieve this goal, five physical points were located along this sector, which showed significant differences related to the waste's emerge (Kruskal-Wallis,  $p < 0,05$ ) where the current's speed was the most determined factor to cause it's appear on the beach, except the profile and the granulometry. A total of 1548 kg of solid waste was recollected from the five points where samples were taken from, distributed into 922 kg no recyclable and 626 kg recyclable (PET being the biggest amount). Recyclable waste has recyclable potential according to a physiochemical analysis made because its fusion point and enthalpy are very close to the virgin products. However, from an economical point of view, the recovery and commercialization of this material is not profitable without including the wood. Nevertheless, from an environmental and social perspective it is, because it helps the tourist activity by keeping a clean and healthy scenario that leads to entertainment and recreation. More conclusive actions are needed from the local government and a higher commitment from the companies that produce what later will become contaminated waste. The citizens' education and a proper management of the rivers' valleys will be the key to the future of this beach.

Key words: waste, berm, Puntarenas beach, profile beach, ocean currents, recycling, recovery

## 1. Marco teórico

A continuación, se desarrolla el sustento teórico de esta investigación, el cual contempla, entre otros aspectos: la playa y su perfil, el oleaje y las corrientes marinas, los desechos sólidos, su gestión y responsabilidad social.

### 1.1 *Corrientes marinas, mareas y oleaje*

Se hizo el siguiente análisis sobre el tema, basado en las referencias de Glenans (1995) y Quintana (2001) con el fin de establecer el efecto de los patrones físicos, en mares y océanos, sobre el depósito de desechos sólidos en el mar.

La forma de la superficie, de los mares y océanos, guarda estrecha relación con la fuerza del viento, que sopla sobre ella. Cuando el viento sopla sobre un mar en calma, el rozamiento del aire origina pequeños pliegues sobre el agua. Estos pueden ser pasajeros, pero si el viento persiste, empiezan a formarse *ondas y olas*.

El viento causa, en el mar, lo que una piedra causa al caer sobre un charco. Surgen unas ondulaciones llamadas ondas en la superficie del mar, la cual da la impresión de movimiento de la misma agua, en su desplazamiento, siendo, en realidad, la energía circular se desplaza y no el agua en sí. Al paso de cada onda, las partículas líquidas, únicamente, realizan un movimiento orbital, en el mismo lugar.

Una botella o cualquier objeto flotante, a merced del mar, al pasar la onda, la botella sube por la pendiente, avanza un poco, una vez, que pasa la cresta, baja y vuelve a desplazarse hacia atrás, hasta colocarse más o menos, donde estaba al principio. Situación similar ocurre, cuando una embarcación navega en la misma dirección de las olas, experimentamos un movimiento brusco hacia adelante, pero una vez pasada la onda, el barco se frena. Conclusión: las ondas no corresponden al desplazamiento horizontal del agua. Las olas, en contraposición, es un rompimiento de la onda, sea en mar abierto y en la orilla de la playa. El oleaje es el último proceso de arrastre de los desechos sólidos a la zona de duna; pero por sí misma, no transportan los desechos a la costa.

Las *corrientes marinas* son desplazamientos de grandes masas de agua a través de los mares y océanos del mundo. El movimiento, de esas masas de agua, se define por su dirección, velocidad o intensidad. La gran cantidad de energía, que transportan en forma de calor o frío, ejercen una influencia directa en la zona costera y sobre el clima, en general.

El origen, de estos movimientos de agua, se atribuye a varias causas, entre ellas se destacan cuatro: (a) la diferencia de densidad de las aguas: a variaciones de temperatura y salinidad de las masas de agua (corrientes termohalinas). Si se evapora el agua de la superficie, se vuelve más salada y más densa. En zonas de mayor precipitación, la densidad disminuye, por efecto de dilución, como el café muy fuerte que se diluye con agua caliente; (b) el transporte, provocado por el viento, dado que, el rozamiento provoca el desplazamiento de la capa superficial del agua, durante mucho tiempo; (c) gradientes de presión, ocurren cuando dos masas de aguas de distintas densidades se encuentran, provocando superposiciones de aguas y movimientos; (d) y a las mareas, son provocadas por el fenómeno de las mareas, causadas por las atracciones de las masas.

Todas las corrientes están afectadas por la fuerza de *Coriolis*. Las corrientes, que estén ubicadas al hemisferio norte, por esta fuerza, se desviarán a la derecha; mientras que, las ubicadas, en el hemisferio sur, giran a la izquierda. Casi todas las corrientes generan contracorrientes locales o de amplia distribución, basados, fundamentalmente, por la temperatura en las aguas superficiales o de media columna de agua.

Entre más cerca se esté de la costa, más deprisa se forma la corriente y más velocidad adquiere. Los desechos, que estén en superficie o bajo el mar, tienen un desplazamiento por las corrientes marinas y el viento principalmente.

El efecto *marea*, en el arrastre de los desechos, ya que existen, algunas mareas transportan más desechos que otros. En un lugar determinado, la atracción gravitacional de la luna es la máxima cuando está en el cenit. Cuando esto ocurre, en el mar, las masas de agua se hinchan en detrimento del lado contrario de la Tierra.

La acción del sol es menos intensa, pero refuerza el efecto de luna. Cuando los dos astros se sitúan uno en la prolongación del otro, ya sea por conjugación (dos al mismo lado) o en oposición (en cada lado de la Tierra) se dice que, la luna y el sol están en sicigia, es decir, se están sumando sus efectos gravitatorios, siendo la máxima atracción al mar, ello se traduce en las conocidas mareas vivas. Al contrario, cuando el sol y la luna están en ángulo recto, en relación con la tierra (como la forma de pie de rey), sus efectos se restan, dando como resultado las mareas muertas.

La luna da la vuelta a la Tierra en 29 días y durante este ciclo, habrán ocurrido dos mareas vivas y dos mareas muertas. Las mareas muy grandes tienen lugar en los equinoccios, cuando el sol y la luna se alinean en el Ecuador, contrario, los solsticios, cuando se dan las mareas vivas, son más pequeñas.

Por otra parte, puesto que, el día lunar tiene una duración de 24 horas y 50 minutos, 50 minutos es lo que se retrasa cada día en salir la luna. En otras palabras, para que la luna pase dos veces sobre su cabeza deberá transcurrir 24 horas y 50 minutos. Esto explica la razón del atraso de las mareas por 50 minutos de un día para otro. En 24 horas, deben ocurrir dos pleamares y dos bajamares. En el momento de la pleamar, cuando se da la principal deposición de los desechos sólidos, en la zona de duna de la playa.

Las mareas, también, generan corrientes. La velocidad de las corrientes de las mareas influye mucho en la orografía de la zona costera. Las aguas adquieren mucha velocidad, en las desembocaduras de los ríos y canales estrechos. Las corrientes de marea se alternan cada 6 horas, en las zonas costeras, los horarios e intensidades varían en cada lugar, pues se efectúan atrasos, dependiendo de la extensión y gradiente de la conformación orográfica de la cuenca correspondiente.

Una combinación de corrientes, con la dirección del viento, a favor de la misma, hacia la costa, origina un levantamiento del nivel del mar y empuje neto de objetos flotantes. A estos vientos, por cierto, se les llama vientos de aflujo, en Puntarenas, los pescadores le llaman vientos del sur. Estos vientos ayudan a la deposición de objetos sólidos flotantes, en la orilla de la playa de esta ciudad.

Otras corrientes se forman por un viento permanente, que genera una pendiente en la superficie del mar. La corriente que surge de este evento, intenta mantener esa depresión o pendiente, pero por el efecto Coriolis, hace que, la corriente se desvíe de forma paralela hacia la costa. Estas corrientes son las que depositan los desechos sólidos en la zona costera, en época de temporales, por ejemplo.

## ***1.2 Perfiles de playa***

Según Medina *et al.* (1995) las playas están sometidas a constantes cambios. Los materiales depositados tienen origen diverso. Las olas llevan los sedimentos. Dichos sedimentos vienen de la acción de arrastre de los ríos. Esto provoca que, el perfil de la playa cambie de acuerdo con el cauce de los ríos, según los ciclos estacionales. En época seca, el caudal baja, considerablemente, pero se incrementa en la época lluviosa, Bejarano (1997) asegura que existe mayor erosión en época de tempestades y eso provoca la acumulación de nuevo material al sistema (ver Figura 2.1)

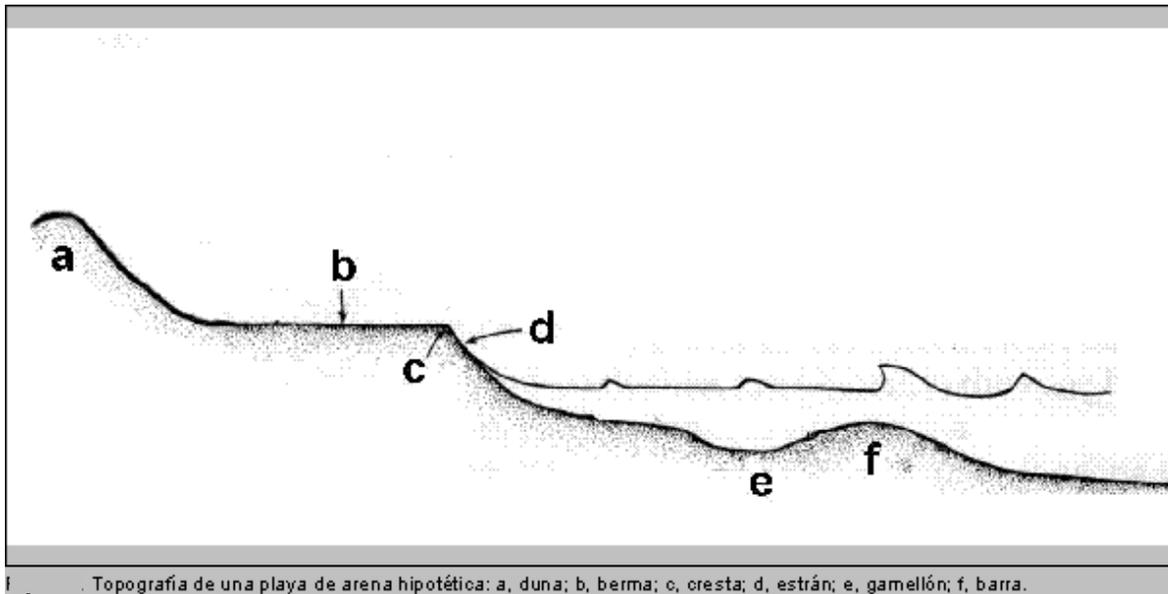


Figura 2.1. Perfil de una playa con una escala, extremadamente, amplia para observar detalles. Fuente: Garrison (2007).

Por tanto, el perfil irá cambiando y puede ser: cero, positivo o negativo y depende de causas naturales y artificiales. Según Carranza (en Yáñez 2010) como naturales se tiene (1) erosión de promontorios, (2) huracanes y ciclón, (3) inundaciones, (4) actividades tectónicas y (5) deslizamientos submarinos. Dentro de los factores artificiales, señala, como principal actor, al ser humano, enumerando los factores: (1) calentamiento global, (2) extracción de líquidos, (3) represamiento de ríos y (4) movimiento de tierras para construir casas y hoteles. Por tanto, la forma de los perfiles es el resultado de un proceso de transporte y acumulación muy complejo; y en ella subyace un estudio de la dinámica costera (Zetina *et al.* 2008).

El estudio de la dinámica costera demanda de análisis cuantitativo de la altura, amplitud, pendiente o perfil, y volumen de la playa. Los perfiles de playa representan un instrumento que ayuda a evaluar el estado y los cambios en las playas arenosas es de gran utilidad en la gestión y la recuperación de playas. Mide la evolución de la playa en el tiempo. Lamentablemente, este tipo de investigaciones son recientes y no se tiene un historial geológico de las playas; sin embargo, los estudios geológicos permiten recrear la gestación de una playa.

En el caso específico de Puntarenas, Denyer *et al.* (2004) hicieron un estudio muy interesante sobre la evolución de la barra arenosa de Puntarenas y el cual sirve como base, para comprender el

comportamiento de los desechos. El estudio revela datos importantes, dado que, el principal formador de Puntarenas es el río Barranca, el cual aporta sedimento, que se va acumulando en la línea de costa del área de estudio.

Los sedimentos dan origen a un sustrato arenoso, no consolidado, el cual da pie a transformaciones rápidas en el sistema. Este es motivo de preocupación, porque puede producir licuefacción, en algún movimiento sísmico, lo cual podría provocar hundimientos de infraestructura en el suelo; además de su poca altura, que lo vuelve vulnerable a los *tsunamis*. Los análisis fueron hechos entre la época de transición: de la seca a la lluviosa, lo cual es valioso para el presente estudio.

La formación de esta barra se dio en dirección E-W, lo cual es poco común en Costa Rica. La razón, de este evento, deriva de la dirección del oleaje, el cual viene de la zona de Barranca a la Punta en dirección N-S según Denyer y Kussmaul (2000). El estudio de Denyer *et al.* (2004), revela la aparición de tres tipos de corrientes, ellas son fundamentales, porque son las responsables del transporte de desechos sólidos a la playa: (1) corriente de marea, la cual transporta sedimentos en fracciones finas, desde los canales del estero a la playa, su transporte es de NO – SE; (2) las corrientes de oleaje las cuales acumulan fracciones de arena y dan forma a Puntarenas. Llevan sedimentos de la zona marina a la costa. Su dirección es hacia el NO y (3) las corrientes de litoral las cuales acarrear sedimentos por las corrientes de oleaje y redistribuirlos a lo largo de toda la barra y también, llevar los sedimentos del río Barranca, hasta la misma barra. Tiene una dirección SE-NO. Este conocimiento permitió establecer el comportamiento de los desechos y su distribución.

Los seres humanos han cambiado a Puntarenas, en menos de 50 años, por ejemplo, la Angostura fue construida a partir de un muro de rocas que ha impedido la erosión de la parte subaérea. De no haberse hecho esto, muy probablemente, Puntarenas sería hoy, una isla.

### ***1.3 Desechos sólidos***

Los desechos sólidos se clasifican en: (1) papel, (2) latas de aluminio, (3) vidrio, (4) plásticos, (4) chatarra y latas de acero y (5) neumáticos (Lund 1996). En el caso de los plásticos, se clasifican con base en un número que aparece encerrado en un triángulo o dentro del símbolo del reciclado, en el fondo de los mismos. Lund (1996) y García *et al.* (2000) explican dicha clasificación, indicando que muchos de los envases plásticos pueden clasificarse.

1. **Polietileno teristálico** (polietileno, 1-PET). Es un plástico, totalmente CLARO. Es el de las bebidas gaseosas y de agua, por ejemplo. El plástico reutilizado se utiliza hoy en la elaboración de botellas de Coca Cola.
2. **Polietileno de alta densidad** (2-PEAD). Plástico opaco que, se hace a partir de una resina elástica que se endurece. Incluye: envases de leche, agua, jugos, blanqueadores, detergentes, envases de aceite de motor y jabones.
3. **Cloruro de polivinilo**. (3-PVC). Plástico claro o azul claro. El fondo del envase tiene orejas, si se pellizca el envase, queda una línea opaca. Incluye: envases de limpiadores de ventanas y detergentes en polvo. También, se usa en el empaquetamiento de resina, aislamiento de cables y alambres eléctricos, tuberías de plástico. Es una resina de alta calidad y necesita poco tratamiento. Actualmente, se recicla poco.
4. **Polietileno de baja densidad**. (4-PELD). Incluye los plásticos utilizados para empaques de comida, envolturas que se contraen y bolsas de empaque. En 1988, se produjeron 1.6 billones de kilos. Se ha considerado el uso de bolsas plásticas y pañales desechables y se está estimulando el uso de bolsas biodegradables.
5. **Polipropileno**. (PP). Incluye botellas opacas con costuras en el fondo y pajillas. La mayoría de los envases de: mantequilla, margarina y yogurt. Pero, también, en las cajas que recubren las baterías están hechas de este material, tapas de recipientes, etiquetas de botellas y otros. Los procesadores de baterías de plomo recuperan el polipropileno.
6. **Poliestireno**. (PS). Se producen, al año, 2 300 000 000 de kilos de poliestireno en EEUU. El 25% se usa para empaquetar comida. Puede ser claro, duro o en forma de espuma. Usualmente, es quebradizo. Es común en platos, cubiertos, vasos plásticos desechables, así como, las cajas de huevos y charolas para carne. Se ha realizado una recuperación, para transformar este plástico en varios artículos como: espuma aislante, bandejas para servir comida, recipientes de basura, accesorios de oficina.

Como se vio, en la introducción, los desechos, que más aparecen en la playa, son los plásticos, seguido de latas, vidrio y otros. Dentro de los plásticos, el tipo PET fue el más frecuente, seguido de los HDPE Y PP respectivamente (Stessel 2004, ASOCIACIÓN TERRA NOSTRA 2005 y Vega 2008). Este sistema de clasificación será el que se implementará para este trabajo de investigación.

### 1.4 *Gestión integral de los residuos sólidos y la responsabilidad social*

Lund (1996) advierte que el reciclaje, el cual comprende la recuperación de los desechos sólidos, es parte de una estrategia de gestión de residuos sólidos. El crecimiento desmedido de las poblaciones humanas y la inadecuada manipulación de los desechos, han obligado al ser humano a tomar un rumbo hacia la gestión integral de los residuos sólidos, que producen.

Por gestión integral de residuos sólidos, se entiende como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación, hasta la disposición final, según se define en la Ley 8839, para la Gestión Integral de Residuos (Lobo 2011).

Dentro de la gestión ambiental propuesta, en este trabajo, está que, los materiales recuperados, requieren estar homogenizados y libres de contaminantes, para evitar defectos importantes al producto final. Algunas empresas adhieren requisitos importantes para su reciclaje (Tchobanoglous *et al.* 1994).

Si usted decide llevar los desechos recuperados a un centro de acopio debe considerar este punto; en el cuadro 1.1 se establece los requisitos.

Cuadro 1.1 Manejo de los desechos sólidos al ser recuperados, según Tchobanoglous *et al* (1994)

<b>Manejo</b>	<b>Plástico</b>	<b>Vidrio</b>	<b>Latas</b>	<b>Papel y cartón</b>
Con etiqueta	X	x	X	x
Con tapa	X	x	X	x
Sin residuos	X	x	x	x
Llevar compactado	X		x	x
Llevar en bolsas	X		x	x
Con anillos		x		
Separado por color		x		
En cajas		x		
Tostados por el sol	X			
Separado por tipo	X			
Cordel y en pacas				x

La gestión ambiental debe ser integral. Este concepto obliga a participar a todos los actores involucrados con desechos sólidos. Desde los ciudadanos, que deben clasificar los desechos y las municipalidades, los deben tratar adecuadamente. Astorga (en López 2007) lo define como el conjunto de acciones encaminadas a conocer y actuar sobre los procesos ambientales, para reducir los impactos negativos y potenciar los positivos de la actividad socioeconómica, propiciando interacciones armónicas fundamentadas en una coordinada información multidisciplinaria y en la participación ciudadana.

Por tanto, la Gestión ambiental dicta las políticas para reducir la contaminación y la gestión integral de los desechos sólidos y se deriva, precisamente, de este concepto.

Lund (1996) hace un análisis detallado de lo que sucede con los desechos sólidos a nivel global y es importante contemplarlo en este análisis. De todo lo que se recupera, prácticamente, el plástico es el más importante componente de los desechos. Sin embargo, en peso apenas es de 20% de 180 millones de toneladas recuperadas, anualmente, en Estados Unidos. La mayoría de los plásticos corresponden HDPE, LDPE y PP por su rigidez. Todo reciclaje necesita de cuatro etapas:

1. Recolección
2. Selección de materias primas
3. Recuperación de la materia prima
4. Mercados y clientes

Hoy existen incentivos para que se den estas etapas (1) mayores tarifas de vertedero, (2) legislación, que obliga a un contenido de material reciclado, (3) demanda del mercado sobre productos con contenido reciclado y (4) el precio del petróleo. La calidad, de estos desechos, tiene un impacto importante sobre la economía del reciclaje. Ello se debe a la mezcla empleada de polímeros por el consumidor y la limpieza y separación de estos polímeros. Entre mejor sea esta actividad, mejor utilidad tendrán los desechos reciclados; no obstante, todo lo anterior sería inútil sin la participación ciudadana.

La clave del proceso está en educar a los ciudadanos. Esto lo recalca Sandoval (2011) cuando hace un enfoque de la cultura y la educación en el manejo de los desechos sólidos de los costarricenses. Es obvio considerar que, las personas lanzan los desechos sin importar el sitio, porque piensan que alguien se va a ser responsable de los mismos.

Hoy, la educación ambiental vendría a remediar el proceso, dado que, la cultura no es involutiva, sino, evolutiva y se puede modificar, a partir del repetir, en el aprendizaje. Este proceso es clave para

desarrollar una gestión integral de los desechos, según relata la autora. En esto, concuerda Mussmani (2011) al afirmar que, solo el abordaje sistémico del problema y la venta de una idea de vivir en un ambiente sano, es lo más adecuado, para el bienestar social, lo cual llevará a evolucionar como país.

Otro actor importante, son las firmas que elaboran productos para el consumo. Los modelos de desarrollo aceptados, en la actualidad, promueven el consumismo desmedido. Esto provoca un intensivo uso de la materia y energía, aumentando la extracción de recursos primarios, demanda más energía y produce más desperdicios. Dentro de las políticas empresariales, en el momento de montar un presupuesto anual, la empresa no contempla los daños ambientales de sus productos postconsumo. Inclusive, dentro de la actividad operativa, la contaminación ambiental es omitida o disimulada con algunas acciones, dentro de estas prácticas, está la paga de la multa por hacerlo.

Los consumidores son los únicos responsables por los desechos. Ellos pagan por el producto y también deben pagar, por su recuperación, en algunas ocasiones.

Actualmente, la fase operativa se está viendo, analíticamente y uno de los pensamientos que están cambiando, este modo de actuar, es la producción más limpia. Con ella, se reducen gastos innecesarios y se minimizan los impactos ambientales, hacen que, el uso de las materias primas, sea más eficiente y, a la vez, se reduzcan residuos y emisiones, se favorezca el uso racional de la energía, al reducir los costos operativos, mejorando el control administrativo y, por supuesto, mejorando la rentabilidad (Gaviria 2005). Sea mucho o poco, la contaminación ambiental es un proceso externo al productivo. Esto hace que, algunas empresas no asuman su responsabilidad por los productos postconsumo y con ello, se viola, hasta cierto punto, la ética y la moral, en nuestra sociedad. Por esto, ha surgido el concepto de responsabilidad social empresarial.

Zicari (2006) realiza un análisis profundo sobre la responsabilidad social que deben tener las empresas ante la contaminación ambiental. Asimismo, hace una revisión sobre el concepto y detalla lo siguiente:

1. Forma de gestión que se define por la relación ética de la empresa con todos los públicos.
2. Gira entorno a conductas esenciales de las empresas y la responsabilidad, por su impacto total en las sociedades.
3. Es la responsabilidad que tienen las personas, instituciones y empresas para contribuir al aumento del bienestar de la sociedad.
4. Ciudadanía corporativa hace referencia a la manera como la empresa integra valores sociales básicos con sus prácticas comerciales, operacionales y políticas cotidianas.

5. Compromiso de las empresas para contribuir con el desarrollo económico sostenible, trabajando con los empleados, sus familias, la comunidad local y la sociedad, en general, para mejorar su calidad de vida.
6. Constituye, en un compromiso de cada empresa, en tanto, actor social, establece, con sus grupos de interés, procurando mejorar en forma sostenible, las condiciones del negocio y la calidad de vida de la sociedad en su conjunto.
7. Es la capacidad que tiene la empresa de gestionar, sustentablemente, la relación entre los recursos económicos, sociales y ambientales, aplicados al desarrollo de sus actividades.
8. Es el proceso, a través del cual, las empresas asumen la responsabilidad de su accionar-manifestado en sus productos y en la cadena de valor- en los campos social, económico y ambiental, rindiendo cuentas y dialogando con los interesados.
9. Es una visión de los negocios, que integra el respeto por los valores éticos, las personas, la comunidad y el ambiente, en el contexto de sus operaciones diarias en los procesos de toma de decisiones operativas y estratégicas.

El énfasis cambia en ese triángulo. Para naciones desarrolladas, el mayor peso, se lo dan a la parte ambiental, mientras que, en naciones subdesarrolladas es la parte social.

La gestión ambiental debe ser liderada por las municipalidades o gobiernos locales. Se debe establecer varias etapas, según Tomasini (S.A): (1) medición del daño del recurso, (2) identificación de las fuentes de ineficiencia, en el manejo del recurso natural, (3) cuantificar monetaria o ambientalmente, las ineficiencias y finalmente (4) definir el plan de gestión ambiental, que conlleva regulaciones administrativas, políticas y económicas. El fin es elevar el nivel óptimo de calidad ambiental, para balancear los costos de esa protección, con los costos marginales de la limpieza del ambiente. Se debe tener presente, en todo momento, la degradación del ambiente constituye un problema económico, porque desaparecen valores importantes en los bienes y servicios locales, se tornan, a veces, de manera irreversible.

## 2. Introducción

Los desechos se definen como aquellos materiales, que quedan de la actividad cotidiana, se diferencian del término basura, en su capacidad de reuso o reciclaje (PROARCA 2005). Batstone *et al.* (1989) agregan, a esta definición, el sentido, que las personas dan sobre estos, es decir, carecen de valor o uso.

Otra definición lo establece, como cualquier material, que se considera inútil por su dueño y si los encontramos en la costa, se establece como desechos marinos (Stessel 2004). Según Stessel (2004) el problema de la contaminación, por desechos sólidos, data desde la presencia del ser humano, así como, se encontró un rótulo de hace 2500 años, antes de Cristo, en la India, en donde se indicaba “cuide su basura”; en el mismo lugar, se encontraron luego, casas hechas con desechos de aquella época.

Por tanto, los desechos sólidos, de origen antropogénicos, fueron un problema y en la actualidad, la situación lejos de mejorar, más bien, se ha complicado mucho.

En este sentido, se estima que, las costas reciben, principalmente, plásticos y recipientes metálicos por actividades pesqueras y transporte marítimo (Vargas y Acuña 2003). Solo en plásticos, a nivel mundial se producen 138 millones de toneladas y de esos, 10 millones llegan al mar (Vega 2008). Parte de estos desechos, son objetos flotantes que tienen, como principal efecto, el obstruir las actividades marítimas en áreas costeras, como: la pesca y el turismo. Su presencia afecta la dinámica de las aguas y afea el paisaje.

La problemática nace, directamente, del modelo socioeconómico, el cual considera a la contaminación, como un proceso externo, a la producción empresarial y se incrementa con el crecimiento de la población humana, en especial, en países que intentan imitar estos estilos de vida, en países subdesarrollados: el resultado es el incremento de los desechos en el planeta de forma desmedida (Stessel 2004).

Los desechos sólidos compuestos por: botellas, envolturas de alimento y todo tipo de plásticos causan mucho daño a los animales marinos, por su ingesta. Esto es evidente en: aves, tortugas y peces. Se encontró, por ejemplo, en el tracto digestivo del marlín negro *Makaira indica* y el pez lanceta *Alepisaurius ferox*, la presencia de plásticos (Fujieda *et al.*; 2008) (Cooper & Corcoran 2010).

Asimismo, se registran pequeños fragmentos de plástico en tejido, lo cual ha provocado una baja en el consumo humano, por pérdida de calidad (Fujieda *et al.*; 2008) (Cooper & Corcoran 2010). Fournier (2002) añade a este problema los innumerables peces que quedan atrapados en los anillos de seis de gaseosas y cervezas, así como, el problema, cuando las tortugas ingieren bolsas plásticas o trozos de plásticos. Los microplásticos pueden afectar la salud humana, al consumir estos animales, por su toxicidad.

Los desechos en la playa crean un ambiente apto para la propagación de: insectos, roedores, otros vectores de enfermedades humanas y otros animales, que habitualmente, consumen en su dieta como: aves, cerdos y ganado (Dellsperger *et al.* 2003).

Algunos desechos sólidos flotantes son lanzados directamente a la costa, otros llegan a la playa gracias a la acción del viento, corrientes y mareas (González 2008, com.pers.). A veces, la contaminación es puntual, como sucedió en El Salvador, donde una empresa fue acusada por la comunidad de una playa, por lanzar sus desechos al río, que alimentaba precisamente esta costa (Ecología política 1991). García *et al.* (2000) advierten que, estos desechos tardan años en descomponerse, cita el caso de las latas que duran hasta 100 años en degradarse, mientras, un envase de aluminio dura 400 años, el plástico 500 años y el vidrio es indefinido.

El 80% de los desechos, que aparecen en la zona costera, son generados en tierra y no en el mar, como se podría pensar (Asociación Terra Nostra 2005). Los ríos, lagos, esteros y alcantarillados son las fuentes principales. Ellos llevan estos desechos, finalmente, al océano para que sean depositados en estos lugares, los desechos no reciben ningún tratamiento. Con el tiempo, son destruidos por la acción del oleaje y el sol, o bien, permanecen moviéndose, paulatinamente, hasta erosionarse; formando fragmentos pequeños de plástico y vidrio.

Estos desechos, de origen terrestre, circulan en las costas, forman parte de la idiosincrasia costarricense, dado que algunas personas no llevan sus desechos a los sitios de recolección; sino que, los lanzan, deliberadamente, donde se les ocurra. Se estima que, por día, 800 000 kg de los desechos, no son recolectados y se botan en lugares no aptos (Bonilla y Meza 1994).

Paralelo a la acción ciudadana y el mal manejo de los desechos, está el problema de la recolección de los desechos sólidos, por parte de las municipalidades. El Centro de Productividad Nacional (CEPRONA) (2008) indica que, Costa Rica produce 11 000 toneladas métricas de basura diaria, de los que 9 000 toneladas pueden ser recicladas perfectamente.

El 59% de las municipalidades siguen depositando sus desechos sólidos en botaderos de basura y la recolección de los desechos sólidos, se da en un 69 % (García *et al.* 2000). Una estimación, realizada por la Municipalidad de San José, en 1994, concluye que, la basura producida, corresponde a un 57,9% en materia orgánica, un 18,8% de papel, 11,3% de plástico, 4,4% de telas, 2,2% de vidrios, 1,9% de metales y 1,3% de sedimentos (Bonilla y Meza 1994). Dichas cifras corresponden a los desechos domésticos y no a la de playa, dado que, la composición varía, considerablemente, cuando se trata de desechos sólidos que se encuentran en la playa. Asimismo, en Puntarenas, ya se han realizado estudios al respecto.

La ciudad de Puntarenas fue el primer destino turístico, en el país, hasta los años 1980, cuando este decreció sin poder recuperarse hasta el momento (Chen 2010). Uno de los motivos, de este fenómeno, fue la contaminación de su playa (Chen y García 2007). La recolección de los desechos sólidos, en la ciudad, se da, exclusivamente, en domicilios y hogares. Se recolectan 155 toneladas por día, más 40 toneladas de desechos industriales. Todo se lleva al botadero de Zagala (García 2007), esto incluye, al sector de la playa, donde, según Angulo y Soto (2011), los costos oscilan los 6 millones de colones al mes y comprende de la Punta, hasta el REPCOPE. Se recolectan hasta 10 toneladas en 8 horas. El sector de la playa que se limpia, es una pequeña porción, con respecto al total de la playa. Se han hecho estimaciones sobre estos desechos.

Los desechos sólidos no degradables han sido cuantificados en la ciudad, desde hace tiempo atrás. Las cifras son elocuentes: tan solo de 1985 a 1989, se determinó que, en 6 km de playa, se depositaron 165 000 kg /año, sin contar rocas y cantos (Blanco y Mata 1994). Para 1989, se estimó la existencia de 27,5 kg. /m de basura en la playa. La limpieza, de cada metro, demanda 5 minutos por persona (Blanco y Mata 1994).

Lo más interesante fue conocer que el 60% de los desechos orgánicos están constituidos por: cocos, semillas, hojas y papeles, no tanto desechos, no degradables en aquel momento (Blanco y Mata 1994). Otros estudios posteriores, realizados en la misma zona, revelaron que en 8 km de playa se registraron 500 toneladas de desechos sólidos por año (Vargas y Acuña 2003). Comparando estos resultados, de 1985 a 1989, apareció tan solo un tercio de lo recolectado en 2002. Ello demuestra el aumento en el volumen de desechos sólidos en la playa.

Hasta la fecha, fundaciones, como: la Asociación Terra Nostra (2005), realizan estudios de recolecta en varias playas del país, incluyendo la ciudad de Puntarenas, donde se derivan datos tales como, el 56% de los desechos sólidos que salen en la playa son botellas plásticas, 17% tapas de botella, 11% platos desechables, 11% latas de bebida, 10% filtros y cigarrillos, 8% bolsas y el resto corresponde a pajillas y

botellas de vidrio principalmente. Llama la atención el plástico, dado que, Costa Rica importa 180 mil toneladas anualmente, en resina o producto terminado, es decir, se está incrementando la cantidad de desechos plásticos (Vega 2008) y eso se ve reflejado con la deposición de desechos en la playa.

La UNEP o United Nations Environment Programmer (2002) hace un llamado para realizar estudios relacionados con la cuantificación de desechos en la playa. La magnitud y ritmo de salida y entrada de los desechos sólidos en la orilla de la playa; dependen de las dimensiones y las características físicas de cada playa. Por tal motivo, las corrientes marinas son importantes, para comprender esta dinámica de los desechos en cualquier playa. Es tan fundamental, porque su impacto se incrementa, cuando las precipitaciones anuales aumentan o por la influencia de un huracán.

Al tomar fuerza las corrientes, la presencia de desechos sólidos en la playa se incrementa, mientras que, durante el fenómeno conocido como “El Niño” ocurre lo contrario, debido a la disminución de las lluvias (UNEP 2002). De igual manera, la deposición de estos desechos no es la misma, en toda la playa. Existen sitios donde se da mayor acumulación, especialmente, en la zona de berma y duna. Los estudios de perfil de playa permitirían conocer, precisamente, esta situación; de tal manera que, se puedan focalizar mejores estrategias de recolección de los desechos.

Hoy, existen proyectos turísticos que establecen, dentro de sus objetivos, la recolección de estos materiales en la playa, uno de ellos, es el programa de Bandera Azul Ecológica. En el caso de Puntarenas, para obtener la certificación, se debe realizar la limpieza de la playa del sector turístico, esta es llevada a cabo por mujeres de la comunidad, empleados de la municipalidad y su maquinaria. Los desechos son llevados a un centro de acopio y de ahí, a su posterior reciclaje (Gómez 2009, com. pers.).

Lamentablemente, esto no se hace en toda la extensión de la playa, solamente se recolecta desde el sector de la Punta hasta el Muelle de Cruceros. La Municipalidad indica que, no puede meter maquinaria en el sector del Cocal, porque la misma quedaría hundida en la arena (Gómez 2009, com. pers.).

Los desechos sólidos eran recolectados en la playa y se trasladaban a un centro de acopio de la Universidad de Costa Rica, por parte de un grupo de mujeres de sectores urbano marginales de Puntarenas. Hoy, el centro fue cerrado, por la administración de la Universidad de Costa Rica.

A pesar de estos esfuerzos, los desechos aparecen, permanentemente, en la playa. Al investigar en la Municipalidad, se concluye que, existe un desconocimiento de la cuantificación de los desechos por metro por metro de playa, en un año en los 13 km de extensión. Se desconoce la tasa de reposición de basura en

un metro de playa limpia. De igual manera, no se conoce el valor económico de los desechos sólidos, que en total, se pueden reciclar y generar alguna utilidad por su venta (Gómez 2009, com. pers.). Según Batstone *et al* (1989) este conocimiento es clave para realizar un análisis de costo – beneficio, en términos de: salud, protección y conservación del recurso natural.

Ante esta carencia, las autoridades municipales deben tomar decisiones pragmáticas y, muchas veces, imprecisas, por desconocimiento. Por tanto, Batstone *et al* (1989) proponen programas de mitigación de los desechos, donde cualquier desecho se reduce, recicla o trata mediante actividades muy bien estructuradas.

Un ejemplo, ocurrió en Nosara de Guanacaste, donde se hizo una campaña de recolección de desechos sólidos, tanto en la playa, como en la comunidad. Este esfuerzo permitió recolectar 1 124 toneladas métricas de desechos sólidos con potencial reciclable, lo cual generó \$104 197 / año de utilidad por su venta (Vega 2008). Esta experiencia podría ser emulada en otras zonas costeras del país, dado los beneficios ambientales y económicos.

En Puntarenas, se podrían recuperar los desechos sólidos de una forma permanente, durante todo el año, generando rentabilidad económica y buena calidad ambiental. No obstante, la solución no es definitiva. Muchos desechos sólidos seguirán apareciendo en las costas sin poder recolectarse. Careaga (1993) advierte que, aunque puedan existir números tan optimistas, con este tipo de proyectos, siempre quedará un remanente fluctuante en nuestras costas por recolectar, es decir, ningún programa solventará los problemas de contaminación por desechos sólidos, en la zona costera al 100%. Por consiguiente, es imperioso que, el gobierno local, ya sea en forma de propuesta o por presión social, contrate un grupo de personas, para que se dediquen a la recolección de estos desechos en la playa, de manera remunerada y con cargas sociales. Este mismo grupo podría, eventualmente, llevar los desechos a un centro de acopio y vender este material a empresas recicladoras, en un proceso de autogestión evidente.

La experiencia, observada, de las mujeres que trabajaban en el centro de acopio de la Universidad de Costa Rica, es un testimonio de cómo se puede llevar a cabo una empresa como esta. Su fracaso obedeció a que no eran remuneradas, el equipo de trabajo no era suficiente para todas, no contaban con transporte ni el personal suficiente para recolectar los desechos de toda la playa.

Un proyecto, como este, vendría a paliar un poco el alto desempleo que hay en la zona, tan solo en la región Pacífico Central, los índices de desempleo es de un 6.7% en mujeres y 3.3% en hombres, siendo los más altos de todo el país (INEC 2008).

Una buena gestión, de los desechos sólidos, depende, radicalmente, de la información que se tenga a disposición. Careaga (1993) señala que, esta actividad apenas comienza a nivel mundial, la recuperación de desechos no ha sido tan intensa como lo demanda la situación; sin embargo, son más los trabajos que aparecen publicados sobre la recuperación de desechos sólidos.

A través de este trabajo, se brindará información sobre: (1) volumen de desechos sólidos que salen en la playa en un año, (2) los costos de recolección, acopio y reciclaje, el equivalente en colones de todas las toneladas de desecho que salen en la playa y se pueden vender a empresas recicladoras, (3) los puntos de mayor acumulación de desechos y su característica geofísica, (4) el flujo de los desechos que llegan a la playa, su dirección y estacionalidad, (5) los meses de mayor depósito e impacto, (6) el perfil requerido de las personas que vayan a trabajar en esta actividad, entre los aspectos más relevantes. El INA puede ofrecer cursos de recuperación de desechos en centros de acopio. (Infante 2009, com. pers)

## ***2.1. Objetivo general***

Analizar el origen y tipos de los desechos sólidos, encontrados en la playa de la Ciudad de Puntarenas, para establecer la viabilidad de su manejo, por parte de su comunidad.

## **2.2. Objetivos específicos**

- 2.1.1. Caracterizar el tipo, la cantidad, la densidad y la generación total de los desechos sólidos que llegan a la playa de Puntarenas.
- 2.1.2. Establecer la frecuencia de aparición de los desechos sólidos que llegan a la playa de Puntarenas, a partir de un estudio del perfil de la playa, estacionalidad, corrientes marinas y análisis de granulometría.
- 2.1.3. Analizar la potencialidad, la viabilidad de reciclaje y la reutilización de los desechos sólidos, mediante la estimación de los costos de recuperación y comercialización.
- 2.1.4. Determinar los costos operativos de un proyecto de recuperación y comercialización por metro cuadrado de los desechos sólidos, en el sector de la playa de Puntarenas, que no se limpia.
- 2.1.5. Proponer la gestión ambiental y la responsabilidad social de los desechos sólidos, para los próximos años, en la Playa de Puntarenas.

## **2.2. Hipótesis de Investigación**

- 2.2.1. Los desechos sólidos, que aparecen en la playa de Puntarenas, no se recuperan, ni se comercializan por desconocimiento de sus costos operativos y rentabilidad.
- 2.2.2. La velocidad de las corrientes, el perfil de la playa y el tamaño del grano, están relacionados con la aparición de los desechos.
- 2.2.3. Las zonas de mayor inclinación y mayor tamaño de grano son los sitios donde más se acumulan los desechos.

2.2.4. La distribución y frecuencia de aparición de los desechos sólidos no es uniforme en toda la playa, dado que, estas variables son inconstantes en el tiempo y se diferencian entre la época seca y lluviosa. En época lluviosa aparecen más desechos sólidos.

2.2.5. Las empresas tienen una débil responsabilidad social, por sus productos post consumo.

### 3. Metodología

#### 3.1 Descripción del área de estudio

La ciudad de Puntarenas tiene una playa de 13,2 km lineales, comprende el sector conocido como la Boca de Barranca, hasta la Punta. Sin embargo, la flecha arenosa inicia en la angostura y termina en la Punta, contiguo al balneario de Puntarenas (Denyer y Kusssmaul 2000; Meza 2001). La ciudad de Puntarenas está rodeada por el océano Pacífico al sur, el estero de Puntarenas al norte, al este con el distrito de Chacarita y al oeste, con el Golfo de Nicoya. Sus coordenadas Lambert 217.000 a 220000 latitud norte, 443.000 a 463.000 longitud W (Wong 2001) (ver Figura 3.1).

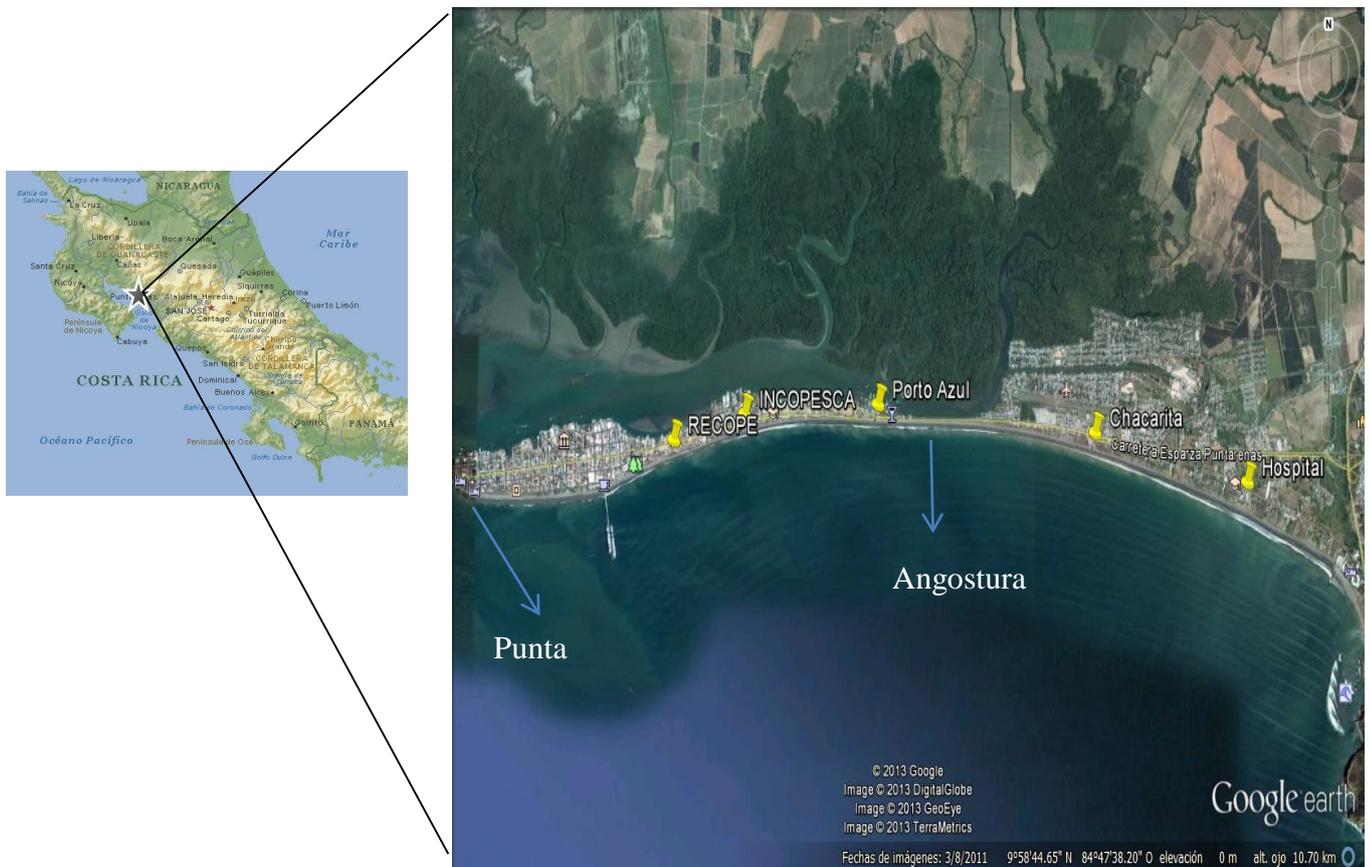


Figura 3.1. Imagen satelital de la ciudad de Puntarenas, de color amarillo se observan las estaciones de muestreo (Fuente: google map)

El sector turístico de Puntarenas comienza en la Punta y finaliza en el Muelle turístico de cruceros. Este mide 2,6 km lineales. Dado que, este se limpia diariamente, por un grupo de mujeres y camiones de la municipalidad, se tomará en cuenta, únicamente, el sector, desde los antiguos tanques de RECOPE, hasta el Hospital Monseñor Sanabria, que comprende 10.6 km lineales. En este lugar, no se realiza ningún tipo de limpieza. Los puntos se distancian uno del otro, aproximadamente, por 1,5 km y colaboró con la elección el Dr. Omar Lizano, oceanógrafo del CIMAR (Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología). Se determinaron los siguientes puntos:

**RECOPE.** Este sitio se caracteriza por ser una zona urbana, con diversas casas de habitación y un pequeño parque de recreo en la duna de la playa, el cual fue hecho por los mismos vecinos. Además, un pequeño lugar de acopio de madera que sale de la playa (Figura 3.2). La visitación al lugar es muy poca y, normalmente, son vecinos de la zona. Sin embargo, es el sector más cercano a la actividad turística de Puntarenas. (Lat.  $9^{\circ}58'38.02''N$  y Long  $84^{\circ}49'29.68''O$ )



Figura 3.2 Sector RECOPE en la playa de Puntarenas, obsérvese el perfil y la gran acumulación de madera, 2009

**INCOPESCA.** Es el lugar más contaminado de la playa de Puntarenas. La acumulación de desechos sólidos es demasiado alta, triplicando los que aparecen en el sector Hospital. Sin embargo, se caracteriza, porque son restos de madera en la forma de troncos y leños (Figura 3.3). La pendiente es demasiado inclinada y la rodea casas de habitación mayormente. La velocidad de la corriente es mayor en este sector y la visitación es relativamente poca (Lat  $9^{\circ}58'45.90''N$  y  $84^{\circ}48'46.77''O$ ).



Figura 3.3 Sector INCOPESCA en la playa de Puntarenas, nótese la gran acumulación y una pendiente más pronunciada, que el resto de los puntos, así como la fila costera en forma de “U”, 2009

**PORTO AZUL.** Este sector se caracteriza por tener poca visitación y las personas que lo hacen y viven cerca del mismo, la aparición de troncos no es mayor que en otros puntos (Ver Figura 3.4). Se está desarrollando la construcción de la marina Porto Azul; sin embargo, no existe ninguna interacción, ni injerencia entre la aparición de los desechos y su fase de construcción. Este punto es importante, según señala Lizano (2009, com.pers.) dado que es una zona intermedia de la playa. Los datos aquí tomados tienden a ser representativos de toda la playa. (Lat 9°58'47.72''N y Long 84°48'2.45''O).



Figura 3.4 Sector PORTO AZUL, en la playa de Puntarenas, obsérvese que el perfil disminuye un poco en la línea costera es más rectilínea, 2009

**CHACARITA.** El sector Chacarita es un lugar muy visitado por las personas de la misma comunidad, básicamente, para actividades recreativas (mejengas, natación y otras) (Figura 3.5). Adjunto a este sitio, se reconstruyó el Parque recreativo Obando Chan (Lat 9°58'47.06''N y 84°47'2.32''O).



Figura 3.5 Sector CHACARITA en la playa de Puntarenas, nótese que, el perfil es menos; pero se dibuja mejor la zona de duna que en el resto. La visitación es mayor en este punto. 2009

**HOSPITAL.** Se caracteriza por la presencia de un gran número de casas de recreo y una reducción de la visitación en la zona (Figura 3.6). Es el punto más cercano al río Barranca (Lat 9°58'41.36''N y 84°46'15.20''O).



Figura 3.6. Sector HOSPITAL, en la playa de Puntarenas, aquí los troncos y leños no son tan abundantes; pero lo más llamativo es el crecimiento de vegetación en la zona de duna. 2009

### ***3.2 Tipo y cantidad de desechos sólidos recolectados en cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas.***

Se contó con la colaboración de cinco estudiantes de Vida Estudiantil de la Sede Regional del Pacífico (U.C.R). Se les proporcionó: guantes, balanza colgante, bolsas plásticas jardineras y cinta métrica. La recolección se iniciaba a las 8:00 am y finalizaba a las 3:30 pm en promedio, para un total de siete horas de trabajo. Ellos trabajaron en: la recolección, la separación y la clasificación de los desechos. Para el estudio de la madera, se trabajó con la colaboración de 26 estudiantes de la carrera de Turismo Ecológico, para el registro de los datos.

Para realizar el monitoreo, se eligió un día de cada mes del año, en dicho período se tomó la muestra en los cinco puntos fijos de la zona de la playa, comprendida entre el antiguo plantel de RECOPE (hoy RECOPE) hasta el Hospital Monseñor Sanabria.

En el caso de la madera, se seleccionó 2,4 km que corresponden al sector RECOPE y del INCOPECA, dado que, son los de mayor concentración de estos desechos. Esto ocurrió entre las coordenadas 9° 58' 50,21'' N, 84° 48' 11,20'' O, hasta 9° 58' 37,81'' N, 84° 49' 28,86'' O.

Para esta investigación, se utilizó la metodología de Vargas y Acuña (2003), la cual consistió en trazar un rectángulo de 100 m lineales por 2 m de ancho de playa y recolectar toda la basura existente en la línea de marea alta, en momento de marea baja.

El material recolectado se clasificó y se pesó con una balanza colgante de 150 Kg y  $\pm 2$  g de sensibilidad. En el momento de la lectura, a cada desecho, se le eliminaron los residuos de: agua y arena, los resultados se expresaron en  $\text{g/m}^2$ .

Se anotó el tiempo que se necesitó para limpiar cada zona de muestreo, expresado en horas/trabajador. Al finalizar, se dejaba limpio el sitio con la intención de registrar la acumulación de nuevos desechos y no generar sobreestimación. La recolección y limpieza se hizo manualmente. Las bolsas, con los desechos, se les entregarán a las mujeres recolectoras de residuos (ver Figura 3.7).

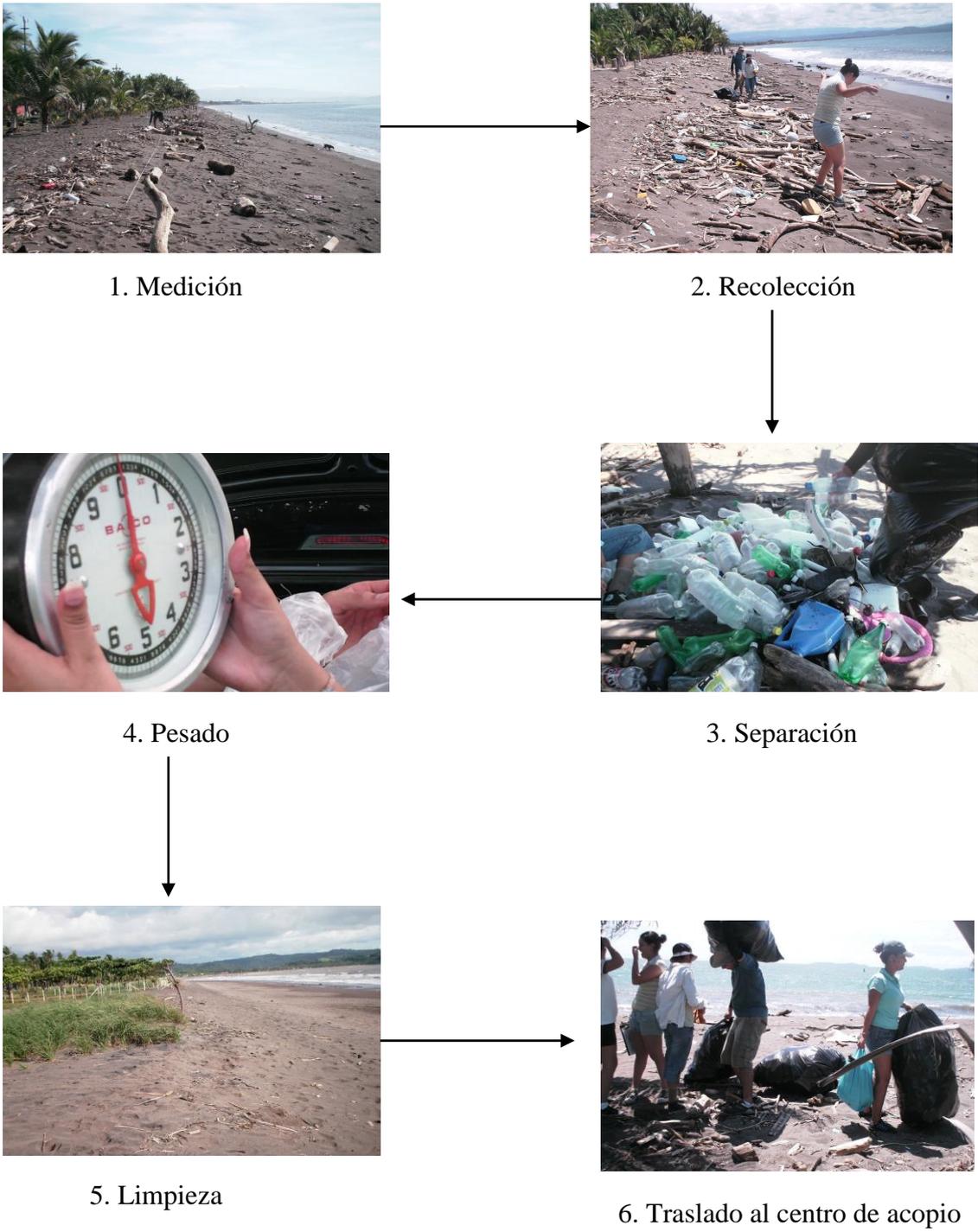


Figura 3.7 Diagrama ilustrado sobre la metodología utilizada para el estudio de los desechos sólidos en la playa de Puntarenas. 2009

Dentro de la toma de datos, se anotó la hora de inicio y finalización, número de personas participantes y la marea (pleamar o bajamar), dado que, el esfuerzo puede variar, según la marea y la luna (ver anexo IV).

Los desechos sólidos antropogénicos, se clasificaron según lo propuesto por Tchobanoglous *et al.* (1994):

1) **Material reciclable:**

- a) **Vidrios:** frascos, botellas, vasos y platos que no sean de porcelana.
- b) **Plásticos:** envases clasificados según: PET, HDPE, LDPE, PVC, PS, PP y otros. Los envases PET y HDPE son los que más se reciclan.

<b>Envases</b>	<b>Tipo</b>
<i>Desechables y retornables</i>	PET
<i>Botellas de champú, desinfectantes</i>	HDPE
<i>Bolsas</i>	LDPE
<i>Tuberías eléctricas y envases</i>	PVC
<i>Platos, vasos y cucharas</i>	PS
<i>Tapas de fresco</i>	PP
<i>Galones blancos</i>	

- c) **Metales:** latas de bebidas alcohólicas y gaseosas en aluminio y acero, como las latas de atún, por ejemplo.

Luego, se aplicó la fórmula, según López *et al.* (2007) donde se tratará de estimar la generación total por punto de muestreo, como parte de este estudio cuantitativo. La ecuación es la siguiente

$$Gt = GAm * At / Am$$

Donde:

Gt: es la generación total por zona en gramos

GAm: es la generación del área muestreada en cada réplica

At: área total

Am: área muestreada en cada réplica

Finalmente, se contabilizaron el número de desechos, en los 100 metros de playa, de cada sitio de muestreo.

- d) **Madera:** se realizó un conteo de 87 cuadrículas en 27 transectos, estas fueron delimitadas de  $10 \times 10 \text{m}^2$ , cada una separada por una distancia de 17.5m. Se clasificó un tronco pequeño, con una

medida promedio de 0,5 metros, los medianos entre 0,5 m y 1,45 m, y troncos grandes, con una medida promedio de 1,70 m. El tamaño de la muestra fue calculada, con la siguiente fórmula (Gutiérrez 1995):

$$n = \frac{\left(\frac{Z\alpha}{2} \sqrt{P \cdot Q}\right)^2}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z\alpha}{2} \sqrt{P \cdot Q}\right)^2}$$

Donde

N: Población  
d: Margen de error  
n: Tamaño de la muestra  
P: Proporción  
Q: Proporción contraria  
Zα: coeficiente de confiabilidad.

Se partió de un margen de error de 5%, un nivel de confiabilidad de 95%, una proporción de 0,5, utilizando a la vez, la fórmula de Smalian (Gutiérrez 1995) para convertir las dimensiones de la madera en volúmenes en metros cúbicos, esto con el fin de hacer estudios de factibilidad para buscarle usos a esta materia (Barrientos 2002).

La fórmula utilizada fue

$$V = \frac{(D1^2 + D2^2)}{2} * 0.785 * L$$

Donde:

V = Volumen en metros cúbicos (m<sup>3</sup>)  
D1= promedio diámetro mayor en metros  
D2= promedio diámetro menor en metros  
0.7854 = Factor resultante de la relación: π/4; siendo π = 3.1416  
L = Largo del tronco en metros

Se aplicó esta fórmula, a cada tamaño de tronco establecido y la cantidad de troncos de cada clase, luego se sumaron los resultados de los tres diferentes tamaños de troncos y al final se obtuvo el total de volumen en metros cúbicos. Luego, estos metros cúbicos se convierten en kilogramos, por medio de la fórmula de la densidad.

**Fórmula de densidad= Densidad= masa/volumen**

Densidad=900 kilogramos por metro cúbico.

Masa en kilogramos=cantidad de volumen por la densidad.

Aparte de los datos registrados de marea, se decidió tomar otros datos de la corriente marina, al momento de las observaciones de la madera. Dado que, no se hizo en el mismo tiempo de los desechos sólidos reciclables.

- 2) **Material no reciclable:** llantas, sandalias, cartón y papel, ligas, empaques, baterías, espumas, cuerdas en cabuya, cerámica, pantallas y otros.

### ***3.3 Calidad de los desechos sólidos, con potencial reciclable***

Se realizó un estudio cualitativo de los desechos sólidos. Este análisis fue relevante, porque permitió determinar la calidad del desecho al ser reciclado. Se tomaron cinco envases por plásticos PET, HDPE Y PP para ser analizados en el laboratorio de polímeros del INA (Instituto Nacional de Aprendizaje) con el fin de verificar si la salinidad y el sol afectan, significativamente, la calidad del desecho sólido al ser reciclado.

Uno de los análisis, que permiten conocer la calidad de un plástico, es precisamente, el análisis térmico, ya que abarca todos los parámetros de calidad, basados en el cambio, con la temperatura, de una propiedad física o mecánica del material. La calorimetría diferencial de barrido (DSC, Differential Scanning Calorimetry) permite el estudio de aquellos procesos en donde se produce una variación entálpica, por ejemplo, la determinación de calores específicos, puntos de ebullición y fusión, pureza de compuestos cristalinos, entalpías de reacción y determinación de otras transiciones de primer y segundo orden.

El otro método utilizado fue la espectroscopia infrarroja, se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. Una molécula absorberá la energía de un haz de luz infrarroja, cuando dicha energía incidente sea igual a la necesaria, para que se dé una transición vibracional de la molécula.

Es decir, la molécula comienza a vibrar de una determinada manera, gracias a la energía que se le suministra, mediante luz infrarroja. La espectroscopia infrarroja tiene su aplicación más inmediata en el análisis cualitativo: detección de las moléculas presentes en el material. En principio, cada molécula presenta un espectro IR característico (huella dactilar), debido a que, todas las moléculas (excepto, las especies diatómicas mononucleares como O<sub>2</sub> y Br<sub>2</sub>) tienen algunas vibraciones que, al activarse, provocan la absorción de una determinada longitud de onda en la zona del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo. Por tanto, es factible caracterizar la composición molecular del plástico. Esto da la certeza de que se trata del plástico que se indica en el envase.

Los equipos, para los análisis, fueron FTIR SPECTRUM ONE – PERKIN ELMER para la espectroscopia y para el DSC fue DSC JADE – PERKIN ELMER (INA 2011). Los Ingenieros químicos del Núcleo de Tecnología de Materiales del INA (Instituto Nacional de Aprendizaje) valoraron su entalpía, punto de fusión y cristalización al enfriarse, todos estos parámetros se compararon con los estándares de un compuesto virgen.

En el caso del vidrio y el metal, se hicieron las respectivas consultas a expertos que recuperan estos materiales. En el caso de la madera, se buscó apoyo a DURPANEL S.A empresa dedicada a la elaboración de modulares y mueblería, en general, para determinar la calidad de la madera de playa y sobre el vidrio de los centros de los centros de acopio directamente.

### ***3.4 Efecto de los factores físicos marinos sobre la procedencia de los desechos sólidos***

Se estudió, sobre el comportamiento de las corrientes costeras, una vez, cada mes, con el fin de determinar la tasa de acumulación de desechos sólidos y el flujo de los mismos en el mar. Los desechos se desplazan, gracias a la acción del viento y las corrientes marinas. En la playa, las corrientes moldean el perfil de la playa, al transportar los granos de arena, con su energía, según se vio en el marco teórico.

Se optó por la metodología propuesta por González y Pino (2008), Lizano (2009) y Morales (2009, com. pers.), se usaron diez botellas plásticas encontradas en la playa. A estos recipientes, se les llenó con arena, hasta la mitad de su capacidad. Ellos se liberaban a diez metros, aproximadamente de la zona de rompiente y se marcaba una línea en la arena, como punto de referencia, en dirección a los envases. Se medían 15 m en dirección al desplazamiento. Se tomaba el tiempo y se anotaba (ver Anexo VIII).

Esta observación se realizó en cada uno de los puntos de muestreo. Lizano (2009) recomendó, de no poderse realizar en cada punto, hacer una lectura en la parte media de la playa de Puntarenas, el punto 3, es decir, el sector Porto Azul. El experto recomendó que, las observaciones, se realizaran a media creciente, por comodidad, al lanzar los derivadores y para la visibilidad. Como se explicó en la metodología, en cada punto.

Para determinar los puntos de mayor acumulación de desechos, se debe hacer un estudio del perfil de playa y de granulometría. Teniendo estos datos, se puede establecer las características físicas que poseen estos sitios, para su identificación. Además, ayudará a tomar medidas más agresivas de recolección en estas áreas. Los estudiantes del Colegio Científico de Puntarenas colaboraron en este trabajo.

### **3.4.1 Perfil de playa**

Tanto el perfil de playa, como la granulometría, se basaron en la metodología de González y Pino (2008). En el caso del perfil de playa, normalmente, se usa un bastón de 1 m de largo, idealmente, de sección rectangular (2 por 4 o 5 cm), y una regla de 2 m de largo, graduada de abajo hacia arriba (las miras topográficas no sirven; pues tienen los números dibujados al revés). Puede ser construida en madera o aluminio. La base del principio (Emery, 1961 en González y Pino 2008) consiste en mirar, desde unos 50 cm, por detrás del bastón y observar el horizonte del mar (se debe ver solo una línea del bastón para asegurarse que está vertical), tal línea imaginaria es horizontal, es indispensable que el perfil comience de un punto de altura fija, que resista los embates de las olas.

Las estaciones del perfil se plantean con ayuda de una cinta métrica cada 5 m, si la playa tiene mucha pendiente, se requieren puntos más contiguos, las distancias deben medirse con la cinta métrica de manera horizontal. La estación de partida, que corresponde al punto fijo de referencia, se denomina 0 (cero), y los números crecen en dirección al mar. La persona, que está nivelando desde el bastón, debe indicar, a la persona que sostiene la mira, para que la ubique de manera vertical; luego, esta persona se agacha y hace coincidir el borde superior del bastón (debe ver solo un borde y no toda la parte superior del mismo) con el horizonte.

En ese momento, se concentra en la mira y lee el lugar donde esa línea horizontal se encuentra con la misma. Puede ser ayudado por el operador de la mira, quien debe desplazar, lentamente, de arriba hacia abajo, un lápiz de manera paralela a las divisiones centimétricas de la mira.

Durante todo el proceso de medición, que contempla la instalación de las estaciones y levantamiento del perfil, se debe intentar perturbar, al mínimo, la superficie del sedimento, idealmente, transitando solamente por la derecha o por la izquierda del perfil.

### **3.4.2 Granulometría**

Gracias a la colaboración de la Estación Marina de la Universidad Nacional, en Puntarenas y del Colegio Científico de Puntarenas se logró realizar este estudio. Por otro lado, las recomendaciones de la M.Sc. Carmen R. González Gairaud en este análisis fueron fundamentales.

Como se vio en la hipótesis 1.2.2, la idea es determinar si existe alguna relación entre el tamaño del grano, el perfil de la playa y la aparición de los desechos sólidos. Para ello, las muestras de grano se tomaron, cuando se enterraba un pequeño cilindro, para obtener un testigo. En una primera prueba, se observó que, no existían láminas o capas distintas de suelo; sino, era imperioso tomar muestras distintas por capa para el estudio y se tomaron granos en marea baja. Una muestra, en la zona de duna, otra en la berma y otra en el estrán por cada zona de estudio.

Los granos se almacenaron en envases plásticos, similares a los que contienen las películas fotográficas de 35 mm, pues el volumen era el adecuado y se podía lavar el sedimento para extraer las sales en el mismo envase. Facilitó la extracción de la muestra, al efectuar una delgada perforación en la base del envase. Se hicieron dos réplicas en los puntos (ver Anexo V).

El tamizador utilizado era del tipo 3D, es decir, debe vibrar en tres diferentes sentidos. En general, los tamizadores deben ser calibrados para lograr la mejor intensidad de las vibraciones, y para calcular el tiempo necesario para que una muestra sea bien cernida. Las cantidades de arena por tamizar deben ser mucho menores, que las recomendadas en muchos libros (200 g). En realidad, 50 g es una cantidad necesaria y suficiente y si se extrema la rigurosidad del método, también, se puede emplear 10 o 20 g (González y Pino 2008).

Para poder realizar comparaciones con estudios similares, se utilizó un set de tamices con una criba de intervalos de 0,5 phi. Para estandarizar el análisis internacionalmente, se fundamentaron los cálculos en el método de momentos de SEWARD - THOMPSON & HAILS (1973 en González y Pino 2008), donde se intercalaron los tamices a intervalos de 0,25 phi en el segmento de la distribución de tamaños, donde se encuentra la moda de la arena. Los tamices se ordenaron en una pila, cuya base es un recipiente, y naturalmente, con diámetro de abertura creciente hacia arriba. Los tamices se limpiaron, lo mejor que se pudo, antes de tamizar la arena y pasando una brocha, por la parte de atrás del colador, teniendo especial cuidado, con las mallas menores que 3 phi, que son especialmente delicadas.

Se pesó la arena y mientras se tamizaba la primera muestra (25 a 40 minutos), se preparaban hojas blancas, bastante más grandes, que el diámetro del tamiz, sobre las cuales se va a recibir la arena, marcadas con el intervalo correspondiente (si se está tamizando a intervalos de 0,5 phi, la hoja que reciba la arena retenida en el tamiz 1; 5 phi deberá decir 1,0 - 1,5). Se pesaba cada fracción con precisión de 1 mg, utilizando un recipiente, tratando siempre que no se cargue con electricidad estática (para que sea sencillo limpiar el recipiente).

Después de pesar, se guardan las fracciones en bolsas plásticas marcadas y se suman los pesos acumulados. La diferencia de peso, entre la muestra antes de tamizar y la sumatoria de las fracciones, no debe ser más que 1 o 2%, es decir, lo que estaba, en la primera bandeja, en peso debe ser lo mismo al sumar los granos de arena al final. Posteriormente, se llenaba el cuadro del anexo VI.

### ***3.5 Comparación costo – beneficio de la recolección, transporte, acopio (mano de obra), reciclaje y reutilización de los desechos reciclables que aparecen en la playa.***

Se entrevistó al gerente de la Coca Cola Femsa en Naranjo, Ing. Harry Vargas Rojas y el dueño de PRODUCOL en Pavas, don Julio López. Se entrevistó con el señor Oldemar Reyes Calderón, encargado de la recolección de los desechos sólidos, que salen en la playa de Puntarenas, por parte de la Municipalidad y a la funcionaria Wendy Campos Zúñiga del IMAS (Instituto Mixto de Ayuda Social). Se aplicó el cuestionario elaborado en el anexo III a los funcionarios. Por otro lado, se enviaron muestras al laboratorio de plásticos del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Todo esto se hizo con el fin de establecer si los desechos que aparecen en la playa, pueden cumplir con los requisitos para su recuperación y reciclaje, dado que, reciben una fuerte influencia del sol, el agua salada y la energía mecánica de las corrientes marinas y el oleaje, y ello puede afectar la calidad y las condiciones para su tratamiento post recuperación.

Se visitó Coca Cola Femsa para determinar los requisitos de compra de los desechos, los precios y el manejo que le dan a los mismos. Los precios, para la madera, fueron consultados a la empresa de mobiliarios DURPANEL. Esto permitió crear dos escenarios económicos con la recuperación de los desechos sólidos, uno de ellos, incluyendo la madera.

Se determinó, con una entrevista a diez mujeres recolectoras de desechos de playa y personeros de la municipalidad, los costos operacionales de la recuperación y reciclaje los desechos sólidos que aparecen en la playa. El tiempo de recolección se comparó con estas consultas y las obtenidas en el trabajo de campo (ver Anexos I y II).

Por otro lado, se acudió al Núcleo de Tecnología de Materiales del Instituto Nacional de Aprendizaje para obtener información sobre los centros de acopio y empresas dispuestas a comprar los desechos sólidos que salen en la playa (INA 2011).

Se consultó al Gerente del Banco Costa Rica, de Esparza, Lic. Francisco Orellana Vargas, sobre: los créditos de esta naturaleza, tasas de interés, mensualidad y otros. Además, se consultó a especialistas sobre el tema de finanzas. Se acudió a la empresa de autos Jac, con el ejecutivo de ventas, Manuel Sancho, con el fin de conocer el precio de un camión, para la movilización de los desechos. No se contempla la depreciación, en este trabajo, por recomendación del comité de tesis.

Finalmente, la valoración se realizó con los siguientes supuestos: (1) los precios son estimaciones, porque pueden variar, según los mercados internacionales y (2) no se incluye la depreciación exacta del equipo y las herramientas utilizadas, dado que, no se conocen, pero se asume que representa un 35% de los costos, aproximadamente, 100 millones por año.

### ***3.6 Requisitos de recolección y acopio para el reciclaje de los desechos sólidos, que salen en la playa de Puntarenas.***

Con base en los resultados obtenidos, en el análisis del comportamiento y del potencial económico, del punto 3.5 de este apartado, se realizó un análisis económico para la recolección de los desechos sólidos reciclables que salen en la playa tomando en cuenta: las indicaciones correctas para desarrollar la recuperación y acopio de los desechos, los costos, horas de trabajo, salario mínimo, equipo necesario y condiciones del centro de acopio para este tipo de desecho, perfil de las personas que deben de realizar este trabajo y lugares donde se acumulan más los desechos y los meses cuando ocurre con mayor fuerza, de esta forma, se obtiene una mayor eficiencia y eficacia en esta labor.

### ***3.7 Análisis estadístico.***

Se realizaron estudios de correlación lineal, prueba de Kruskal – Wallis para comparar más de dos muestras al mismo tiempo, con variables cualitativas, distribución normal para dos muestras para comparar cada sitio, con respecto a los parámetros establecidos, en el punto 3.2 índice de Poisson para verificar si existe uniformidad en la aparición de los desechos en toda la playa, prueba de chi cuadrado y la prueba de “t” de student para determinar diferencias en el número de desechos por sitio, perfil de la playa y granulometría.

## 4. Resultados

Los siguientes resultados son el producto de un total de 3.8% de terreno muestreado, con respecto al total de la extensión de la playa. A continuación, los hallazgos del proyecto.

### ***4.1. Tipo, cantidad, densidad y generación total de los desechos sólidos, en la playa de Puntarenas.***

En solo 1000 m<sup>2</sup> muestreados en un año, se recolectaron un total de 1548 kg de desechos sólidos en los cinco puntos, los cuales se distribuyeron en 922 kg no reciclables y 626 kg reciclables. Es decir, los reciclables alcanzan apenas el 40% de todo lo que aparece en la playa. En cada lugar, el número de desechos superó los 15 objetos, cada diez metros; pero, en promedio, oscilan los 25 objetos por cada 10 metros. Los desechos se recolectaron, en un tiempo promedio de 1 hora, por sitio con la ayuda de cinco personas.

En otro apartado, se presentarán los resultados con la madera; dado que, su metodología y análisis es diferente, así como su comercialización. El sector INCOPECA es el sitio que presenta mayor contaminación de desechos sólidos y el sector HOSPITAL el de menor valor. Existen diferencias significativas entre el peso de desechos sólidos reciclables, según su tipo (Kruskal-Wallis=140247,  $p < 0,05$ ) y, de igual manera, entre los sitios (ver anexo XIX) (ver Figura 4.1).

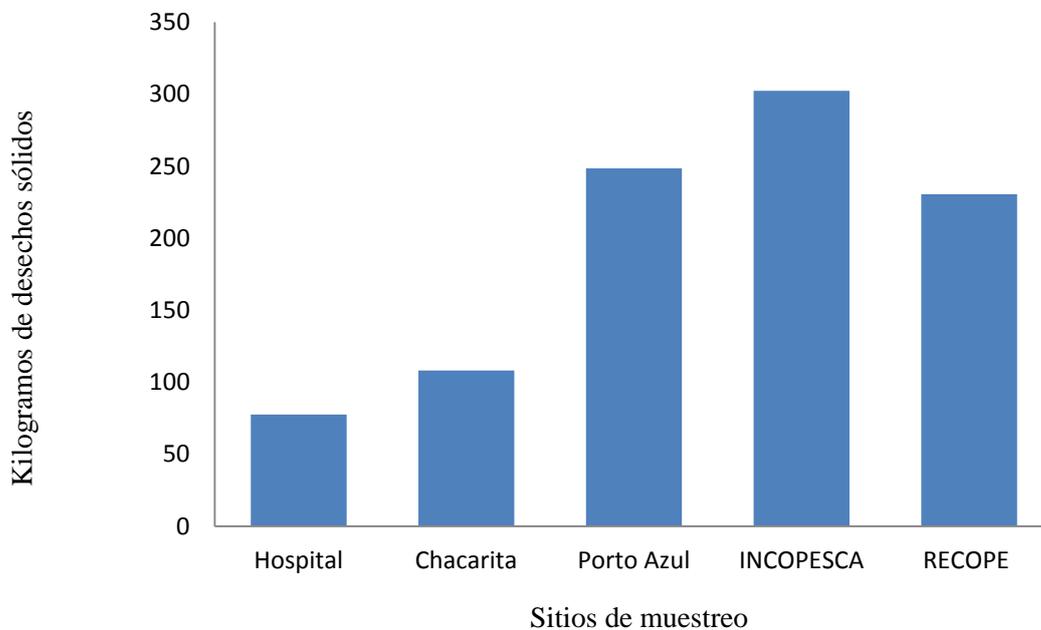


Figura 4.1. Número total de desechos sólidos reciclables (kilogramos) en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.

En el caso de los desechos sólidos, no reciclables, se repite el mismo patrón, donde el sector INCOPESCA presenta el mayor valor y el sector HOSPITAL el menor. La distribución de los desechos no fue uniforme, en todo los puntos (Kruskal-Wallis=288786,  $p<0.05$ ). Existe, por tanto, un patron similar (ver Figura 4.2).

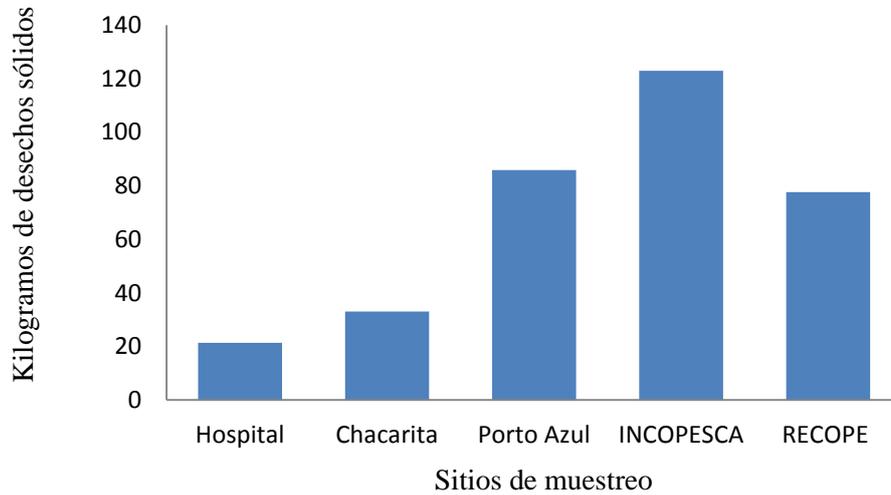


Figura 4.2. Número total de desechos sólidos no reciclables (kilogramos) en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.

Los desechos sólidos, con potencial reciclable, presentaron diferencias en cuanto a peso de: plásticos, latas y vidrios. Los desechos plásticos son los más abundantes en la playa; sin embargo, las latas son en menor cantidad. En el caso de los envases de vidrio, correspondían a bebidas alcohólicas y medicamentos; aunque las latas eran envases de artículos de limpieza y, en menor cantidad de bebidas alcohólicas. (ver Figura 4.3).

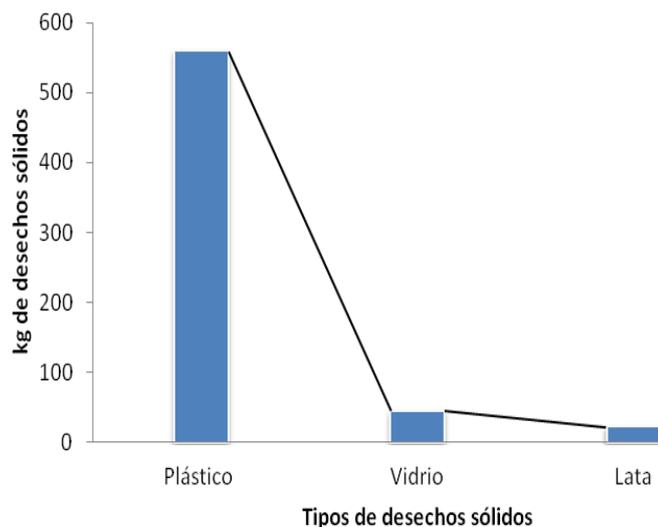


Figura 4.3. Número total de desechos sólidos reciclables (kilogramos) que aparecen en la playa de Puntarenas, 2009-2010

Dentro de los desechos plásticos, los más abundantes fueron los plásticos PET y la menor cantidad correspondió al LDPE. Los desechos plásticos PET estaban constituidos, principalmente, por envases de bebidas gaseosas, agua mineral y de salsas. En los plásticos HDPE correspondían a envases de detergentes, aceites de motor de embarcaciones, cloro y blanqueadores, principalmente, los plásticos PP eran juguetes, cepillos de dientes, los PS platos y vasos desechables, principalmente, y los LDPE lo componían bolsas plásticas y envolturas de alimentos (ver Figura 4.4)

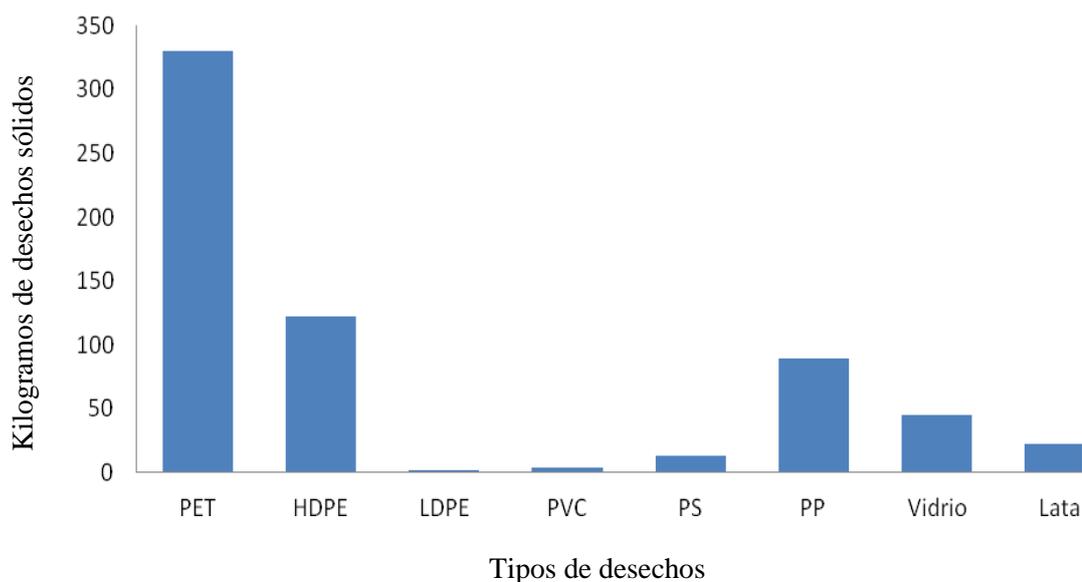


Figura 4.4 Número total de plásticos reciclables (kilogramos), observados en la playa Puntarenas, según su tipo, 2009-2010.

La cantidad de desechos, por metro cuadrado, es alta en toda la playa, en especial, en los sectores: INCOPECA, RECOPE y PORTO AZUL. Extrapolando a toda la playa, da como resultado 12 520 kg de desechos reciclables en un año, es decir, 626 kg en 500 m de playa. Por otro lado, la densidad de los desechos oscila entre los 281 g/m<sup>2</sup> y los 889 g/m<sup>2</sup>. La densidad, por día, revela en promedio para todos los lugares un valor de 52 g/m<sup>2</sup>/día, siendo el sector Hospital el valor más bajo con 23 g/m<sup>2</sup>/día y el sector INCOPECA el más alto con 74 g/m<sup>2</sup>/día (ver cuadro 4.1).

Un comportamiento similar tuvo la madera que apareció en la zona de estudio, donde el conteo de troncos de madera en de 27 transectos realizados; permitieron cuantificar la presencia total de madera, en la playa. En total se encontraron 67 toneladas, en 2.4 km de playa muestreados.

**Cuadro 4.1. Densidad y generación total de los desechos, que salen en la playa de Puntarenas en el período comprendido entre el 2009 y 2010 en gramos por m<sup>2</sup>.**

Desechos	Hospital	Chacarita	Porto Azul	INCOPECA	RECOPE	TOTAL
PET	36,7	48,1	77,3	85,9	81,95	329,95
HDPE	8	11,3	33,3	37	32,75	122,35
LDPE	0,06	0,85	0,5	0	0,5	1,91
PVC	0,65	1,08	1,2	0,02	0,58	3,53
PS	0,8	0,3	6,955	1,61	2,9	12,565
PP	5,35	8,25	25,71	33,45	16,1	88,86
Vidrio	3,2	1,68	11,6	16,52	11,95	44,95
Lata	1,55	3,47	6,05	4,7	6,1501	21,9201
TOTAL	56,31	75,03	162,615	179,2	152,8801	626,0351
Gramos	56310	75030	162615	179200	152880,1	922,1202
Densidad g/m <sup>2</sup>	281,55	375,15	813,075	896	764,4005	3130,1755
Densidad g/m <sup>2</sup> /día	23,4625	31,2625	67,75625	74,6666667	63,7000417	260,847958
Generación total	381,8	203,5	1107,475	1509,75	1151,5005	4354,0255

#### ***4.2. Análisis del origen de los desechos: estacionalidad, corrientes marinas, perfil de playa y granulometría.***

Los desechos sólidos tienen una alta influencia de la estacionalidad (Pearson=4,69,  $p < 0.05$ ). En los meses más lluviosos del año, se tiene un mayor registro de los residuos. Superando inclusive los 100 kg, como sucedió en agosto y octubre. Hay una variación anual, con respecto al material recolectado. (ver Figura 4.5).

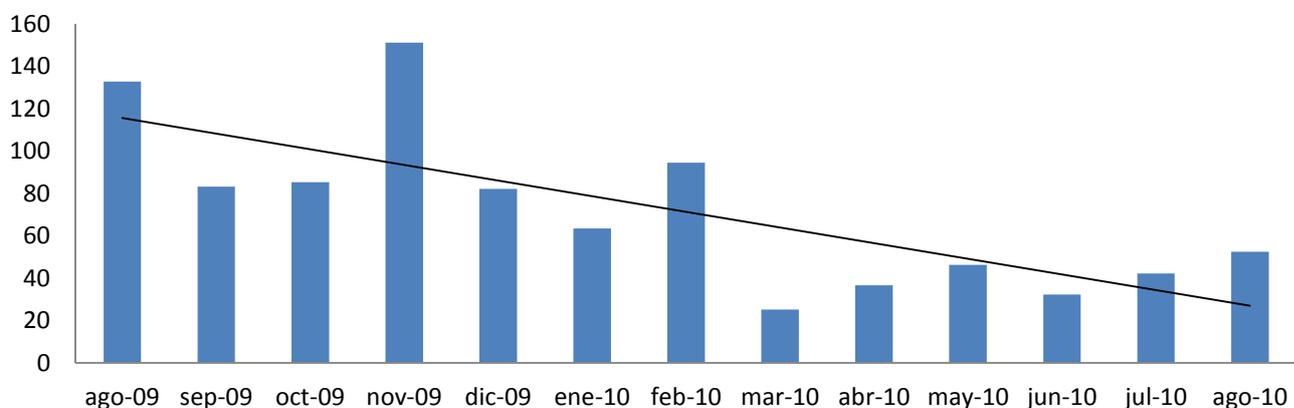


Figura 4.5. Peso en kg de los residuos sólidos que aparecen en la playa, según meses. Puntarenas 2009-2010.

Al comparar los seis meses lluviosos, con respecto a los seis meses de poca precipitación, en general, existen diferencias significativas en el peso de residuos reciclables entre la época lluviosa y seca (Poisson= 4.69;  $p < 0.05$ ), la mayor cantidad se produce durante la época lluvia. No obstante, a nivel general, la cantidad de desechos muestra una alta densidad en todo el año (ver Figura 4.6).

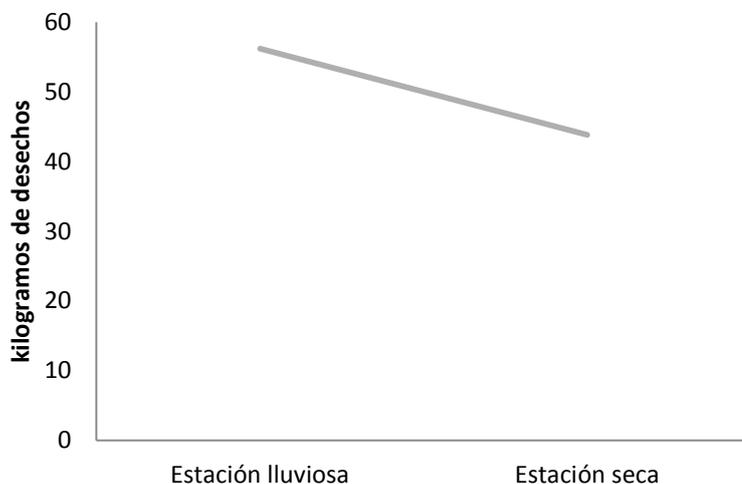


Figura 4.6. Cantidad de desechos sólidos en términos porcentuales, según la estacionalidad de la Playa de Puntarenas, 2009-2010

En el caso de la madera, encontrada en la playa de Puntarenas, se obtuvo como resultado 67,60 toneladas en los 2,4 Km.; lo cual representa un volumen de 76,56 m<sup>3</sup> aproximadamente. La madera que aparecía era, principalmente: cenízaro, pochote, laurel, mangle rojo y cedro. Mucha de ella, se encontraba con humedad y con organismos marinos sésiles adheridos, como cirripedios y percebes. Algunas piezas sin organismos adheridos, mostraban mucha resequead y con fisuras en su estructura. En entrevistas, al personal de la Municipalidad de Puntarenas, se supo que, esta madera, es transportada en camiones para quemarla en grandes hornos o pailas en algunas empresas de Miramar.

La velocidad, con que se traslada la madera en el mar, tuvo un promedio de 2 minutos 42 segundos en bajamar y 3 minutos y 24 segundos en pleamar (ver cuadro 4.2). Al observar el comportamiento de desplazamiento de los trozos de madera en bajamar, se constató que se dirigían en dirección Este, mientras que, en pleamar, la marea se desplaza en dirección opuesta (Oeste). En las tardes, la dirección del viento es de sur a norte. Es decir, con la aparición de los vientos del sur, la velocidad de corriente se incrementa; por tanto, es en la tarde, cuando las playas reciben más este tipo de desechos sólidos.

Cuadro 4.2. Tiempo que tarda un tronco de madera, en aguas someras, en recorrer una distancia de 15 metros, en marea alta y baja, realizado el 23 de noviembre, 2009.

9:25-9:45pm		1:00-1:45pm	
Marea baja		Marea alta	
Minutos de recorridos		Minutos de recorridos	
1	01:07.09	1	03:04.06
2	01:47.00	2	04:20.35
3	02:14.00	3	04:05.03
4	03:11.06	4	04:23.07
5	02:12.20	5	03:42.03
6	03:41.38	6	03:36.05
<u>X</u>	02:42.17	<u>X</u>	03:34.20

#### 4.2.1. Velocidad de la corriente.

Los registros, en promedio de las corrientes, en cada sector, revelan que, el sector INCOPECA es el de mayor valor, lo cual concuerda con el sector más contaminado de Puntarenas. Otro lugar, que demuestra un alto valor en la velocidad de la corriente, es el sector Hospital. Mientras en el sector Chacarita, se observa un valor bajo en fuerza e intensidad, esto se confirma al revisar el trabajo de Denyer *et al.* (2004) (ver Figura 4.7). Existen diferencias significativas en la velocidad de la corriente en la playa de Puntarenas (Chi cuadrado,  $p < 0,05$ ).

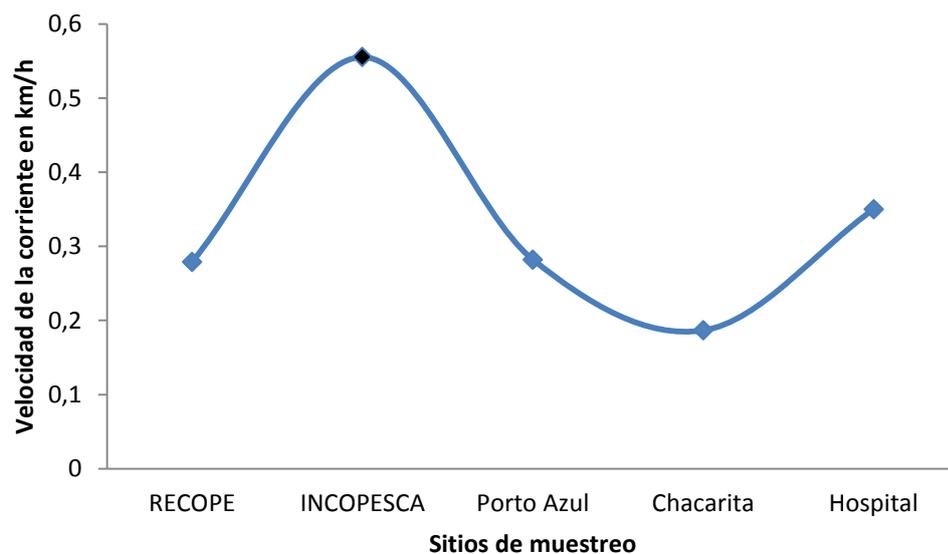


Figura 4.7. Velocidad de la corriente marina en km/h en cinco puntos de la Playa de Puntarenas. 2009-2010

La velocidad de la marea cambia durante el año. Al hacer un estudio, de todos los promedios, se encontró que, el mes de octubre fue el mes con de mayores velocidades en promedio en la Playa de Puntarenas. En el caso de setiembre, no se obtuvieron datos (ver Figura 4.8).

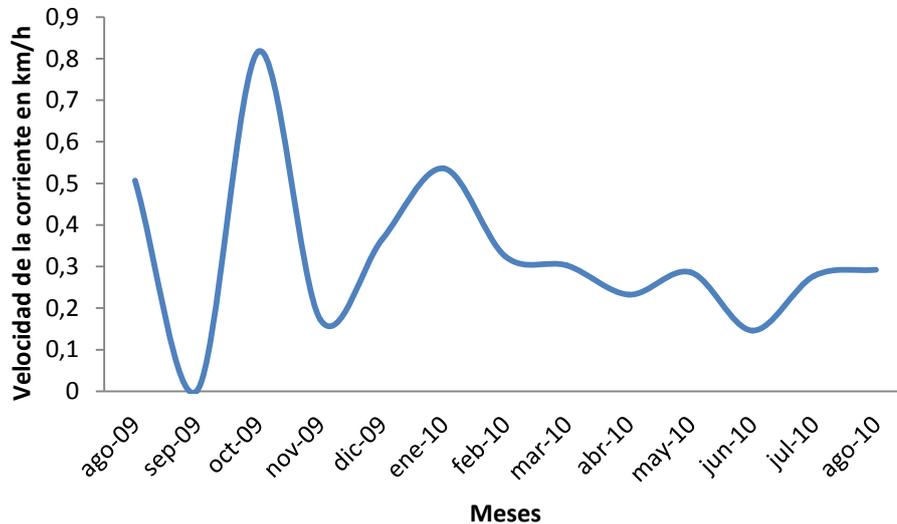


Figura 4.8 Velocidades promedio de corrientes marinas, en la playa de Puntarenas. 2009-2010

Donde hubo mayores registros de corrientes marinas, también, mayores registros de acumulación de desechos sólidos. Es decir, existe una fuerte relación directa, entre las corrientes marinas y el número de desechos sólidos (Pearson=0,8279,  $p < 0,05$ ) (ver Figura 4.9).

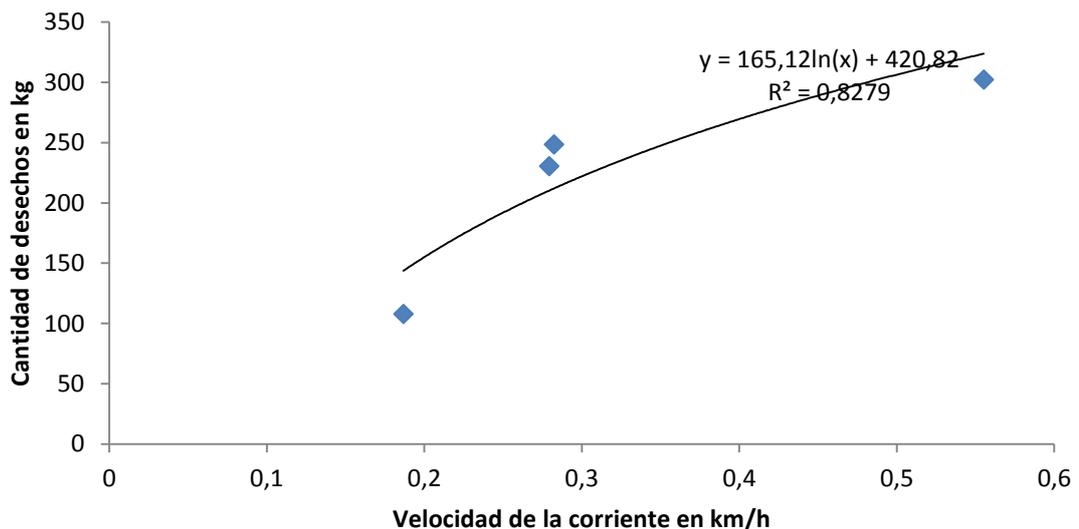


Figura 4.9. Correlación entre la velocidad de las corrientes marinas con respecto a la cantidad de desechos sólidos, que salen en los cinco puntos de muestreo de la playa de Puntarenas, 2009-2010.

Obsérvese que, cada punto está representado por un símbolo en la gráfica.

De igual forma, otro estudio de correlación determina que, existe una fuerte relación entre la precipitación y la velocidad de la corriente, conforme se incrementa la precipitación, se incrementa la velocidad de la corriente ( $R^2=0.56$ ,  $p<0,05$ ).

#### 4.2.2. Perfil de playa

El primer análisis corresponde a la época seca y revela una baja del nivel de aporte de sedimento al sistema. Otro momento, corresponde a la época lluviosa, donde el perfil de la playa se hace más inclinado.

El cuadro 4.3 corresponde a la altura del área de playa, donde está la línea de marea baja y marea alta (zona de berma). Esta lectura se dio en la época seca. Se observa una mayor altura en los sectores INCOPECA y el HOSPITAL.

Cuadro 4.3. Perfil de la playa de Puntarenas, en el periodo 2009-2010  
Época seca

<b>Estación</b>	<b>Distancia Horizontal (m)</b> <b>± 2.74</b>	<b>Altura de la Berma (metros)</b> <b>± 0.63</b>
RECOPE	30	1
INCOPECA	25	2,3
Porto Azul	25	1,33
Chacarita	25	1,75
Hospital	30	2,5

El cuadro 4.4 corresponde a la altura de la berma, en marea baja, con cinco réplicas en promedio, en la época lluviosa. Se observa de nuevo la mayor altitud en el sector INCOPECA y en el sector HOSPITAL. No obstante, los datos aumentan, pasando a un incremento de hasta 1 m.s.n.m; pero, no es significativo (Chi cuadrado,  $p>0.05$ ).

Cuadro 4.4 Perfil de la playa de Puntarenas, en el periodo 2009-2010  
época lluviosa

<b>Estación</b>	<b>Distancia Horizontal (m)</b> <b>± 0.0</b>	<b>Altura de la Berma (m)</b> <b>± 0.37</b>
RECOPE	35	2,82
INCOPECA	35	3,49
Porto Azul	35	2,54
Chacarita	35	2,78
Hospital	35	3,17

Se relacionó la zona de duna, con la acumulación de desechos sólidos, con potencial reciclable, por medio de un estudio de correlación. El análisis de correlación indica que, no hay relación entre las variables en estación seca (Pearson=0.016,  $p>0,05$ ) y la estación lluviosa (Pearson=0,031,  $p>0,05$ ) (ver Figura 4.10). A continuación, los datos por punto de muestreo.

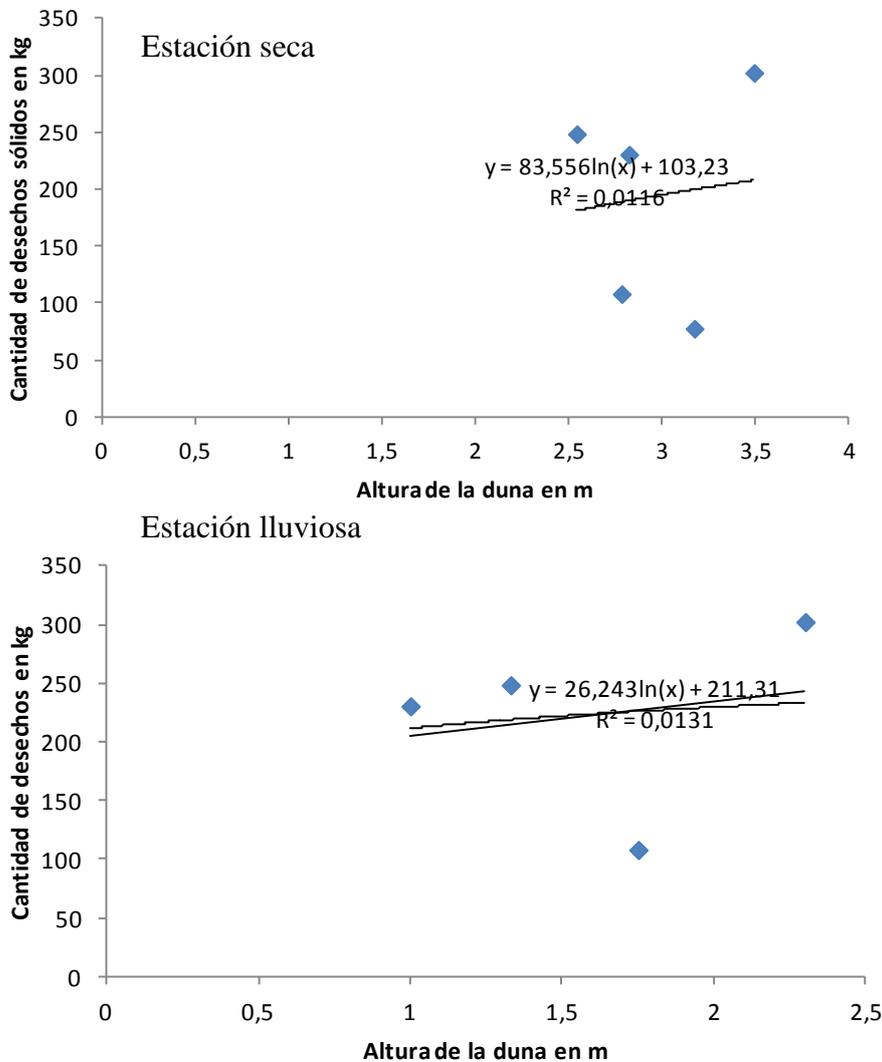


Figura 4.10. Relación entre la altura de la berma (m) con respecto a la aparición de desechos sólidos, en cinco puntos, en promedio anual de la playa de Puntarenas, durante las estaciones seca y lluviosa en el período 2009-2010.

El tamaño de la duna no tiene relación alguna con la cantidad de residuos que aparecen en la playa. No obstante, al relacionar los horizontes, con respecto a la altura del perfil, sí aparecen diferencias significativas, en los puntos del INCOPECA y HOSPITAL especialmente, (Figura 4.11) (Pearson= 0,95,  $p<0,05$ ).

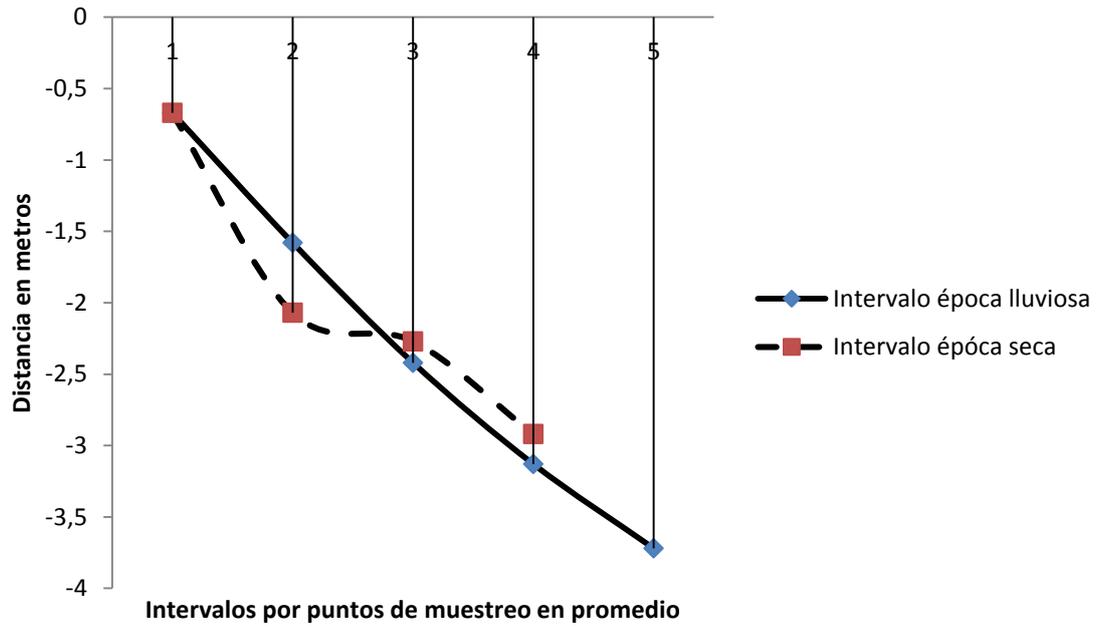


Figura 4.11. Perfil de la playa de Puntarenas, en los cinco puntos de muestreo. El perfil se hace más profundo en la época lluviosa, mientras en la época seca se hace más sinuoso.

#### 4.2.2.1. RECOPE

Se elaboró un perfil, donde se observa cierta irregularidad, en época lluviosa. Sin embargo, no existe diferencias significativas en el perfil (T student,  $p > 0.05$ ) (ver Figura 4.12).

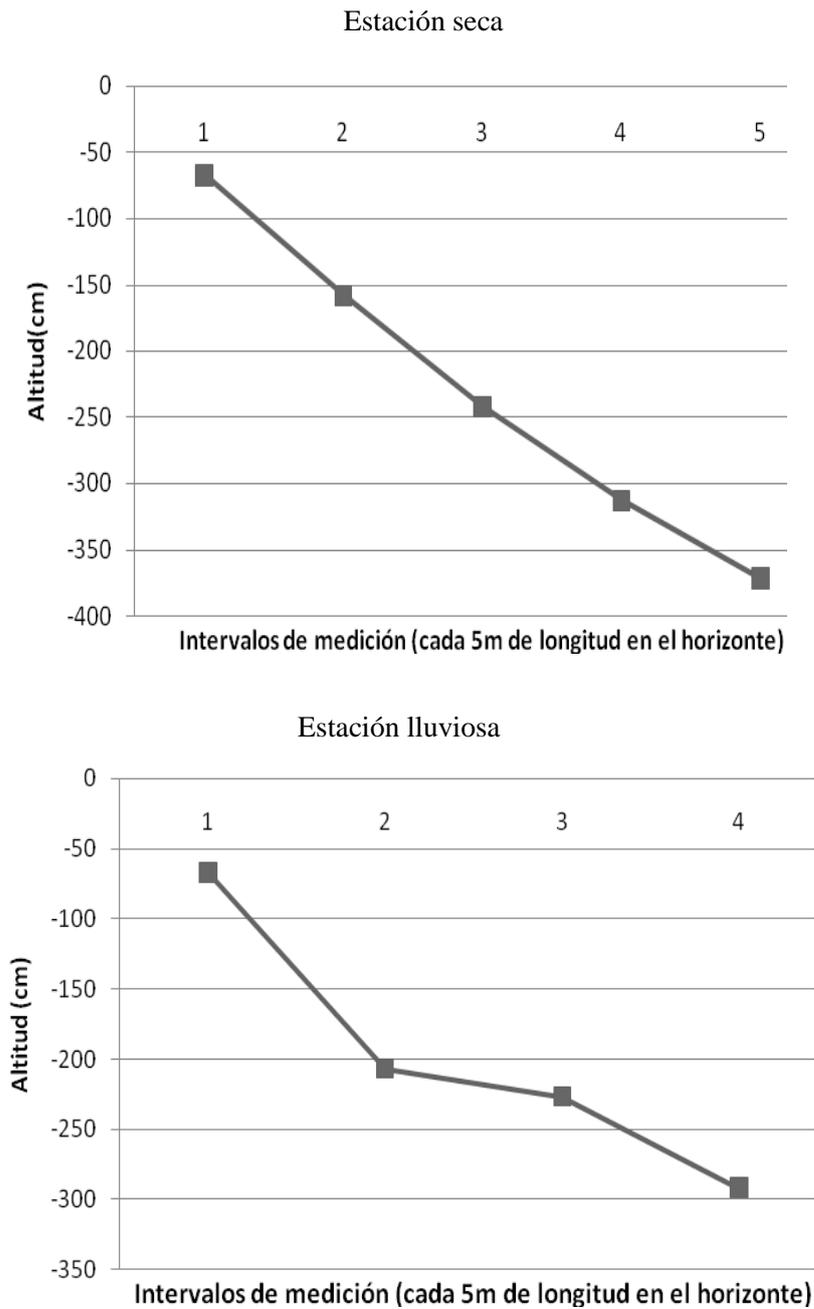


Figura 4.12. Perfil de la playa, en el sector RECOPE, durante las épocas seca y lluviosa. 2009-2010

#### 4.2.2.2. INCOPECA

La pendiente analizada, en este sector, revela una diferencia entre la estación lluviosa y la estación seca, la cual es significativa (T student,  $p < 0.05$ ) (ver Figura 4.13).

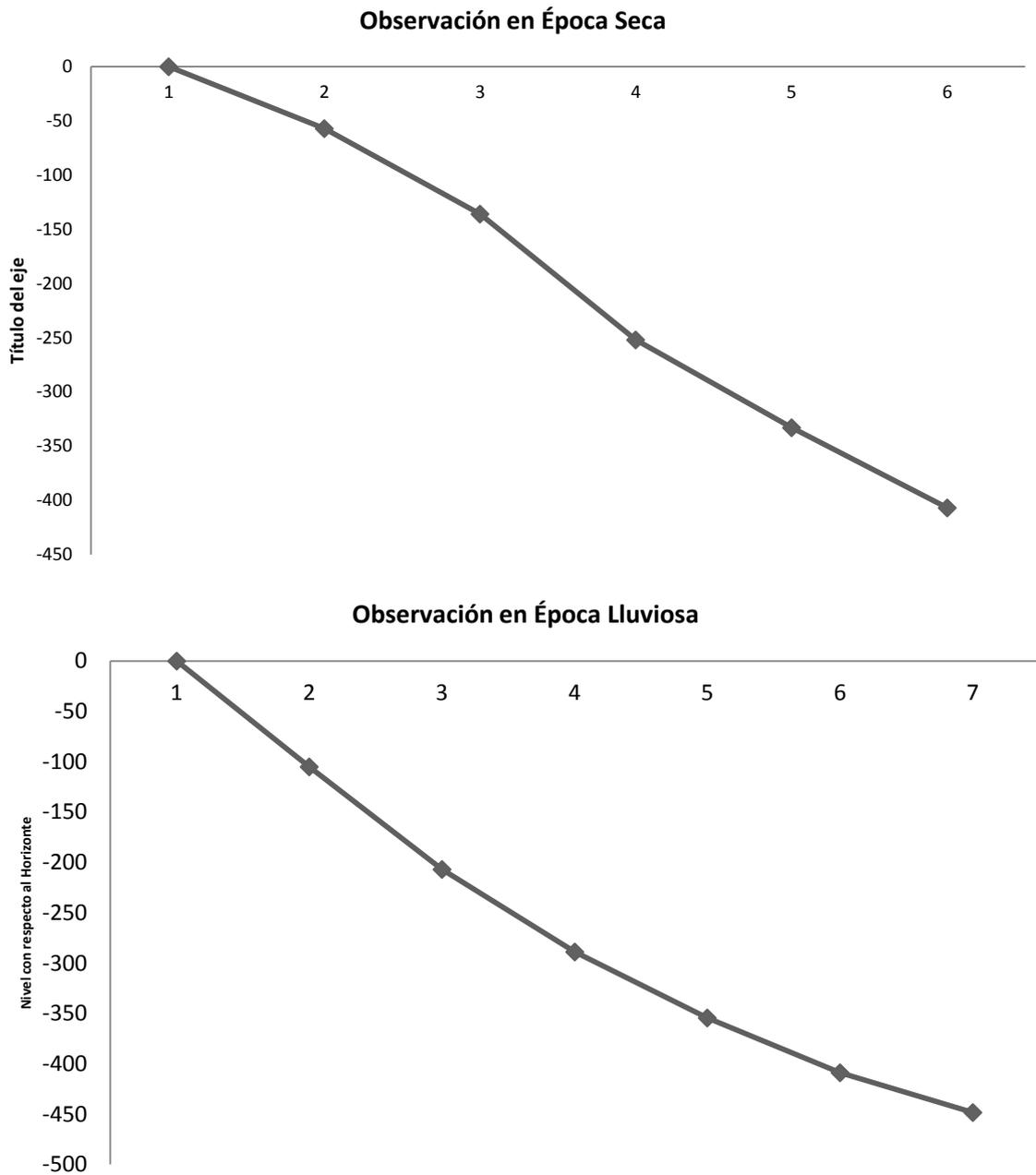


Figura 4.13. Perfil de la playa, en el sector INCOPECA, durante las épocas seca y lluviosa. 2009-2010

Los perfiles más importantes son los del sector RECOPE e INCOPECA, por la gran cantidad de desechos sólidos que aparecen en estos sitios. Seguidamente, se presentarán los perfiles en promedio de los otros sitios. Dado que, no ofrecen información relevante, para relacionar perfil con los desechos.

#### 4.2.2.3. PORTO AZUL

El perfil de Porto Azul no cambia, significativamente, entre las dos estaciones. Se ha observado una fuerte acumulación de sedimento, formando dunas importantes, donde inclusive los habitantes han aprovechado para hacer ranchos. Se hizo un diagrama, que ilustra este comportamiento anualmente (ver Figura 4.14).

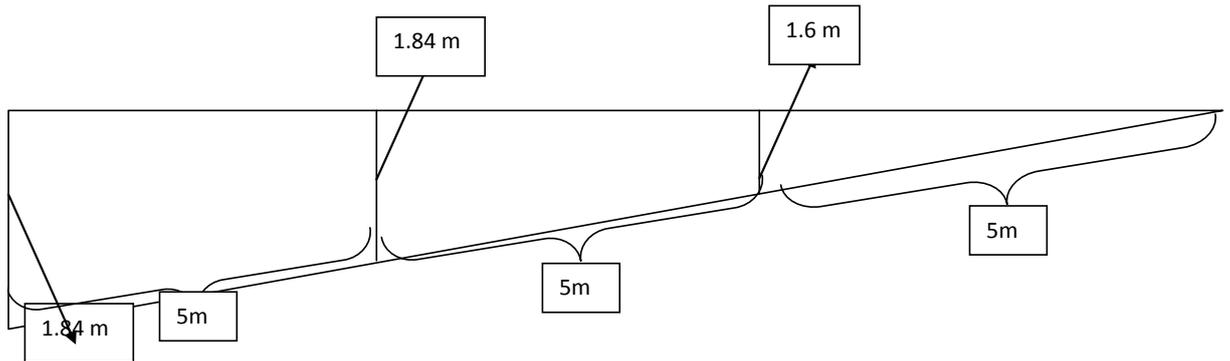


Figura 4.14. Diagrama de la playa en el sector Porto Azul, durante las épocas seca y lluviosa. 2009-2010

#### 4.2.2.4. Chacarita

Al igual que sector Porto Azul, las diferencias del perfil de la playa, entre la estación lluviosa y seca, no son significativas (Chi cuadrado,  $p > 0.05$ ), la acumulación de sedimento es igualmente importante, pero la inclinación no es tan pronunciada. Los desechos, aquí registrados, no son tan abundantes como los del sector INCOPECA (ver Figura 4.15).

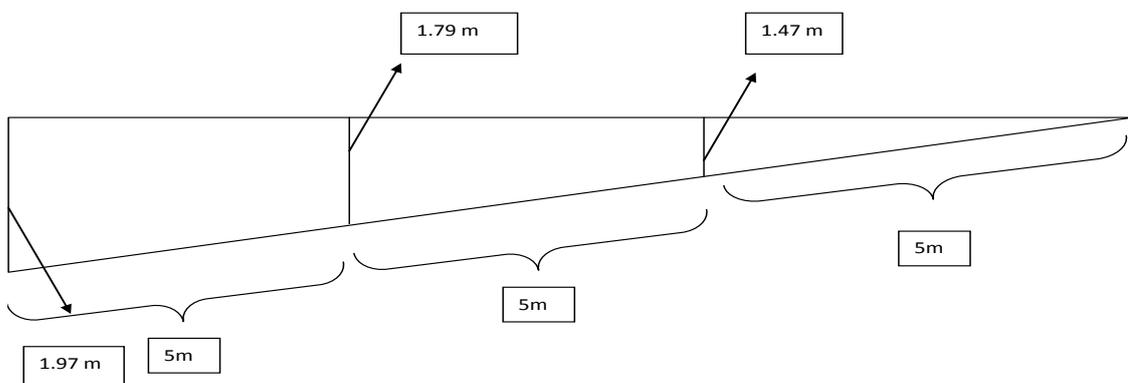


Figura 4.15. Diagrama de la playa en el sector Chacarita, durante las épocas seca y lluviosa. 2009-2010

#### 4.2.2.5. Hospital

La pendiente analizada revela una diferencia entre la estación lluviosa y la estación seca (Figura 4.15) la cual es significativa, según la prueba de chi cuadrado, inclusive, comparándolo con los otros puntos, tanto en estación seca y lluviosa (Chi cuadrado,  $p < 0.05$ ). Existe una relación entre el tamaño de la berma y la acumulación de los desechos, dado el sesgo que se tiene de este lugar y ya se explicó anteriormente.

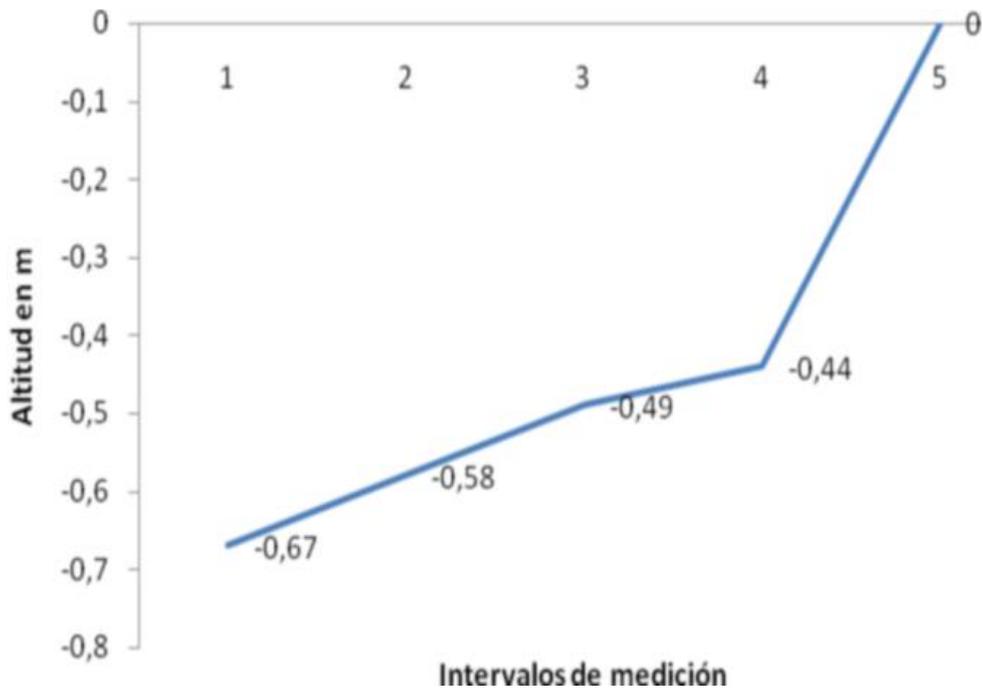


Figura 4.16. Diagrama de la playa en el sector Hospital durante la época seca en el período 2009-2010

#### 4.2.3. Granulometría

En términos generales, se encuentran diferencias significativas, entre la estación seca, con respecto a la estación lluviosa, al comparar el tamaño de los granos (T student,  $p > 0.05$ ). No obstante, no existe relación, con la aparición con los desechos sólidos, en época seca; pero sí en la lluviosa. A continuación, el detalle de los hallazgos.

#### 4.2.3.1. Granulometría en la estación seca

Se encontró que, en la estación seca, no existe una relación directa, entre el tamaño de grano y la aparición de los desechos (Pearson=0.0074,  $p>0.05$ ) (ver Figura 4.16).

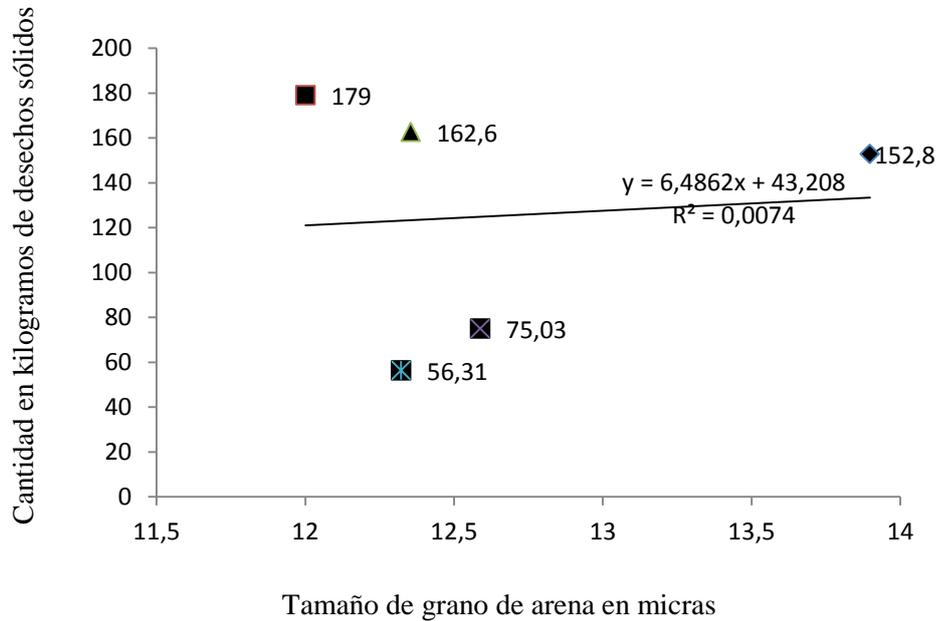


Figura 4.17. Relación del tamaño de las partículas de arena (en micras) con respecto a la cantidad de desechos sólidos encontrados en la playa de Puntarenas, en la época seca del 2010. Cada punto representa los sitios de muestreos en un año.

#### 4.2.3.2. Granulometría en la estación lluviosa

En el caso de la estación lluviosa, sí existe una relación inversa, entre el tamaño de grano y la aparición de los desechos (Pearson=-0.6144,  $p<0.05$ ). Esto se debe a que los lugares, donde aparece mayor cantidad de desechos, corresponden a los granos de arenas de menor tamaño (ver Figura 17).

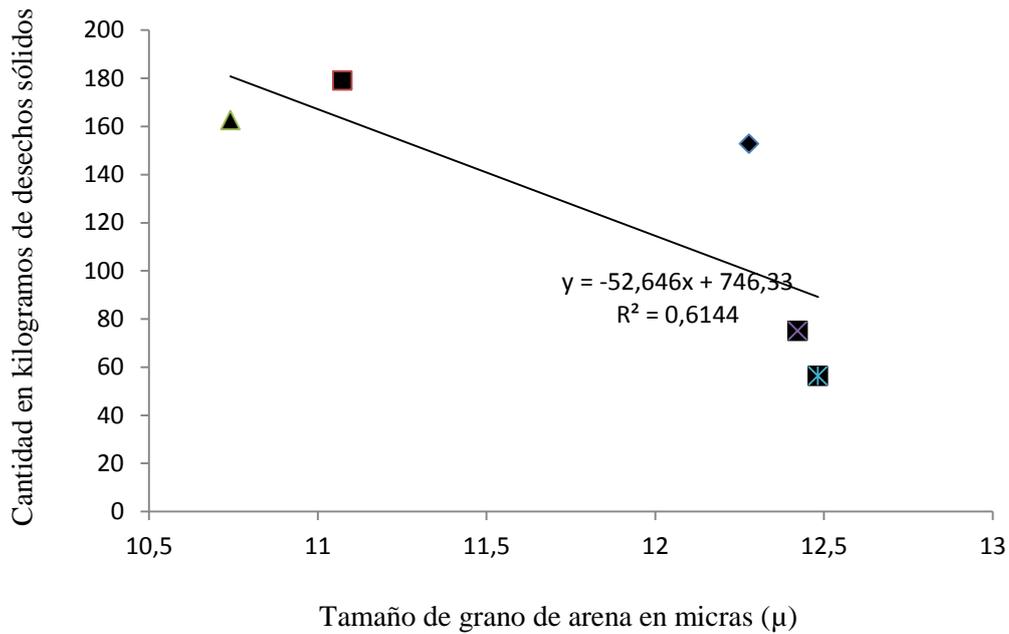


Figura 4.18. Relación del tamaño de las partículas de arena (en micras) con respecto a la cantidad de desechos sólidos encontrados en la playa de Puntarenas, en la época lluviosa del 2010.

El patrón es similar al de la época lluviosa. El valor más alto se encuentra entre las 330 y 212 micras, pero los valores que están, en este rango, son el sector RECOPE y CHACARITA. En el límite inferior, se encuentran el sitio del INCOPECA y PORTO AZUL.

### ***4.3. Análisis del potencial de reciclaje de los desechos***

En términos generales, se puede afirmar: (1) que los desechos que aparecen en la playa son reciclables y tienen potencial para su comercialización, (2) que no se deterioran significativamente y (3) pueden ser reciclados sin problema alguno, bajo ciertas condiciones. A continuación, se presenta el resumen de la investigación.

#### **4.3.1. Entrevistas**

- A. **Coca Cola FEMSA.** Se extraen los siguientes hallazgos, que sirven de insumo para el proyecto:
- a. En Costa Rica no se reciclan los desechos, solo se recuperan y se envían a otros países para su reciclaje.
  - b. Se recuperan, principalmente, plásticos PET (3000 toneladas anuales)
  - c. Los costos de operación no generan utilidades con las ventas de desechos al exterior, la empresa lo hace por responsabilidad social.
  - d. Los desechos provenientes de playa se pueden vender sin problema alguno. Son inclusive más limpios que los que vienen de ciudad.

- e. La recuperación de desechos se hace rentable si se superan los 1000 (kilogramos).

**B. PRODUCOL.** De la entrevista se extraen los siguientes hallazgos:

- a. Los desechos provenientes de la playa se pueden recibir si vienen limpios.
- b. Los desechos de playa se pueden convertir en madera negra, gracias a una máquina capaz de fundir el plástico y darle la forma que se necesita.
- c. Los desechos sólidos, se pueden comercializar en la forma de: mesas, paradas de buses, reglas para camiones ganaderos, jardín de niños y basureros.

**C. Centro de acopio de Zarcero.** Se extraen los siguientes hallazgos:

- a. Existen desechos sólidos que no generan ganancias (LDPE)
- b. Los desechos se separan y se acopian para su comercialización.
  - i. LDPE en forma de bolsas plásticas que mandan a la empresa cementera Holsim
  - ii. El cartón que se transporta para Santa Ana amarrado y sin plástico
  - iii. Los plásticos PET que se separan por color y envía a Naranjo, para ser molidos por Coca Cola Femsa
  - iv. El vidrio lo envían a VICESA sin tapas o tapones
  - v. Las latas se envían a la Cervecería Costa Rica.
- c. La actividad es rentable.
- d. Es necesario saber dónde se pueden recuperar los desechos y cómo pueden ser reciclables.
- e. El sol, la arena y el agua salada no los afectan, porque ellos han recuperado desechos provenientes de la playa de Puntarenas y los han comercializado sin problema.

**D. Centro de acopio de la UCR en Puntarenas.** Se extrajo los siguientes resultados:

- a. Una persona es capaz de llenar 5 bolsas jardineras, en tres días de trabajo:
  - i. Recorriendo 2,7 km
  - ii. 6 horas de trabajo por día
- b. Los plásticos se venden a un precio muy bajo.
- c. Las ganancias son, en ocasiones, muy bajas.
  - i. 6 colones por persona
- d. Las ganancias varían, porque los precios de los plásticos varían de acuerdo con el precio del petróleo, por ser estos hidrocarburos.
- e. Los desechos sólidos provenientes de la playa, se pueden comercializar sin problema; pero deben antes limpiarse y evitar que sean muy quebradizos.

**E. Plantel municipal.** De la entrevista, se extraen los siguientes resultados:

- a. Se limpia diariamente el sector turístico, con un chapulín cargador y tres vagonetas.

- b. La maquinaria no puede entrar a distintos sitios de la playa, por eso no se limpia toda su extensión.
- c. Los desechos aparecen, en igual o mayor cantidad, de un día a otro.
- d. Se transportan de 3 a 15 m<sup>3</sup> de desechos sólidos al botadero.
- e. No se realiza separación de los desechos, porque en el botadero, se cuenta con 20 buzos autorizados para esta labor.
- f. Los buzos recuperan 3 toneladas por semana.
- g. En época lluviosa, aparecen más desechos que en época seca.
- h. La mayor parte de los desechos provienen de otros lugares, arrastrados por los ríos: Barranca y Tempisque.
- i. La limpieza de la playa cuesta ¢107.000.000 por mes
  - i. Se paga a 14 trabajadores asignados, 60% del presupuesto
  - ii. Existe la ley Marítima Terrestre que obliga a destinar este fondo, para la limpieza.
  - iii. Los recursos se generan por la ley Caldera, extranjero que arribe en los barcos cruceros paga 1.5% de impuestos
  - iv. A los trabajadores, se les debe dar uniformes, camisa, pantalón y zapatos
- j. Se recupera, aproximadamente, en 50 toneladas diarias de madera.

#### F. **IMAS (Instituto Mixto de Ayuda Social)**

- a. Se ejecuta el decreto Manos a la Obra.
- b. Se emplearon a 150 personas, para la recuperación de los desechos de la playa, con una ayuda económica de 100 000 colones por mes.
- c. La Municipalidad de Puntarenas brinda las herramientas para realizar la limpieza.
- d. La supervisión del trabajo es realizado por un funcionario de la Municipalidad.
- e. Los puntos de recolección los determina la Municipalidad.
- f. Los trabajadores cuentan con cargas sociales y seguro del Instituto Nacional de Seguros (INS).
- g. Se limpia, en varios puntos de la playa, incluye, el sector del estudio; pero no se hace todos los días.
- h. Se cuenta con el apoyo de maquinaria pesada de la Municipalidad.

Los plásticos fueron sometidos, inicialmente, a una caracterización de su condición química, para estar completamente seguros, de que eran PET, HDPE y PP.

El ensayo DSC en los plásticos (ver metodología). En términos generales, las pruebas realizadas demuestran que, los puntos de fusión no se alteran, significativamente, para los plásticos PET, HDPE y PP (Chi cuadrado,  $p > 0.05$ ) (ver cuadro 4.5).

Cuadro 4.5. Resultado del análisis de DSC, aplicado a 5 muestras de plásticos, según su tipo, al ser recuperados de la playa de Puntarenas, 2011.

Identificación de la muestra	Unidades del resultado	Resultado obtenido	Resultado esperado	Incertidumbre expandida obtenida para el ensayo al 95% de confianza.
Muestra envases HDPE	Punto de fusión °C	130,87	133	0.62
	Entalpía J/g	162,78	183	10
Muestra envases botellas PET	Punto de fusión °C	245,40/251,56	250	0.62
	Entalpía J/g	4.56/1.17	120	10,00
	Tg °C	78,82		0.005
Muestras de envases PP	Punto de fusión °C	154,07/162,57	160	0,62
	Entalpía J/g	2,45/8,92	2.5	10

El plástico polietileno (PET) es el plástico, que mayor degradación presenta. Esto se observa en la espectroscopia infrarroja, realizada a los plásticos en el laboratorio (Figura 4.19). La línea superior es el valor esperado y la línea inferior es el valor observado. Entre más parecidas sean, similares condiciones químicas tendrán.

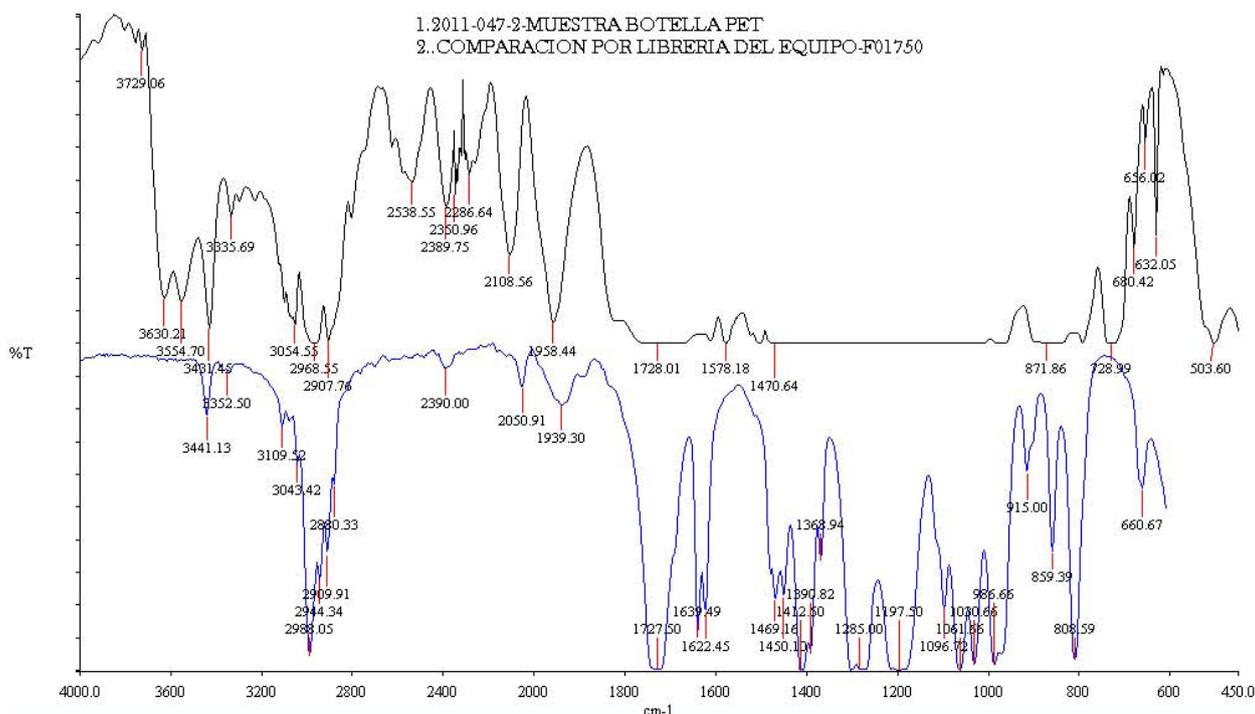


Figura 4.19. Análisis espectroscópico para plástico PET recuperado en la playa de Puntarenas, 2011. La línea superior corresponde al producto virgen y la línea inferior al producto encontrado en la playa.

El análisis hecho para el plástico PET, demuestra una degradación debido a la alteración de su textura y grosor específico. La acción del oleaje, salinidad y el sol lo dañan significativamente. Entre los 1800 y 1600  $\text{cm}^{-1}$  se puede observar la caída de la gráfica, lo cual revela la degradación del plástico. En línea inferior, corresponde al valor observado y en línea superior, el valor esperado (ver Figura 4.20).

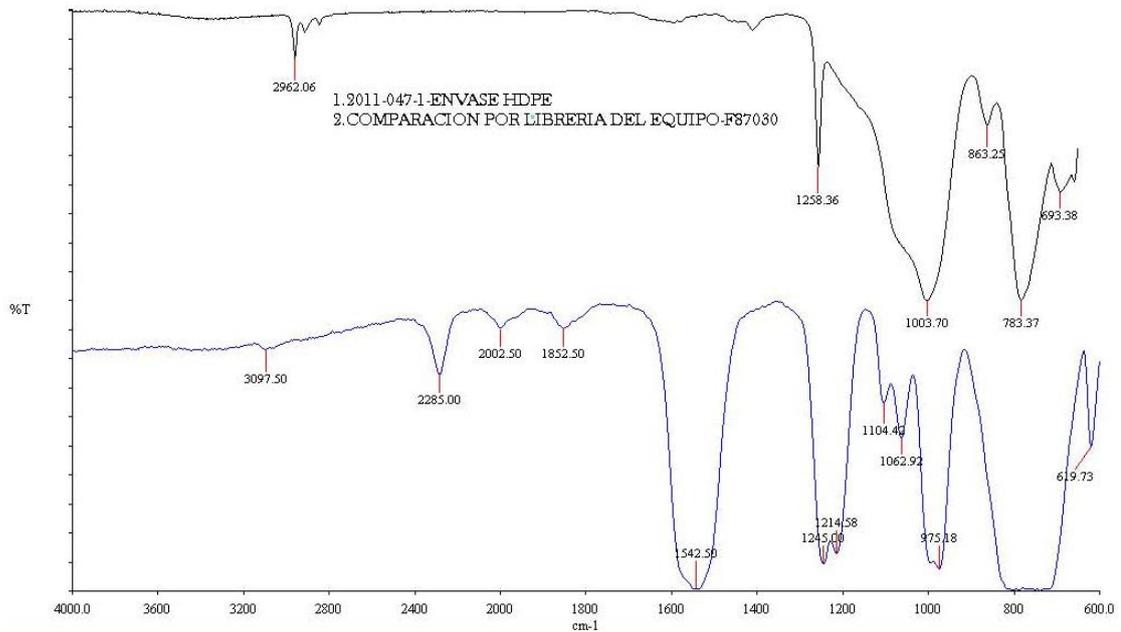


Figura 4.20. Análisis espectroscópico para plástico HDPE recuperado en la playa de Puntarenas, 2011. La línea superior corresponde al producto virgen y la línea inferior al producto encontrado en la playa.

Los plásticos HDPE no sufren degradación importante por el grosor y estructura que poseen (Figura 4.21).

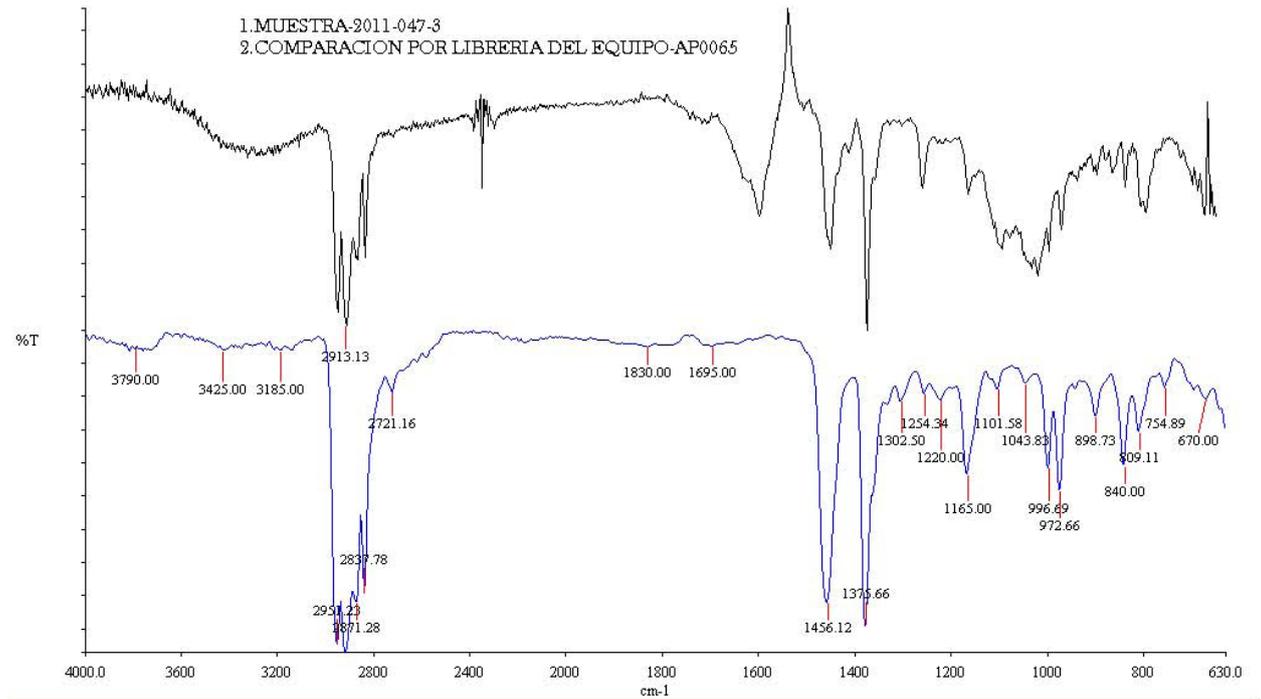


Figura 4.21. Análisis espectroscópico, para plástico PP recuperado en la playa de Puntarenas, 2011. La línea superior corresponde al producto virgen y la línea inferior al producto encontrado en la playa.

Al igual que, los plásticos HDPE (Figura 4.19); los plásticos PP (Figura 4.20) son de un grosor mayor y por tanto, resiste mejor todas las condiciones adversas que brindan el oleaje, salinidad y el sol. Según el análisis, su degradación es menor y puede utilizarse, también, para su recuperación.

Con respecto a la madera, DURPANEL hizo el análisis calorimétrico y determinó que la madera sí cumple con los requisitos solicitados para su proceso.

Con respecto a los vidrios, los recolectores de los desechos sólidos, en la playa de Puntarenas y el centro de acopio de Zarcero indican que, solamente, deben de lavarse para quitarles arena y residuos líquidos, para luego separarlos por color y no color. No interfiere con la calidad del vidrio, la acción ambiental del mar.

#### 4.4 Análisis económico

El siguiente análisis pretende establecer un análisis costos – beneficios para recuperar los desechos sólidos y su comercialización posterior ¿Es o no rentable, financiera o económicamente, la recuperación de residuos sólidos en la playa de Puntarenas, para impulsar al IMAS, en su programa “Manos a la Obra” y otros pobladores de la zona? Para este estudio económico, se tiene como insumos, la cantidad de desechos, que salen a la playa y el precio de los distintos desechos en el mercado. Asimismo, el conocimiento, sobre el proceso, las horas trabajador y las materias necesarias para desarrollar el proceso productivo.

Se hizo la extrapolación, a todo el sector de playa, que no se limpia, 10, 6 km de playa. El total de desechos por año en la playa, alcanza los 6 635,97 kg lo que representa ¢ 602 080 en un año.

##### 4.4.1. Desechos sólidos

Los desechos plásticos tipo PET y las latas son los desechos que más rentabilidad generan, debido a su valor de mercado y porque fue el más abundante en la playa. Seguido de los plásticos PEAD o HDPE. En el caso de las latas, se seleccionaron aquellas que no estuvieran corroídas por la acción de la salinidad. Estas estimaciones se hicieron solamente en los puntos de muestreo en un año (ver Figura 4.22).

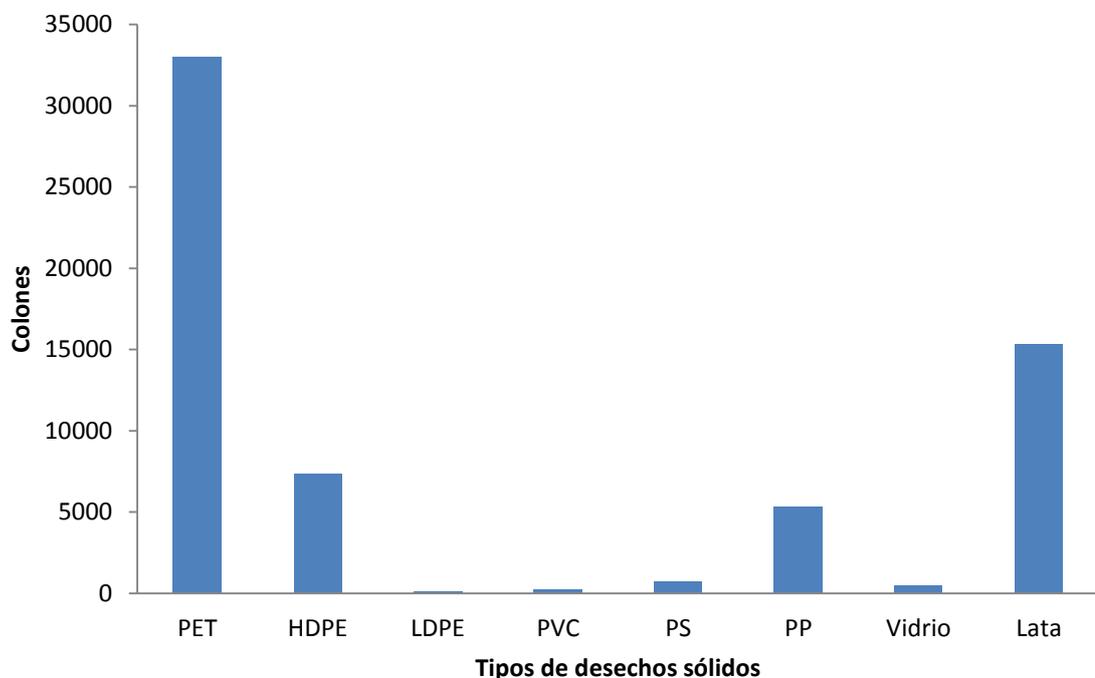


Figura 4.23. Utilidades generadas en colones de los desechos sólidos con potencial reciclable, en los cinco puntos de muestreo en la playa de Puntarenas.

#### 4.4.2. Comparación de costos y beneficios de la recuperación y comercialización

Basado en la información obtenida, por los distintos personeros de la Municipalidad de Puntarenas y por los desechos sólidos recolectados en la playa, se realiza el siguiente análisis con el apoyo del profesor Randall Hernández Mata de la UCR y del economista Suráyabi Ramírez Varas del Observatorio de Desarrollo de la UCR.

En este escenario, donde se recuperarán todos los desechos, con potencial reciclable, en toda la playa. Es necesario tener personas que recuperen los desechos, otras que los clasifiquen y los separen, un chofer del camión recolector y un administrador, los costos mensuales son considerables (ver cuadro 4.6). Se trabajará, al menos, 5 días a la semana y la estimación de los salarios se hace con base a lo establecido por el Ministerio de Trabajo (Decreto N°36637-MTSS, La Gaceta N°132 del 27 de junio del 2011) y las cargas sociales se ven detalladamente, en el cuadro 8.2 en Anexos. La recolecta se realizaría proyectada en toda la playa de Puntarenas y considerando un promedio, dado que existen diferencias estacionales, en la aparición de los desechos sólidos en la playa.

Cuadro 4.6. Detalle de Mano de Obra por usar Centro de Acopio, con los costos mensuales.

Cantidad	Cargo	Salario unitario.	Total
1	Administrador	€369.000,00	€369.000,00
1	Chofer	€219.000,00	€219.000,00
2	Operarias de Separación	€200.117,00	€400.234,00
2	Operarias de Recolección	€200.117,00	€400.234,00
	Subtotal		€1.388.468,00
	Cargas Sociales 35%		€694.234,00
	Total Mano de Obra		€2.082.702,00

El vehículo, que recolecta los desechos, debe tener la capacidad de 4,5 toneladas, aproximadamente, en cada viaje. Gastando por día 70 litros de combustible. El precio del combustible se basa en el Diario La Gaceta del 3 de octubre del 2013, número 190. En promedio la vagoneta viaja, 12 veces al día, a depositar los residuos recolectados de la playa, hacia el botadero. Esto cuando la playa amanece llena de residuos. Se debe contemplar el mantenimiento y desgaste del motor y las llantas (ver cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Costos de mantenimiento de la vagoneta que recoge los residuos sólidos de la playa de Puntarenas, según las entrevistas realizadas en el año 2010.

<b>Cantidad</b>	<b>Tipo de egreso</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo total</b>
1	Cambio de aceite	¢320.000,00	¢320.000,00
24	Engrase	¢120.000,00	¢120.000,00
1	Aceite diferencial	¢60.000,00	¢60.000,00
1	Sistema hidráulico	¢37.500,00	¢37.500,00
4	Llantas	¢600.000,00	¢600.000,00

Otros costos son contemplados, en este análisis. Es la inversión inicial, asumiendo que el terreno es donado por la Universidad de Costa Rica o la Municipalidad de Puntarenas, se proyecta la compra de un camión de la marca Jac y la construcción del edificio, donde se almacenan los residuos sólidos. Asimismo, el capital de trabajo y el abogado de la empresa. La proyección se hace para los 5 años de operación (ver cuadro 4.8).

Cuadro 4.8. Cálculo de las compras por Equipos e Infraestructura

<b>Equipo</b>	<b>Valor del Equipo</b>
Vehículo	¢16.412.500,00*
Bodega	¢20.000.000,00
Capital de trabajo	¢3.000.000,00
Abogado	¢120.000,00
<b>TOTAL</b>	<b>¢39.941.250,00</b>

\*El precio del vehículo en dólares es de 32 500. El cambio del dólar es de 504 al momento del análisis.

La bodega de acopio debe tener, idealmente 500 m<sup>2</sup> para clasificar, limpiar y comercializar los residuos recolectados en la playa. Ella demanda de electricidad y agua para su funcionamiento. Al unir los costos anteriores con esta, ya se puede establecer los costos operacionales por mes. Se debe hacer un préstamo por 39 941 250 millones de colones, a una tasa del 10%. La mensualidad del pago de dicho crédito es de 328.437 colones.

Los costos mensuales de la recuperación de los desechos sólidos se calcularon, para establecer los costos de limpiar el metro cuadrado de playa. En este sentido, se puntualiza que la limpieza del metro lineal cuesta 2.500 colones; mientras, el metro cuadrado cuesta 20.000 colones, según las entrevistas realizadas. Si se extrapola toda la playa, los costos llegan a 236.778 colones por mes, la depreciación se estimará en el balance final y no, en ese momento, para visualizar con mayor claridad

su efecto (ver cuadro 4.9). Se realizó un exhaustivo análisis, con el fin de establecer estas cifras (ver anexo X).

Cuadro 4.9 Razón de costos mensual efectivo de la recolección de residuos en toda la playa de Puntarenas (sin: depreciación, lubricantes, mantenimientos y otros)

RUBRO	MONTO	OBSERVACIONES
<b>MO (mano de obra)</b>		
Operario + Cargas	₡ 675.000	INCLUYE 35% CARGAS PATRONALES
Personal no calificado + Cargas	₡4.828.216	INCLUYE 35% CARGAS PATRONALES
<b>CI (costos indirectos)</b>		
Combustibles x mes	₡649.000	La Gaceta N°190 de 3 de octubre 2013 (RIE-088-2013)
<b>Total costos mensuales</b>	<b>₡6.152.216</b>	
<b>Metros lineales</b>	2.500	
<b>Metros cuadrados</b>	20.000,00	
<i>(Suponiendo los dos metros a cada lado del transecto)</i>		
<b>Costo por día (26 días por mes)</b>	<b>₡ 236.624</b>	
<b>Costo por metro lineal</b>	<b>₡ 94,65</b>	
<b>Costo por metro cuadrado</b>	<b>₡11,83</b>	
<b>Costo /kg/día</b>	<b>₡4,39</b>	

Los precios de mercado, de los residuos recuperados, tienden a ser bajos. Muchos de ellos, se compran en centros de acopio y otros, directamente, a Coca Cola FEMSA y la Cervecería de Costa Rica, según las entrevistas realizadas a los distintos actores (ver cuadro 4.10).

Cuadro 4.10. Precios de Productos por Reciclar por Kilogramo (octubre 2013)

Tipo de Producto	Precio Promedio
Papel Blanco	₡120,00
Cartón	₡25,00
Papel Periódico	₡10,00
Vidrio	₡28,00
Plástico	₡60,00
Aluminio	₡500,00

El precio de los plásticos, por ser hidrocarburos, constantemente, está variando. En promedio, su precio oscila los 60 colones, aproximadamente. El papel y el cartón no aparecieron en el estudio, sin embargo, se mencionan como referencia al análisis hecho.

Al realizar el balance de costo y beneficio de la fase operativa de la empresa, se obtiene como resultado que, la actividad no es rentable, con los residuos plásticos, vidrio y lata. Las utilidades dan números negativos, ₡ 2.424.268,16 al mes (ver cuadro 4.11).

Cuadro 4.11. Comparación de los costos y beneficios de la comercialización de los residuos sólidos recuperados en la playa de Puntarenas en el período 2009- 2010.

<b>Rubro/Periodo</b>	<b>Montos mensuales</b>
INGRESOS	
Ventas	₡436.319
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>₡436.319</b>
EGRESOS	
Planilla	₡1.882.995
Insumos	₡649.155
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>₡2.532.150</b>
Flujo neto	<b>₡2.095.831</b>
Inversión (préstamo)	<b>₡328.437,50</b>
<b>Utilidad</b>	<b>₡2.424.268,16</b>

#### 4.4.3. Madera

El conteo de troncos de madera y la suma de 27 transectos analizados, permitieron cuantificar la presencia total de madera en la playa. En total, se encontraron 67 toneladas en 2.4 km de playa muestreados. El precio de la madera es de ₡500 el kilogramo. Si se asume que, los troncos contabilizados cuentan con lo requerido, la suma rondaría el ₡33 800 000 por la madera contabilizada, en este sector de la playa y extrapolando este valor a los 10,6 km de playa, la cifra alcanza los ₡358.280.000,00. Esto, tan solo en uno de los distintos usos, que se le podría dar a esta madera (ver Figura 4.24).

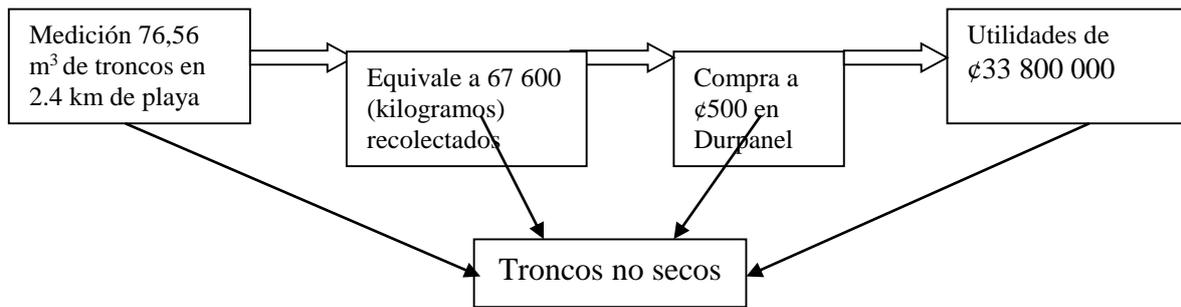


Figura 4.23. Diagrama de comercialización de la madera, que aparece en la playa de Puntarenas, 2010

Si se incluye la recuperación de la madera, en el análisis de los residuos sólidos, las cifras cambian significativamente. Asumiendo que la compra de madera se mantiene en 500 colones por kilogramo. Las utilidades, al mes, son de **¢ 3.834.991,10**; para los cinco puntos, en un año, las utilidades alcanzan los **¢46.019.893,18** (ver cuadro 4.12). Si se extrapola, para toda la playa, las ganancias en un año serían de **¢ 552.238.718,19** anuales. Esto, gracias a la influencia de la madera, ya que, es más abundante que el resto de los desechos y tienen un precio de mercado más alto, que los plásticos.

Cuadro 4.12. Comparación de los costos y beneficios de la comercialización de los residuos sólidos, incluyendo, la madera, que se recupera en la playa de Puntarenas, en el período 2009- 2010.

Rubro/Periodo	Montos mensuales en los cinco puntos (67 toneladas)	Montos mensuales en toda la playa (240 toneladas)
<b>INGRESOS</b>		
Ventas	¢6.695.579	¢80.346.944
<b>TOTAL INGRESOS</b>	¢6.695.579	¢80.346.944
<b>EGRESOS</b>		
Planilla	¢1.882.995	¢22.595.941
Insumos	¢649.155	¢7.789.860
<b>TOTAL EGRESOS</b>	<b>¢2.532.150</b>	<b>¢30.385.801</b>
Flujo neto	¢4.163.429	¢49.961.143
Préstamo	¢328.437	¢ 3.941.250,00
<b>Utilidad</b>	<b>¢3.834.991,10</b>	<b>¢ 46.019.893,18</b>

Los costos de transporte están incluidos con el traslado de los otros desechos. En un solo viaje, se llevarían los desechos reciclables, junto con la madera, para bajar los costos. Se debe tener presente que este estudio se realizó en un momento crítico, dado que, había un fenómeno del Niño (ENOS o

ENSO) al momento del análisis. Dentro de este entorno, se presentaron, por tanto, dos escenarios, uno crítico (sin la madera) y el otro óptimo (con la madera), la última alternativa demandará mayor esfuerzo; pero, también, una mayor rentabilidad.

En términos generales, al hacer una relación, entre el préstamo al 10% de interés por el sistema PYMES en el Banco de Costa Rica, y la utilidad menos el préstamo, se establece que, este se puede cancelar, en un período de 10,28 meses, es decir, 0.86 años. Al dividir el préstamo, entre la utilidad, se establece que en 10 meses, se recupera la inversión realizada. Por tanto, la actividad es rentable y ello se visualiza al relacionar los ingresos anuales, entre la inversión realizada, el rendimiento del proyecto es de 6,17. Según Suráyabi Ramírez (2013, com.pers), es bastante alto y aceptable para cualquier empresa.

#### ***4.5. Lineamientos básicos de la propuesta de recuperación y comercialización de los desechos.***

Para recuperar los desechos es importante saber qué condiciones debe tener un centro de acopio que maneje 12520 kg anuales de desechos. En este sentido, Instituto Nacional de Aprendizaje (2011) hizo un análisis técnico, sobre los insumos con los que debe contar un centro de acopio, para que maneje 1000 kg mensuales de desechos. Mismos que se ocuparían para esta propuesta. A continuación, los siguientes recursos:

##### **4.5.1. Centro de acopio**

El centro de acopio debe estar ubicado cerca de la playa, para disminuir los costos de traslado de los desechos de la playa al centro. Debe contar con las siguientes condiciones:

- a. Espacio de infraestructura superior a los 500 m<sup>2</sup> dado que se incluye la madera.
- b. 4 a 5 filas de estantes de 2 m largo x 7 m de ancho x 3 m alto para colocar cartón y papel.
- c. Bodega de 4 m x 6 m para guardar materiales, equipo y herramientas.
- d. Una oficina de 4 m x 4 m para el administrador.
- e. Una zona de parqueo de al menos 200 m<sup>2</sup> para la vagoneta, aparte de la infraestructura.
- f. Un tanque séptico o conexión con la tubería municipal respectiva, que almacene los lixiviados de los desechos.
- g. Mangueras de al menos 10 m de largo para lavar los desechos sólidos de arena y sal.
- h. 1 pila de 2 m largo x 2 m ancho x 1 m alto
- i. 1 pila de 4 m largo x 2 m ancho x 2 m alto
- j. Idealmente, una trituradora de desechos plásticos (sería lo idóneo, pero no indispensable).
- k. Estañones de latas, para triturar los vidrios según color.

- l. Balanza de pie de 1000 (kilogramos).
- m. Sierra circular portátil, para cortar la madera
- n. Un montacargas
- o. Una máquina compactadora
- p. Un molino de vidrio o plástico estándar
- q. Una Guillotina
- r. Un cargador manual
- s. 2 mesas de trabajo de 2 m x 6 m
- t. 2 Tijeras
- u. 2 Cuchillos
- v. Extractor de humedad.
- w. Horno para desecar la madera
- x. Espacio de 10 m x 6 m para almacenar la madera aserrada y desecada

#### **4.5.2. Personal**

Como bien se estableció, en el análisis, se necesita de un administrador que sea, al menos, bachiller universitario que sepa llevar contabilidad y velar por la salvaguarda y buen uso de los insumos, dos personas encargadas de la recolección con sexto grado aprobado, dos personas encargadas de la separación y acopio con sexto grado aprobado, por la misma razón y un chofer de vagoneta, con sexto grado aprobado y su licencia al día.

Se solicita el sexto grado aprobado, ya que se necesita saber leer y escribir para apuntar datos como pesos y costos. La condición de género, las necesidades especiales y la condición de libertad no es una limitante, para que las personas puedan laborar en esta actividad.

Todos los personeros de la empresa deben llevar módulos de capacitación sobre el manejo de los desechos sólidos, conciencia ambiental, salud ocupacional, administración básica y emprendedurismo del INA.

#### **4.5.3. Recolección y selección de los desechos sólidos**

La recolección se debe realizar, especialmente, en los sectores del INCOPECA, RECOPE y el HOSPITAL por ser los sitios de mayor registro de desechos. Las personas deben llevar:

- a. 5 empaques de bolsas transparentes tipo jardineras
- b. 2 pares de guantes y 2 gorras o sombreros
- c. 2 bloqueadores solar

- d. 4 bebidas hidratantes
- e. 2 cajitas de frutas
- f. 2 camisas manga larga color blanco, que cubra los brazos y las piernas sin ser caliente con el logo de la empresa
- g. 2 anteojos
- h. 2 teléfonos celular.
- i. 1 chofer de vagoneta
- j. Vagoneta de 22 toneladas.

En el caso de la madera, se debería contar con la ayuda de un tractor pequeño, para colocarlos, directamente, en la vagoneta. Las personas elegirán los troncos semihúmedos, de un diámetro superior a los 30 cm y su estructura no se desintegre al tacto. La vagoneta deberá trasladar estos desechos al centro de acopio también.

No obstante, se debe tener cuidado, en el proceso de recolección de todos estos desechos. La técnica que hoy se utiliza para la recolección de los desechos no es amigable con el ambiente, debido al alto consumo de combustible, la compactación de la arena por el peso de la maquinaria, la remoción de la berma y duna al llevarse los desechos sólidos (Figura 4.24 y Figura 4.25).



Figura 4.24. Marcas del tractor, donde se observa la remoción de la duna por la limpieza de los desechos sólidos en el sector del Barrio del Carmen en la Playa de Puntarenas. 2012



Figura 4.25. Maquinaria de la Municipalidad, en plena recolección de los residuos sólidos, frente al Parque Marino. Obsérvese la compactación de la playa y la forma como se llevan los residuos con la arena. 2013

Como consecuencia de esta remoción de la duna, la erosión eólica se hace importante, arrastrando la arena tierra adentro. Las calles de Puntarenas evidencian el fenómeno con bancos de arenas, que se recogen en la misma (ver Figura 4.26).



Figura 4.26. Depósito de arena, por la eliminación de la duna, en la carretera del Paseo de los Turistas en el sector del Barrio del Carmen en la Playa de Puntarenas. 2012

Nuevos equipos de recolección de los desechos de playa han sido diseñados y se encuentran en el mercado internacional. Esta nueva tecnología evitaría la eliminación de la duna en la playa (Figura 4.27).



Figura 4.27. Equipo mecánico para limpieza de playas en España. 2012. Tomado de la página web de la empresa Limpieza Profesional.

#### 4.5.4. Comercialización

Los desechos deben estar listos, según las indicaciones del cuadro 2.3. Es decir, en términos generales, clasificados, separados y compactados para su venta. El administrador determinará el momento de su venta, ya sea enviando a la vagoneta a los puestos de compra; o bien, indicándole a los centros de compra que pueden enviar por ellos, por sus propios medios.

Los lugares, para su comercialización, están contemplados en los cuadros 8.7 (Anexo XIII) y 8.8 (Anexo XIII). En ellos se visualiza: el lugar, nombre, horas de recepción de desechos, requisitos de recepción, volúmenes que manejan, número de trabajadores, horario, contacto, años de operación para el 2010, precio de compra, infraestructura y hasta inversión del inmueble.

## 5. Discusión

**Tipo, cantidad, densidad y generación total de los desechos sólidos.** Los desechos sólidos no son uniformes en cuanto a aparición a la playa (López *et al.* 2002; Palacios *et al.* 2002). La abundancia de los desechos es un reflejo de variables ambientales, como: perfil de playa, estacionalidad, corrientes marinas y granulometría. No obstante, la composición de estos desechos permanece constante en todos los puntos muestreados. En esta investigación, se determinó que existen diferencias significativas entre los tipos de desechos. Los más abundantes son los plásticos PET entre los demás y luego siguen las latas y los vidrios. Estos plásticos son recuperables.

Los residuos alcanzaron 25 unidades cada 10 m. Según Palacios *et al.* (2002) una playa que supere los 15 residuos cada 10 metros se considera altamente contaminada. Por tanto, falta mucho por hacer para disminuir este hecho, ya que lo ideal, son dos residuos cada 10 metros, entendiéndose por residuos, aquellos originados por el ser humano.

Si se compara la densidad de los desechos sólidos con la playa Cieneguita en Limón, en donde apenas alcanza los 10kg/m<sup>2</sup>/día mientras que, en el Parque Nacional Marino Ballena, en Uvita de Osa, la densidad con costo supera los 5,3 kg/m<sup>2</sup>/día (observación personal, 2012). Un estudio similar hecho en Cuba, revela que la densidad apenas alcanza 4,83 g/m<sup>2</sup>/día en temporada alta de turismo (López *et al.* 2007). Es decir, la playa puntarenense está contaminada, con respecto a otras zonas. Otro problema, tan solo el 40% de los desechos sólidos son reciclables, en contraposición con Cuba, donde los desechos reciclables alcanzan más del 50% (López *et al.* 2007). El esfuerzo de recuperación aumentó, pasando de 5 minutos por persona, en 1985 (Blanco y Mata 1994) a 12 minutos por persona en el 2010. Esto significa que, ahora se tarda más recuperando desechos, porque ahora son más abundantes que en el pasado.

**Perfil de playa, estacionalidad, corrientes marinas y granulometría.** La variación del perfil, en época seca y lluviosa, demuestra que la playa nunca es constante. Siempre van a cambiar su perfil, composición granulométrica y la berma. Esto es apoyado por Medina *et al.* (1995) donde encontraron este patrón en su estudio. Los cambios de las mareas, corrientes y oleaje juegan un papel fundamental en el perfil de una playa. Una playa de arena consolidada dará un patrón evolutivo bastante lento, como es el caso de Puntarenas. La constitución de los granos varió, de igual manera, con la estacionalidad. Encontrándose diferencias significativas en la estación lluviosa. Sin embargo, los mismos autores advierten que, estas diferencias no necesariamente se dan por factores del perfil mismo, sino por la hidrodinámica, es decir, ambas ocurren por las corrientes y el viento especialmente.

En este sentido, se confirma lo estudiado por Denyer *et al.* (2004), donde se indica que, las corrientes de litoral son las responsables de distribuir los desechos sólidos en la playa, esto se confirmó al observar la dirección de los derivadores (SE-NO).

Por tanto, la estacionalidad tiene influencia en las cantidades de desechos sólidos, que se depositan en la playa. El patrón se intensifica, cuando es época lluviosa. Las corrientes marinas y las lluvias aumentan cuando es la estación lluviosa, ambos factores son cruciales, para el transporte de desechos sólidos a la zona costera. Los meses de setiembre y octubre corresponden a los meses más lluviosos del año, no obstante, el promedio de precipitación estuvo muy por debajo que otros años (Instituto Meteorológico Nacional 2010).

Al revisar los boletines meteorológicos anuales, se encuentra que, en el momento de la toma de datos, la costa pacífica de Costa Rica se enfrentaba a un ENSO o conocido también, como Fenómeno del Niño. Lo cual se traduce en una reducción importante de lluvias y una caída de los vientos ecuatoriales, debido a un aumento de temperatura de sus aguas. Este efecto se vio incrementado a final del 2009 y comienzos del 2010, según señala el Instituto Meteorológico Nacional (IMN 2010), por tanto, durante los meses de agosto y setiembre, no sufrieron variaciones, en estos factores físicos, debido a que el fenómeno surge a partir de octubre (IMN 2009). El déficit de lluvias osciló entre 10 a 35% en el Pacífico Norte (sitio donde se ubica el estudio según el instituto).

Los meses de marzo y abril del 2010, fueron más calientes de lo normal, ya para los meses de junio, el fenómeno desaparece y se normaliza la estación lluviosa (IMN 2010). Por tanto, las condiciones ambientales no fueron las normales en la lectura de los datos, este factor, no se esperaba en la investigación. Desde el punto de vista de recuperación, los datos que aquí se consideran, son el mínimo de precipitación y corrientes marinas, lo cual es favorable para un estudio de factibilidad de recuperación de desechos, dado que, se parte de condiciones mínimas y críticas de aparición de desechos, en los cinco puntos de muestreo analizados.

Los meses de mayor lluvia correspondieron a los de mayor velocidad de la corriente. Esto implica que, los desechos más livianos fueron arrastrados con mayor facilidad a la duna; mientras, los que vienen con tapa o con residuos líquidos en su interior tardan más en llegar. El mes de noviembre fue, como demostró este estudio, el mes de mayor aparición de desechos, por esta consecuencia, de igual manera, el perfil de la playa se hace importante en la época lluviosa, dando diferencias significativas en este momento.

El lugar, donde más desechos aparecen, corresponde al sector INCOPECA, donde se aprecia una topografía irregular, con una entrada poco pronunciada en forma de herradura ( $\Omega$ ) que favorecen un aumento en la velocidad de la corriente y, por tanto, un aumento en el depósito de desechos.

Ante esto, el factor ambiental, que más incide, en el depósito de desechos sólidos en la playa, es la velocidad de la corriente, ya que, en lugares donde existían más kilogramos, se registraban valores más altos. Otros factores, como: granulometría y perfil de playa no se relacionan significativamente, con la aparición de desechos sólidos. Lugares como el sector HOSPITAL, no se registran muchos desechos; pero sí, mucha velocidad de corrientes, se esperaría entonces que, aquí se tuviera altos valores de contaminación, sin embargo, no fue así.

Los desechos eran recuperados por personeros de un hotel y por el proyecto “Manos a la obra” del IMAS y es la razón por la que no se registran muchos, en este punto. López *et al.* (2007) afirman que, en los sectores extra hoteles, se registraron los valores más altos y no así en los lugares donde había hoteles, esto explica el por qué no se encontraron tantos desechos.

Otro aspecto importante, se da cuando, en las tardes, aparecen más desechos sólidos en la playa, debido no solo a las corrientes; sino también, a la acción de los vientos del sur, que se dirigen directamente, a la ciudad, trasladando todos los objetos flotantes a la orilla.

Entre más grueso sea el grano, mayor energía tendrá la playa. Esto, por supuesto, genera que el perfil de la playa se pronuncie y además, el transporte de objetos se incremente. Llama la atención que, en la playa, en época seca, es donde se tiene mayor tamaño de grano, entre 300 a 355 micras en promedio. Sin embargo, el punto INCOPECA y el HOSPITAL, lugar donde aparecen más desechos, no tienen los valores más altos en el tamaño de los granos.

La capa de arena no entierra los desechos a mucha profundidad; según el análisis hecho, debido a lo liviano de los plásticos y lo vulnerables que son a los factores oceanográficos. Caso contrario, un tronco de considerable volumen, se le puede encontrar en la zona baja de la playa y no necesariamente, en la duna por su peso, de igual manera, puede estar enterrado o en la superficie de la playa.

No se conoce la proporción de los desechos provenientes de los ríos, esteros y lagunas; y los generados por los habitantes del lugar y turistas. Aunque el 80% son de origen terrestre y eso es fundamental, para resolver este problema. Las fuentes son las alcantarillas de las zonas costeras, las embarcaciones, los turistas, los habitantes, pero, principalmente, en los ríos se colectan todo tipo de desechos, provenientes de las ciudades tierra adentro. En este sentido, Televisora de Costa Rica (2009)

indica que, el origen de los desechos sólidos de la playa de Puntarenas son los ríos Barranca, Tárcoles y Jesús María, respectivamente. Según ASOCIACIÓN TERRA NOSTRA (Televisora de Costa Rica 2011), se reporta que en el río Tárcoles se descargan 1.810 toneladas de residuos reutilizables y 20.209 toneladas no reutilizables por año. El río Tárcoles es uno de los efluentes del río Virilla, lugar donde está ubicada el Gran Área Metropolitana. Por lo tanto, este tipo de contaminación debe venir de las grandes ciudades, hasta la zona costera.

Al venir los desechos sólidos tierra adentro, desde la naciente de los ríos, en las divisorias de aguas en las montañas, la solución no es solamente la limpieza de la playa, sino también, el manejo de las cuencas. El ICE y otras instituciones, están tratando de hacer manejos integrados de cuencas hidrográficas. Este es incluyente, dado que, promueve la participación de todos los actores que, de alguna u otra forma, dependen de un río o una laguna o un estero. Su rango de acción va desde una naciente, hasta el propio mar. Un manejo integrado de cuencas provocaría: (1) una reducción importante de la vulnerabilidad ambiental, porque utiliza, adecuadamente, los recursos naturales, (2) disminuye la contaminación, (3) mantendría la diversidad biológica y sus hábitats, (4) promovería el procesamiento de la materia orgánica y (5) facilitaría los usos directos de agricultura, industria y agua potable, de manera sostenible y regulada (Jiménez 2004). Lamentablemente, la cuenca del río Virilla no tiene ese manejo. El Gran Área Metropolitana tiene influencia directa sobre la playa de Puntarenas.

**Potencialidad, viabilidad, reutilización, recuperación y comercialización.** Estudios químicos demostraron que, los plásticos no pierden su capacidad para los procesos posteriores de reciclaje. A pesar de ello, el plástico PET mostró mayor degradación, por ser más delgado; mientras, los plásticos PP y HDPE conservan, muy bien, las condiciones por ser demasiado gruesos.

Aunado a esto, PRODOCUL y COCA COLA FEMSA aseguran que, los plásticos provenientes de la playa, no tienen ningún inconveniente en ser recibidos. Dado que, en la molienda se trituran y no es importante si vienen resacos y quebradizos por la acción del oleaje y el sol. Aunque, si la degradación es mayor, este plástico servirá para hacer bolsas plásticas, según comentaba Roy Zamora, del Laboratorio de Plásticos del INA. Es decir, son materiales reutilizables, lo que se encuentran tirados en la playa y nunca debieron estar ahí. El consumismo es la fuente del problema.

Los desechos sólidos pierden su valor, al momento, cuando el propietario lo percibe inútil. Con ello, se cierra un ciclo. Este deberá comprar otro producto del mismo tipo, para reponerlo y usarlo, permanentemente, hasta que se convierta inútil de nuevo. Para ello, se debe extraer de la naturaleza la materia prima, para reponer el producto desechado. Esta acción de prescindir de un desecho, provoca una caída de su valor llegando al cero.

Esto provoca que el mismo sea indeseable y, por tanto, se le tire donde se pueda. Con el paso del tiempo, el valor cero se convierte en valores negativos, porque el mismo consumidor debe pagar para que el desecho sea recuperado y finalmente, reciclado fuera del país. Además, el valor negativo se traduce, también, en un daño ambiental, el cual conlleva otro costo económico, que normalmente las empresas trasladan al consumidor, toda su responsabilidad (Stessel 2004).

Un trabajo realizado, en mayo del 2011, en conjunto con estudiantes del INA, de Uvita de Puntarenas, caracterizó los desechos sólidos por marca, con el fin de ver el impacto que provocan los envases de las empresas en la playa, como parte del concepto de responsabilidad social. Este se hizo en la Playa del Parque Marino Ballena, con 14 personas, recolectando en 500 metros de playa. En una hora se obtuvo un total de 10,7 kg. El 41% de los desechos plásticos correspondían a la marca Coca Cola, luego Tropical de la Cervecería de Costa Rica con un 13% y Agua Alpina con un 9%.

Este mismo estudio se realizó en la playa de Puntarenas, con la colaboración de los estudiantes de décimo del Colegio Científico de Puntarenas, en el mes de junio, del 2011. Se recolectó, aproximadamente, 65 kg de desechos sólidos, los cuales fueron separados según marca. La marca Coca Cola es la que más aparece con un 56%, seguida de la cerveza Costa Rica, con un 13% y la Big Cola con un 9%.

En Cieneguita de Limón centro, también, se realizó esta dinámica con 11 estudiantes del INA de Limón, de este trabajo, se obtuvo 50% botella plásticas de la marca Coca Cola, Fanal 32% y la Cervecería Costa Rica 9% en el 2012. Estos datos sustentan la idea de la responsabilidad social.

Ambos lugares confirman que, las empresas Coca Cola y Cervecería Costa Rica elaboran envases poco amigables con el ambiente y sería interesante elaborar un estudio más detallado en varias playas del país, para establecer si el patrón permanece. Es importante señalar que, ambas empresas lideran la recuperación de desechos sólidos en playas y ríos, como parte de la responsabilidad social.

Si el Gobierno local desea recolectar por sí mismo, todos los desechos de la playa, deberá considerar que el metro lineal cuesta 2 500 colones y el metro cuadrado 20 000 colones. Los costos, por tanto, son altos y muy cercanos a los que estimaron los trabajadores de la municipalidad, en la entrevista. Esto explica por qué los desechos están en la playa. No es un negocio, porque no es rentable. Pero si el proceso completo de reciclaje se llevase en el mismo lugar, donde se recolecta y se aprovechara la madera, es muy probable que los costos sean bajos, con respecto a los beneficios económicos.

Con respecto a la madera de playa de Puntarenas, DURPANEL confirma que, esta es viable para sus procesos productivos. Sin embargo, entre más seca esté la madera, menos favorable será para

su aprovechamiento. Debe tener cierto grado de humedad y no importa que contenga agua salada, ni arena, para obtener un producto de mejor calidad. La recuperación de madera es todo un tema y puede generar una alta rentabilidad, como se demostró en este estudio.

En el mes de octubre del 2011, Televisora de Costa Rica informa sobre la recolección realizada por 450 voluntarios, limpiaron 3 km de playa recolectando, aproximadamente, 3000 kg de desechos sólidos, lo cual indica que, la actividad de recolección, para su comercialización, es rentable, si el número de personas que recolectan es grande.

Hay ganancias intangibles, que este estudio no mide, porque escapa de los objetivos; pero sería meritorio para realizar otro. En la teoría de la economía ecológica, está medir los beneficios que generan proyectos de este tipo. Los principales son: mayor afluencia de turistas a Puntarenas, mayor ahorro por parte de la Municipalidad para limpiar las playas, mayor diversidad biológica al haber menor cantidad de contaminantes en el ambiente y reducción considerable de la huella de carbono, en Puntarenas. Es un valor de uso directo e indirecto, según Tomasini (S.A), ya que la playa no solo se aprovecha directamente para la pesca, recreación, navegación y natación; sino también, es un lugar donde la acción del oleaje y del viento es repelido, los ciclos biogeoquímicos se llevan a cabo y la biodiversidad marina debe protegerse en estos lugares. El costo ambiental, por incremento de la contaminación, se puede medir por un incremento en la morbilidad (enfermedades), la cual se refleja en costos médicos, visitas a los centros médicos, medicamentos y otros. Lamentablemente, en el presente, existen problemas, en este sentido, con la gestión municipal en la ciudad de Puntarenas.

En la ley de la gestión de residuos sólidos establece y señala a la Municipalidad como un agente importante. Como se demostró en este análisis, la playa no se está limpiando, en su totalidad, aun cuando, se visualizan esfuerzos por parte del proyecto “Manos a la Obra”, el cual no ha sido constante en la zona del problema. En este sentido, la Sala Cuarta ordenó al alcalde la ciudad de Puntarenas, limpiar la playa, desde el REPCOPE, hasta el Hospital, según indica el periódico La Nación el 3 de abril del 2011; en el expediente número 11-001710-0007-CO y la resolución N° 2011003726, ante la denuncia de un ciudadano, el cual estaba molesto por la acumulación de desechos en el sector, donde se desarrolló este trabajo. El costo para restaurar la playa equivale al costo del daño ambiental provocado por los seres humanos, según Tomasini (S.A). Contar con esta información es importante, para decidir si se invierte o se previene el impacto. Asimismo, pone en evidencia otra fuente de ineficiencia esta denuncia: la ineficiencia del gobierno local. Por tanto, es preciso recuperar cuanto antes esos desechos sólidos de playa.

Lund (1996) advierte que, este proceso de recuperación, es el más importante del reciclaje, menciona el caso hipotético donde un programa de reciclaje, que sea capaz de recuperar el 85% de los desechos, y las utilidades superan los 23-35 dólares por tonelada, incluyendo los costos operativos, entonces, el programa será atractivo económicamente. Sin embargo, las utilidades serían mayores, si

este trabajo no fuera responsabilidad absoluta de los centros de acopio, sino de la misma comunidad. Cada habitante puede colaborar con la separación. Los costos de recuperación y selección suponen las dos terceras partes de los costos generales del proyecto. El gobierno local es clave para lograrlo. En la actualidad, es posible recuperar PET, HDPE y PVC del flujo post consumo; con una calidad que le permite competir en los mercados y con el material virgen. Siempre es importante, recordar que, el material virgen es más barato que uno reciclado.

**La gestión ambiental de los desechos sólidos para los próximos años en la playa de Puntarenas.** La información de esta investigación, se le hará llegar a la encargada del proyecto del IMAS, la Lic. Wendy Campos Zúñiga. Con esta persona se estará coordinando los sitios que demandan mayor recolección, los costos que implica, el número de personas idóneo, equipo y maquinaria adecuada, para que estas personas trabajen sin problemas. Además, se llegó a un acuerdo para dar charlas y capacitaciones a estas personas, con el fin de que den un mejor rendimiento y tengan una mayor sensibilización, ante el problema ambiental que están solucionando. Esta no es la solución definitiva; pero sí un significativo esfuerzo. No obstante, se debe considerar que, la limpieza, por sí misma, conlleva un costo ambiental también.

Según Roig (2004) la zona de duna es una reserva sedimentológica y un lugar para el crecimiento de la flora costera, y por la retirada poco selectiva e indiscriminada de la maquinaria, suponen un mayor impacto, en la zona costera. Entre ellos está: (a) el desequilibrio del perfil de la playa, (b) un mayor transporte de arena, por fuerza eólica, que llega tierra adentro en la playa (Figura 5.2), (c) pérdida de diversidad biológica, (d) pérdida de superficies y (e) volúmenes de playa, todo lo anterior, con solo que la maquinaria remueva una capa de 45 cm de arena.

La desestabilización sedimentológica provoca una incapacidad para formar nueva duna en el lugar, debido a que el sedimento no se puede consolidar, lo único que hace es formar conos arenosos. No obstante, la presión para la recreación y actividades sociales en la playa, obligan a los gobiernos locales a tomar medidas, sin conocimiento profundo de sus acciones y es poco probable medidas que mitiguen este impacto. Mientras, el perfil de la playa se afectará notablemente y la dinámica costera también.

La limpieza de las playas no es rentable, si solo se recuperan plásticos, latas y vidrio como se estableció en este estudio. Es imprescindible, acompañar la actividad con la recuperación de la madera también. Solo así se tendría una rentabilidad económica onerosa.

No obstante, la remoción de la madera va a generar un impacto al ambiente. Existen algunas especies de playa, como anfípodos y cangrejos fantasma (*Ocypode quadrata*) que utilizan los mismos como protección y escondite. Animales como los percebes, los usan como sustratos. La degradación

de los mismos es una reintegración de nutrientes y celulosa. Su extracción merece más estudios y regulaciones por parte de las autoridades y universidades (Castro & Huber 2003).

Según estas regulaciones, otra rentabilidad surge como consecuencia de la recuperación, sin generar ganancias económicas directas. Se trata de la rentabilidad socioambiental. Los costos de tener una playa contaminada, con desechos sólidos, son más altos que las pérdidas que se tenga por su recolección, dado que, los turistas dejan de venir por el impacto en el paisaje y los habitantes sufren un detrimento en su calidad de vida (López *et al.* 2007).

Tomasini (S.A) sugiere, en su documento, que la valoración económica es un esfuerzo de asignar valores cuantitativos a los bienes y servicios, proporcionados por los recursos ambientales. Su valor estriba en las funciones que este brinda y, de alguna forma, afectan el bienestar colectivo de las personas: los usuarios. Es evidente que, en un ambiente sano, las personas se ven afectadas positivamente. En un ambiente alterado, se verían afectados, negativamente, independiente de la existencia de precios de mercado para los mismos.

Es imprescindible dictar políticas ambientales, por parte del gobierno local. Se deberán aprovechar los desechos sólidos para su recuperación y comercialización. La misma actividad genera recursos, aunque mínimos. Este estudio demuestra que, los desechos no pierden su calidad, los centros de acopio los reciben sin problema, el volumen supera la tonelada, anualmente, y tienen ubicados los lugares de mayor volumen de los desechos. De manera indirecta, la misma Municipalidad de Puntarenas se beneficiaría, ya que los precios hedónicos sirven para recaudar los impuestos territoriales y municipales. El valor de una propiedad refleja una corriente de beneficios. Una casa, situada al frente, de donde aparecen los desechos de la playa, se venderá a menor precio que una donde existe poca contaminación. Este tipo de precios ayudan, de alguna manera, a medir el impacto de la contaminación ambiental (Tomasini S.A).

El camino más adecuado será brindar un espacio, una infraestructura para la recuperación y clasificación de los desechos sólidos, por parte de grupos sociales marginales. Inclusive, comprando maquinaria para hacer la molienda de plástico de inmediato, se podría hacer un ciclo para exportar directamente los plásticos. El Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) y otras instituciones pueden dar la capacitación a estos grupos. Los desechos, de toda la playa, serán llevados ahí, la municipalidad o empresa contratada o arrendante, recupera y comercializa los desechos de la playa.

. Una empresa, que haga un envase, en estos momentos, el consumidor pagará por este envase y además volverá a pagar por su recuperación y otro, por su reciclaje. Esta es la principal ineficiencia: una falla del mercado (externalidades). Hasta que las empresas no cambien la presentación de sus productos y no asuman su verdadera responsabilidad social, la municipalidad será la llamada a dar una

solución de los desechos. Según Tomasini (S.A), las políticas adecuadas podrán no solo mantener las condiciones ambientales, sino mejorarlas, simultáneamente, a la par del desarrollo económico. Ello implica definir instrumentos como: normas, tarifas o impuestos que permitan recolectar los desechos. Es preciso aceptar que, todo este esfuerzo conlleva una inversión y altos costos marginales, pero también, trae consigo beneficios no ambientales, como el crecimiento económico y, por supuesto, los ambientales. La suma de ambos es considerada un beneficio total, para la ciudad. Este trabajo sugiere por tanto, un estudio del Costo Marginal Social de Oportunidad a futuro, de tal manera que, el gobierno local permita instruir políticas ambientales más precisas de lo que está sucediendo en la playa, así como, la valoración de servicios ambientales que brinda la playa, por medio de la técnica del costo del viaje del visitante y de nuevo, por el modelo hedónico de las propiedades.

Si los países son conscientes de esta realidad, no se debería permitir esta situación. Las empresas deben asumir los costos de la contaminación e incorporarlas en sus presupuestos. La realidad, el mundo se está llenando de desechos y no se ha hecho nada por mitigar esta situación. Las empresas deben diseñar nuevos envases más amigables con el ambiente, volver a la elaboración de envases retornables, cuando aplica y no simplemente hacer campañas de recolección, como un acto altruista y publicitario.

La verdadera solución nace, desde el mismo origen de ese desecho, que anda deambulando en la playa. Lund (1996) señala que, la tecnología para recuperar los desechos y procesarlos como de primera calidad todavía no existe, pero todo apunta a que pronto se dará. Una tecnología que disminuya los costos de recuperación y selección hará atractiva la actividad.

La ley, para la gestión integral de los residuos, podría resolver gran parte del problema, dado que está normado, muy bien, las situaciones señaladas en este estudio se señala. La interrogante es si el Ministerio de Salud tendrá la capacidad y el personal apropiado para cumplir con todo lo estipulado.

A la vista de todo, en Costa Rica, está más que probado, las leyes están bien redactadas, en términos generales, pero siempre son débiles al momento de aplicarlas y de velar porque estas se cumplan. Más allá de una ley, está la conciencia de los actores principales del proceso productivo, tanto productores y consumidores necesitan cambiar de actitud y mentalidad. Esperar a que el Gobierno central asuma un papel beligerante y prohíba, definitivamente, los envases y empaques plásticos al país, resulta algo ilusorio y difícil de cumplir, aunque lo ideal para disminuir la contaminación.

El futuro de los desechos sólidos, que aparecen en la playa de Puntarenas, dependerá, en gran medida, de: (1) los envases que vayan produciendo las empresas, (2) de la educación que tenga el

consumidor, (3) del éxito que tenga el programa “Manos a la Obra del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y (4) de la capacidad innovadora de la Municipalidad de Puntarenas.

La compra de nuevos y modernos equipos de recolección sería fundamental, para no dañar el ambiente; mientras se limpia la playa. La innovación, en cuanto a estrategias de recuperación y comercialización, son fundamentales para dar solución al problema. Estos serán los nuevos desafíos que enfrentará el gobierno local.

El resultado es positivo. Las pestes de ratas, cucarachas y serpientes disminuyen de inmediato (Dellsperger *et al.* 2003). Los turistas se sienten cómodos al visitar una playa limpia. La calidad de vida de los habitantes mejora. Los microplásticos no serán consumidos por organismos comestibles por los seres humanos y, por ende, no adquirirían sus toxinas. Al existir la zona de berma, los ciclos biológicos de organismos de playa continuarían, normalmente, la acumulación de bancos de arena ayudaría a la amortiguación de la erosión por oleaje y viento.

Finalmente, el proyecto resuelve (1) la contaminación de la playa, al eliminar desechos sólidos, (2) la visitación actual de turismo, ya que un ambiente limpio propicia el entretenimiento y la recreación, (3) el desempleo, ya que con el IMAS, la comercialización de los desechos y la madera, se van a generar ingresos económicos a familias de escasos recursos, (5) el proyecto se puede aplicar a todas las costas del país y (5) la deforestación, puesto que, muchas empresas necesitan madera en sus procesos productivos, al comprar madera procesada de playa, dejarían de extraerla de los bosques.

Hoy, el nuevo mandato de la selección natural es controlar a los humanos para poder proteger el ambiente. En el pasado, se controlaba el ambiente para poder desarrollarnos como especie. La historia una vez más, ha cambiado y hoy nos damos cuenta que la principal fuente de contaminación no son las alcantarillas ni los ríos, es el ser humano.

## 6. Conclusiones

- La aparición de los desechos no es uniforme en la playa y responde a variables totalmente ambientales, como: corrientes marinas, estacionalidad, vientos y oleaje.
- El perfil y la granulometría de la playa de Puntarenas no están relacionados con la aparición de los desechos sólidos.
- Entre más grande sea la zona de la duna, mayor acumulación de desechos sólidos en la playa.
- Los desechos sólidos no pierden su capacidad química y física por la acción del oleaje, sol y agua, para un posterior reciclaje.
- La recuperación y comercialización de los desechos sólidos no es rentable, si no se acompaña de la recolección y venta de la madera también.
- El estudio sirve de insumo para proyectos como “Manos a la Obra” del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) y la gestión de la Municipalidad de Puntarenas.

## 7. Referencias

- Angulo, T y Soto, R.** 2009. Puntarenas vuelve a ser una playa limpia para los turistas. En: [www.municipalcr.com](http://www.municipalcr.com). Marzo 2012.
- Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.** 2011. Ley para la gestión integral de los residuos. Expediente 15.897. Primera legislatura del 1 de mayo al 31 de julio del 2011. San José, Costa Rica.
- Asociación Terra Nostra.** 2005. International Coastal Cleanup. The Ocean Conservancy 2029 K Street, NW Washington, DC 2006
- Barrientos, J.** 2002. Temas de estadística inferencial. EUNED. San José, Costa Rica. 152 p
- Batstone, R; Smith, J and Wilson, D.** 1989. The safe disposal of hazardous wastes. World Bank .Vol 1 (93). Washington, D.C.
- Bejarano, R.** 1997. Vegetación y paisaje de la costa atlántica de Andalucía. Universidad de Sevilla. Europa Artes Gráficas. Salamanca. 403 pp.
- Blanco, O. y Mata, A.** 1994. La Cuenca del Golfo de Nicoya: un reto al desarrollo sostenible. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Bonilla, A. y Meza, T.** 1994. Problemas del desarrollo sustentable en América Central: el caso de Costa Rica. Editorial Alma Mater. Primera Edición. San José-Costa Rica. 142p
- Careaga, J.** 1993. Manejo y reciclaje de los residuos de envases y embalajes. Instituto Nacional de Ecología. Monografía 4. Editorial SEDESOL. p 125
- Castro, P & Huber, M.** 2003. Marine Biology. McGraw Hill. Fourth Editions. United States of America. 462 p
- Cervantes, L; Ortega, A y Garza, R.** 2006. Compósitos de madera plástica. En: <http://rolandog.com/wp-content/uploads/2006/12/reporte.pdf>. Consultada Junio, 2011.
- Centro de Productividad Nacional (CEPRONA).** 2008. Gestión integral de los residuos. En: <http://www.ceprona.org/organizacion/gestion-de-residuos.php> . Noviembre, 2008.

- Chen, S y García, K.** 2007. Puntarenas y el turismo: ¿Qué ha pasado con la perla del Pacífico? Revista de las Sedes Regionales. Vol III (15): 109-131
- Chen, S.** 2010. Percepción del impacto del Turismo en el Roble 2 de Puntarenas, Costa Rica. Revista Reflexiones 89 (2): 27-38
- Cooper, D & Corcoran, P.** 2010. Effects of mechanicals and chemical processes on the degradation of plastic beach debris on the island of Kauai, Hawaii. Marine Pollution Bulletin. Vol 60 (5): 650 – 654
- Dellsperger, V; Misión, DM y Suiza, L.** 2003. Manual de Ecología básica y de Educación Ambiental. Meza México-Suiza. PNUMA y CLAI. Vol 2. 28
- Denyer, P. y. Kussmaul, R.** 2000. Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Denyer, P; Cárdenas, G y Kruse, S.** 2004. Registro histórico y evolución de la barra arenosa de Puntarenas, Golfo de Nicoya. Costa Rica. Revista Geológica de América Central (31): 45-59.
- Fournier, M.** 2002. Manejo integrado de desechos sólidos y líquidos post consumo. EUNED. Heredia. 36 p
- Fujieda, S; Uchiyama, M; Azuma, T and Arita, Y.** 2008. Ingestion case of plastics by black marlin *Makaira indica* and lancetfish *Alepisaurus ferox* caught in the East Indian Ocean. Memoirs of the Faculty of Fisheries. Kagoshima Univ. Vol 57, 47-48.
- Garcia, G; Guier, E y Chacon, I.** 2000. “Ambiente problemática y opciones de solución”. UNED. San José, C.R. 508
- García, K.** 2007. Trabajo comunal en la Universidad de Costa Rica: caso de gestión ambiental en la ciudad de Puntarenas. Rev. Ciencias Sociales Universidad de Costa Rica, 117-118: 211-223/2007 (III-IV).
- Garrison, T.** 2007. Oceanography: an invitation to marine science. Sixth editions. Thompson Bookstore. Canada. 575 p
- Gaviria, L.** 2005. CNP+L. Programa de capacitación en producción más limpia, módulo 1. Costa Rica.
- GLENANS.** 1995. El nuevo curso de navegación. Tutor Náutica. Madrid, España. 1170

- Gobierno de Costa Rica.** 1991. Plan Nacional de Manejo de Desechos de Costa Rica. Resumen del informe final. Deutsche Gesellschaft für technische Zusammenarbeit. San José, Costa Rica.
- González, C. y Pino, M.** 2008. Guía práctica de geología costera y playas. En: Bergoing, J.P y Brenes, G. 2008. Práctica de geografía. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. Vol 2. 42-56
- Gudynas, E.** 2002. Ecología, economía y ética. Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica. 304 p.
- Gutiérrez, E.** 1995. Métodos estadísticos para las ciencias biológicas. EUNA. Heredia, CR. 175 p
- Ecología Política.** 1991. Ecología política: cuadernos de debate internacional. Editorial ICARIA. Madrid, España.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN).** 2009. Boletín de ENOS. COENOS. N°28. En: <http://www.imn.ac.cr/boletines/enos/B-ENOS282010.pdf>. Enero 2009
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN).** 2010. Pronóstico Climático de diciembre 2009 a marzo 2010. En: <http://www.imn.ac.cr/boletines/PerClimaCRaMarzo2010.pdf>. Enero 2009.
- INA.** 2011. Informe del análisis químico de la muestra de plásticos recuperados de la playa. Núcleo Tecnología de Materiales. San José, Costa Rica.
- INA.** 2011. Estudio sobre los centros de acopio y la compra de desechos sólidos. Núcleo Tecnología de Materiales. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC).** 2008. Población total por condición de actividad y tasas, según región de planificación y sexo. En: [www.inec.go.cr](http://www.inec.go.cr). Setiembre 2008.
- Jiménez, F.** 2004. Antología del curso de manejo integrado de cuencas hidrográficas. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Lobo, S.** 2011. Costa Rica: el camino hacia una gestión integral de residuos sólidos. Revista Ambientico. N° 215. Agosto. En [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr). Consultada el 1 de setiembre del 2011.
- López, M.** 2007. Gestión ambiental en la UCR: un ejemplo para el mejoramiento del medio. Revista Crisol. N° 18. San José, Costa Rica:

- López, L; Pérez, G; Ruiz, I; Orellanes, O y Cruz, R.** 2007. Caracterización cuantitativa de la generación de residuos sólidos en la playa de Varadero. *Revista Avanzada Científica*. Vol 5 (2): 1-15
- Lund, H.**1996. Manual de reciclaje. McGraw Hill. Vol. I. México DF.
- Medina, R; Losada, I; Losada M y Vidal, C.** 1995. Variabilidad de los perfiles de Playa: forma y distribución granulométrica. *Revista Ingeniería del Agua*. Vol 2 (extraordinario): 133-143
- Meza, T.** 2001. Geografía de Costa Rica. Editorial Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Mussmani, S.** 2011. Evolución de la gestión integrada de residuos y el factor humano en Costa Rica. *Revista Ambientico*. N° 215. Agosto. En [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr). Consultado el 1 de setiembre del 2011.
- Organización Marítima Internacional (OMI).**1998. MARPOL 73/78. Reino Unido. 449 p
- Palacios, F; García E; y Ruiz F.** 2002. Gestión ambiental y manejo integrado de residuos sólidos en Tarara. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún, México.
- Programa Ambiental Regional para Centroamérica (PROARCA).** 2005. Manual sobre prácticas de producción más limpia: una contribución a la Pymes de la ruta de las culturas del maíz. CATIE. Turrialba, Cartago.
- Quintana, J.** 2001. Patrones de Yate. Gráficas 92 s.a. Barcelona, España.
- Roig, F.** 2004. Análisis y consecuencias de la modificación artificial del perfil de playa – duna provocada por el efecto mecánico de su limpieza. *Investigaciones geográficas*. N°33: 87-103
- Sandoval, I.** 2011. Papel de la cultura, educación y ciudadanos con respecto a los residuos sólidos. *Revista Ambientico*. N° 215. Agosto. En [www.ambientico.una.ac.cr](http://www.ambientico.una.ac.cr). Consultado el 1 de setiembre del 2011.
- SIAMIC.** 2006. Estudio de línea de base Emisario Bahía Inglesa, Punta Pescadores III Región de Atacama. Viña del Mar, Chile.
- Stessel, I.** 2004. WASTE MANAGEMENT AND MINIMIZATION, in *Waste Management and Minimization*, [Eds. Stephen R. Smith, and Nick Blakey], in *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*, Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK, [<http://www.eolss.net>] [Retrieved October 5, 2011]

- Tchobanoglous, G; Thiesen, H y Vigil, S.** 1994. Gestión de residuos sólidos. Vol. II. McGraw Hill. México D.F. 611-1107
- Televisora de Costa Rica Canal 7.** 2009. Documental Recolección de desechos sólidos en el Río Virilla. En [www.youtube.com](http://www.youtube.com). Consultado el 15 de abril del 2011.
- Televisora de Costa Rica Canal 7.** 2011. Documental Recolección de desechos sólidos en la playa del Cocal de Puntarenas. En [www.teletica.com](http://www.teletica.com). Consultado el 8 de octubre del 2011.
- Tomasini, D.** S.A. Valoración económica del ambiente. Documento. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- United Nations Environment Programmer (UNEP).** 2002. Productos químicos: Evaluación regional sobre sustancias tóxicas persistentes. Informe Regional de América Central y el Caribe. Fondo para el medio ambiente mundial. PNUMA. p230
- Vargas, J y Acuña, J.** 2003. Contaminación costera de Costa Rica. CIMAR. UCR. San José, CR. Material digitalizado.
- Vega, N.** 2008. El manejo de los desechos sólidos en Nosara, Nicoya, Guanacaste, Costa Rica. Tierra Tropical. Vol 4 (1): 191-252
- Wong, M.** 2001. Propuesta de un Plan Regulador para la Ciudad de Puntarenas. Municipalidad de Puntarenas-Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU). San José, Costa Rica.
- Yáñez, A.** 2010. Impactos del cambio climático en la zona costera. Instituto Nacional de Ecología. Texas Sea Grand Program. México D.F.
- Zicari, A.** 2006. Responsabilidad social empresaria: del dicho al hecho. Poniéndole números a la responsabilidad social. Rosario Argentina. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano. Revista Invenio. Vol 9 (017): 95-105.
- Zetina, M.C; Sánchez, E; Osorio, R, Mariño, T.I.; Castillo, R. y Cauich, J.C.** 2008. Análisis de modelos de perfil de playa en equilibrio aplicados a una playa de Yucatán, México. Ingeniería Revista Académica. Vol 12 (3): 15-31

**Comunicación personal**

- Campos, W.** 2012. Proyecto de recolección de desechos por parte de personas subsidiadas por el Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS). Instituto Mixto de Ayuda Social. Oficina de Trabajo Social. Comunicación personal.
- Ferlini, G.** 2009. Ley de Marpol 73/78. Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Oficina de Gestión Tecnológica. Comunicación Personal.
- Gómez, A.** 2009. “Desechos sólidos de la playa y la gestión ambiental”. Municipalidad de Puntarenas. Alcalde Municipal. Comunicación personal.
- González, C.** 2008. “Desechos sólidos en la playa”. Profesora. Escuela de Geografía. Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.
- Hernández, R.** 2011. Estudio contable del proyecto. Profesor de la Sede del Pacífico. Universidad de Costa Rica. Comunicación personal.
- Infante, C.** 2009. Capacitaciones en manejo de desechos sólidos. Instituto Nacional de Aprendizaje. Oficina de Planeamiento y Evaluación. Comunicación personal.
- Lizano, O.** 2009. Método para la toma de datos para corrientes marinas. Investigador. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología - CIMAR. Comunicación personal.
- Morales, A.** 2009. Metodología para la toma de datos para estudios de corrientes marinas. Investigador y Director del CIMAR. Comunicación personal.
- Ramírez, S.** 2013. Análisis financiero costo – beneficio del proyecto. Observatorio de Desarrollo de la Universidad de Costa Rica. Comunicación personal
- Soto, S.** 2008. Grupos sociales beneficiarios de un proyecto de reciclaje. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Oficina de Gestión Ambiental. Comunicación personal.
- Zamora, R.** 2011. Análisis de los plásticos degradados en la playa de Puntarenas. Instituto Nacional de Aprendizaje. Unidad de Tecnología de Materiales. Comunicación personal.

## 8. Anexos

### Anexo I. Entrevista a las mujeres recolectoras

1. ¿Con qué frecuencia limpian la playa? Semanal \_\_\_\_, Mensual: \_\_\_\_.
2. ¿Cuántas veces a la semana o al mes? 1 \_\_\_\_, 2 \_\_\_\_, 3 \_\_\_\_, 4. o más \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es el área de playa que limpian en cada salida?
4. ¿Por qué esta zona?
5. ¿Quién determina el área y su número?
6. ¿Cuál es el equipo que utilizan?
7. ¿Es el recomendado? ¿Lo ideal qué sería?
8. ¿Cuál es la persona responsable del proyecto?
9. ¿Cuánto desecho recogen por día, semana y mes?
10. ¿Cuánto cuesta trasladar los desechos al centro de acopio? ¿Cómo lo hacen?
11. ¿Quién les paga el centro de acopio? ¿Cómo administran el centro?
12. ¿Los desechos que recolectan se reciclan? ¿Genera alguna ganancia? ¿Cuánto?
13. ¿Realizan registros de lo colectado?
14. Nombre de la empresa que recolecta los desechos sólidos
15. ¿Cómo reclutan al personal?
16. ¿A qué otro grupo social cree usted que le beneficiaría este proyecto?

**Anexo II. Entrevista a los funcionarios de la Municipalidad de Puntarenas que recolectan los desechos en la playa**

1. ¿Con qué frecuencia limpian la playa? Semanal \_\_\_\_, Mensual: \_\_\_\_.
2. ¿Cuántas veces a la semana o al mes? 1 \_\_\_\_, 2 \_\_\_\_, 3 \_\_\_\_, 4. o más \_\_\_\_\_
3. ¿Cuál es el área de playa que limpian en cada salida?
4. ¿Por qué esta zona?
5. ¿Quién determina el área y su número?
6. ¿Cuál es el equipo que utilizan?
7. ¿Es el recomendado? ¿Lo ideal qué sería?
8. ¿Cuál es la persona responsable de la actividad?
9. ¿Cuánto desecho recogen por día, semana y mes?
10. ¿Son tratados los desechos una vez que se recolectan?
11. ¿Quién financia todo este trabajo?
12. ¿Existen días o meses del año, donde se acumula una mayor cantidad de desechos en la playa?  
¿A qué factores atribuye, usted, su respuesta?
13. ¿Son los desechos sólidos generados por los turistas o por los puntarenenses o existe otra fuente que debamos saber?
14. ¿Qué solución daría, usted, a los desechos que salen a la playa?
15. ¿Qué requisitos debe tener una persona que trabaje en esta actividad? ¿Qué salario debería esperar ganar?

**Anexo III. Entrevista a los funcionarios de las plantas recicladoras de desechos sólidos**

1. ¿Con qué frecuencia reciben, ustedes, desechos provenientes de la playa? Semanal \_\_\_\_, Mensual: \_\_\_\_.
2. ¿Cuántas veces a la semana o al mes? 1 \_\_\_\_, 2 \_\_\_\_, 3 \_\_\_\_, 4. o más \_\_\_\_
3. ¿Cómo reutilizan, ustedes, los desechos reciclados?
4. ¿Es idéntica la calidad de un producto realizado con desechos sólidos que otro nuevo o virgen?
5. ¿La construcción de una planta recicladora es costosa? ¿Son los desechos sólidos que se producen, suficientes para sostener una planta económicamente?
6. ¿Deben tener algún requisito especial los desechos que provienen de la playa? Mencione ¿cuáles?, si es el caso.
7. ¿Tienen los desechos sólidos provenientes de la playa, la misma calidad de los que provienen de los hogares y zonas urbanas?
8. Si yo le dijera que por mes en promedio aparecen \_\_\_\_ kg de desechos sólidos por metro cuadrado en Puntarenas ¿Sería o no rentable su reciclaje?
9. ¿Cuánto pagan, ustedes, los kilogramos de plásticos, latas y vidrios en su planta?
10. ¿Le parece, a usted, que los centros de acopio actuales son apropiados para el tratamiento de los desechos? Indique alguna recomendación.
11. ¿Está, usted, de acuerdo que se aprovechen los desechos que salen en playa?
12. ¿Qué uso le daría, usted, a los desechos sólidos reciclados provenientes de la playa?

**Anexo IV. Monitoreo, valoración y cuantificación de los desechos sólidos que aparecen en la Playa de Puntarenas en el período 2009-2010**

Punto de muestreo:			
Fecha:			
Número de participantes:			
Hora de inicio:			
Hora de finalización:			
Marea:			
Clasificación de los desechos sólidos		Peso en Kilogramos	
<b>MATERIAL RECICLABLE</b>		90 m	10 m
<b>Vidrios</b>	(sin metal, goma, parafina)		
vasos	(no de porcelana)		
vasos			
vasos	(no de porcelana)		
<b>Plástico</b>			
Envases			
<i>Desechables y retornables</i>	PET		
<i>Botellas de shampoo, desinfectantes</i>	HDPE		
<i>Bolsas</i>	LDPE		
<i>Tuberías eléctricas y envases</i>	PVC		
<i>Platos, vasos y cucharas</i>	PS		
<i>Tapas de fresco</i>	PP		
Galones blancos			
<b>Metales</b>			
Latas de aluminio (gaseosas y cerveza)			
Latas de acero (atun y otros enlatados)			
Chatarra (hierro, alambres, cables y latón)			
<b>MATERIAL NO RECICLABLE</b>			
<b>Hule</b>			
llantas			
sandalias			
ligas			
empaques			
<b>No tradicionales</b>		<b>Número</b>	
baterías			
espuma			
cuerdas en cabuya			
bombillos			
pantallas de TV			
<b>Origen natural</b>		<b>Número</b>	
troncos			





## Anexo XIX. Pruebas estadísticas

### 1. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Parque' 'Incopesc';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

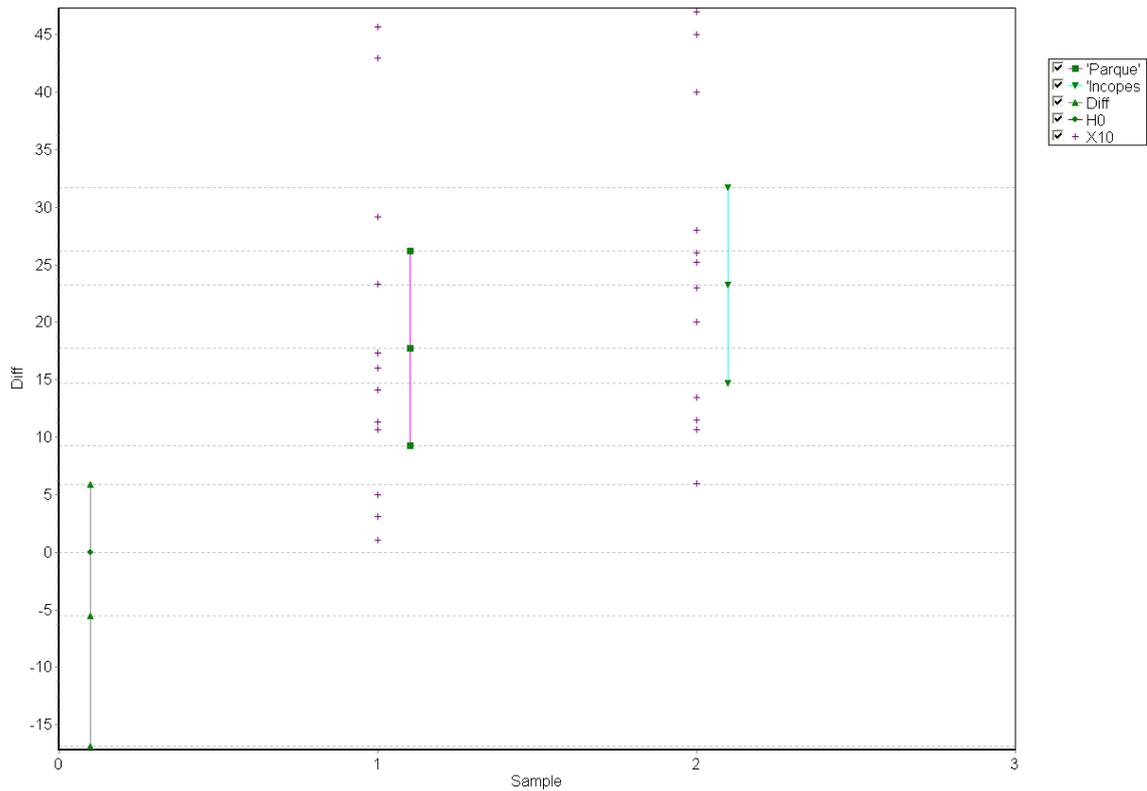
Column	Parque	Incopesc
Sample size	13	13
Minimum	1.05	5.95
Maximum	45.66	47
Range	44.61	41.05
Mean	17.731	23.218
Std. deviation	14.117	13.995

Pooled standard deviation = 14.0558

Difference between means = -5.4869 s.e. of difference = 5.5132  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-16.866 to 5.8917

t value testing mean difference=0 is -1.00  
Significance level is 0.3295 (32.95%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plo



## 2. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

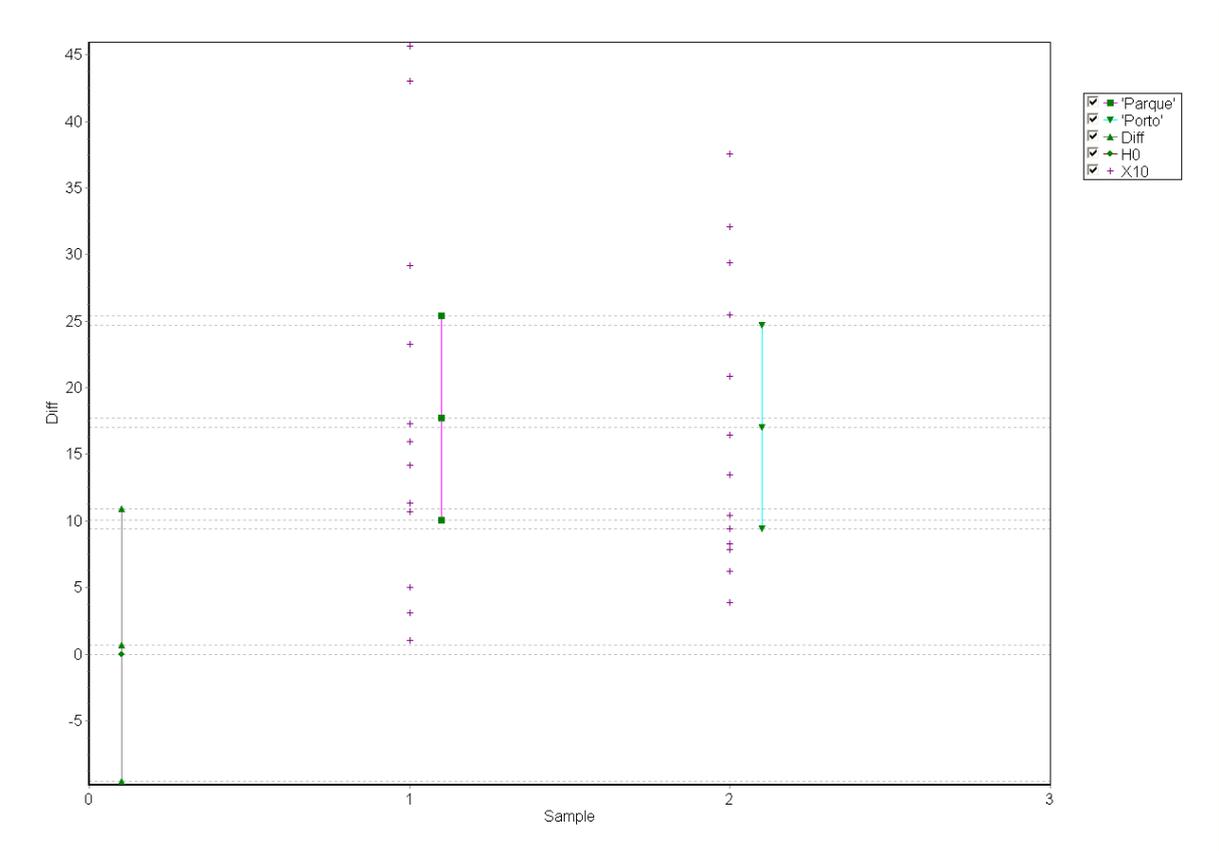
```
TINt 'Parque' 'Porto';test 0;INTo X6
Normal model, two samples
Column      Parque      Porto
Sample size 13          13
Minimum     1.05         3.85
Maximum     45.66        37.55
Range       44.61        33.7
Mean        17.731       17.038
Std. deviation 14.117    11.001
```

Pooled standard deviation = 12.6552

Difference between means = 0.69232 s.e. of difference = 4.9638  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-9.5524 to 10.937

t value testing mean difference=0 is 0.14  
Significance level is 0.8902 (89.02%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot



### 3. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Parque' 'Chacarit';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

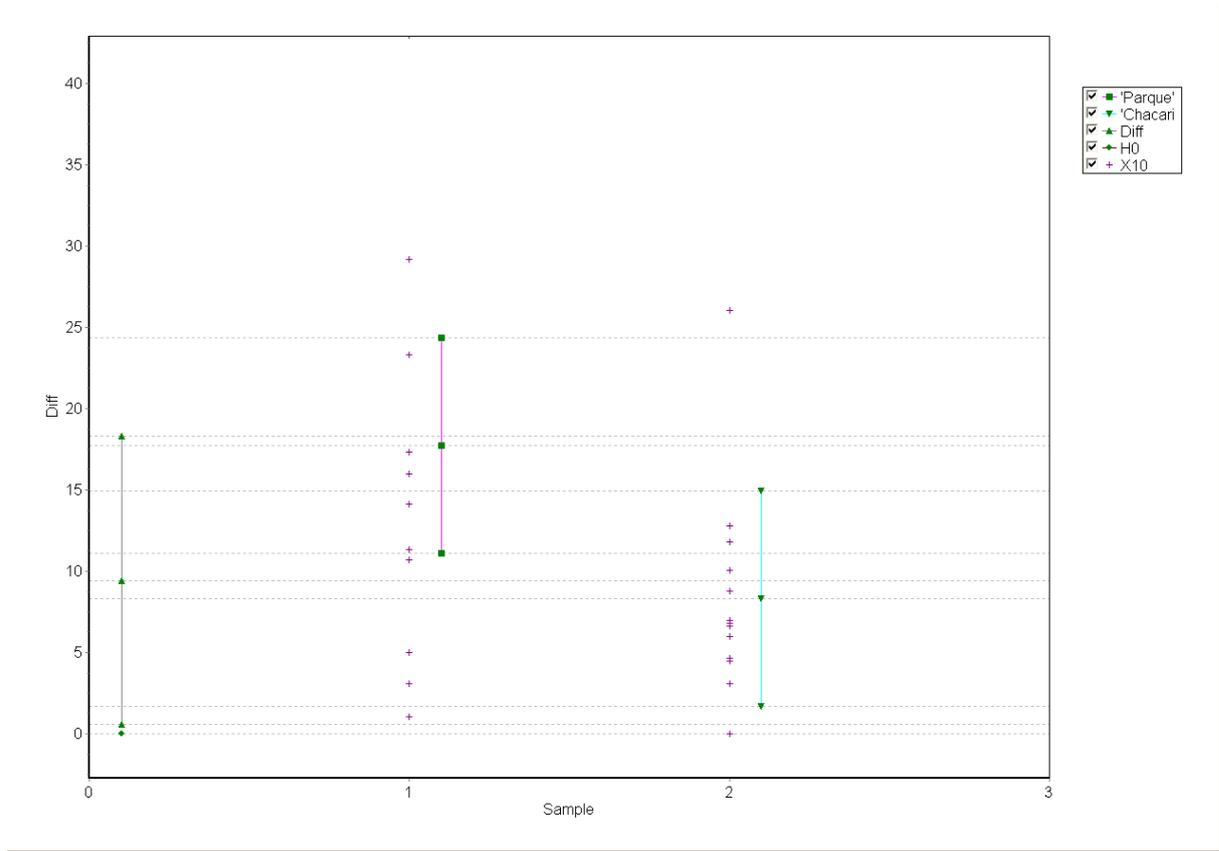
Column	Parque	Chacarit
Sample size	13	13
Minimum	1.05	0
Maximum	45.66	26.06
Range	44.61	26.06
Mean	17.731	8.3131
Std. deviation	14.117	6.3785

Pooled standard deviation = 10.9538

Difference between means = 9.4177 s.e. of difference = 4.2964 with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
0.55031 to 18.285

t value testing mean difference=0 is 2.19  
Significance level is 0.0383 (3.83%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot  
:



### 4. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Parque' 'Hospital';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

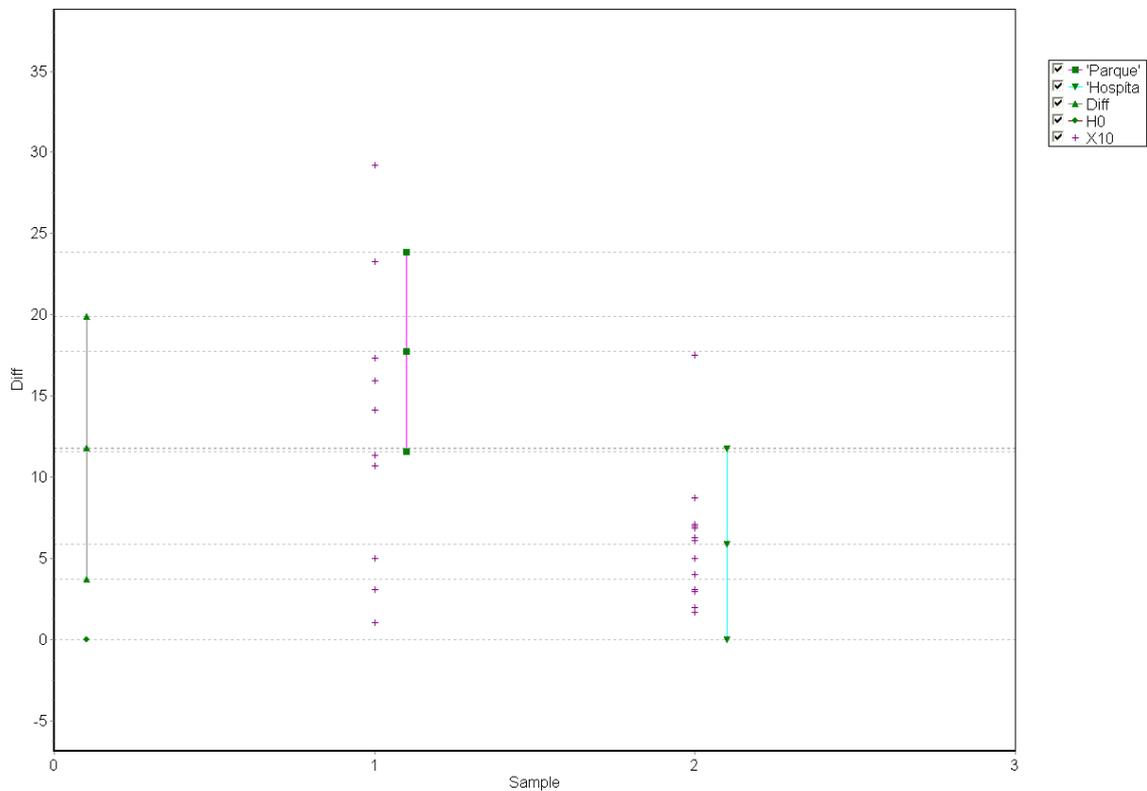
Column	Parque	Hospital
Sample size	13	14
Minimum	1.05	1.7
Maximum	45.66	17.55
Range	44.61	15.85
Mean	17.731	5.8943
Std. deviation	14.117	3.9694

Pooled standard deviation = 10.1907

Difference between means = 11.836 s.e. of difference = 3.9251 with 25 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
3.7526 to 19.92

t value testing mean difference=0 is 3.02  
Significance level is 0.0058 (0.58%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot  
:



### 5. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Incopesc' 'Porto';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

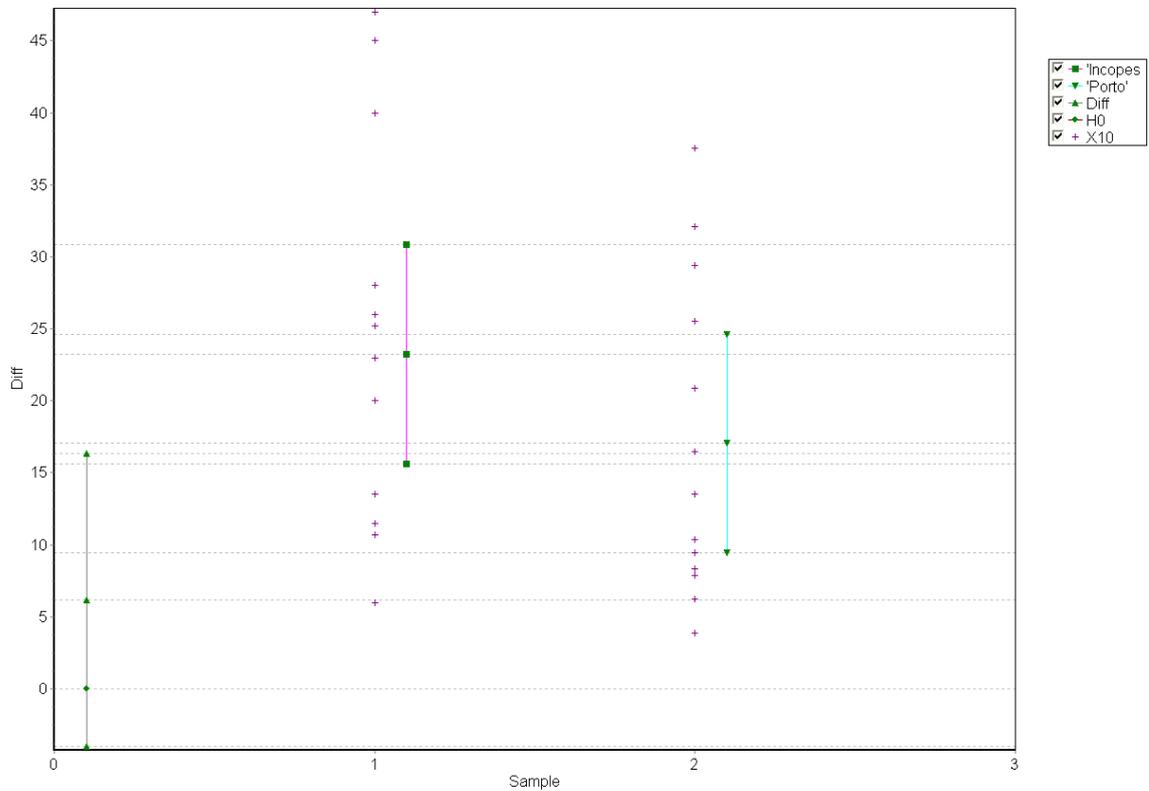
Column	Incopesc	Porto
Sample size	13	13
Minimum	5.95	3.85
Maximum	47	37.55
Range	41.05	33.7
Mean	23.218	17.038
Std. deviation	13.995	11.001

Pooled standard deviation = 12.5871

Difference between means = 6.1792 s.e. of difference = 4.9371  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-4.0104 to 16.369

t value testing mean difference=0 is 1.25  
Significance level is 0.2228 (22.28%) for 2 sided test



### 6. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Incopesc' 'Chacarit';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

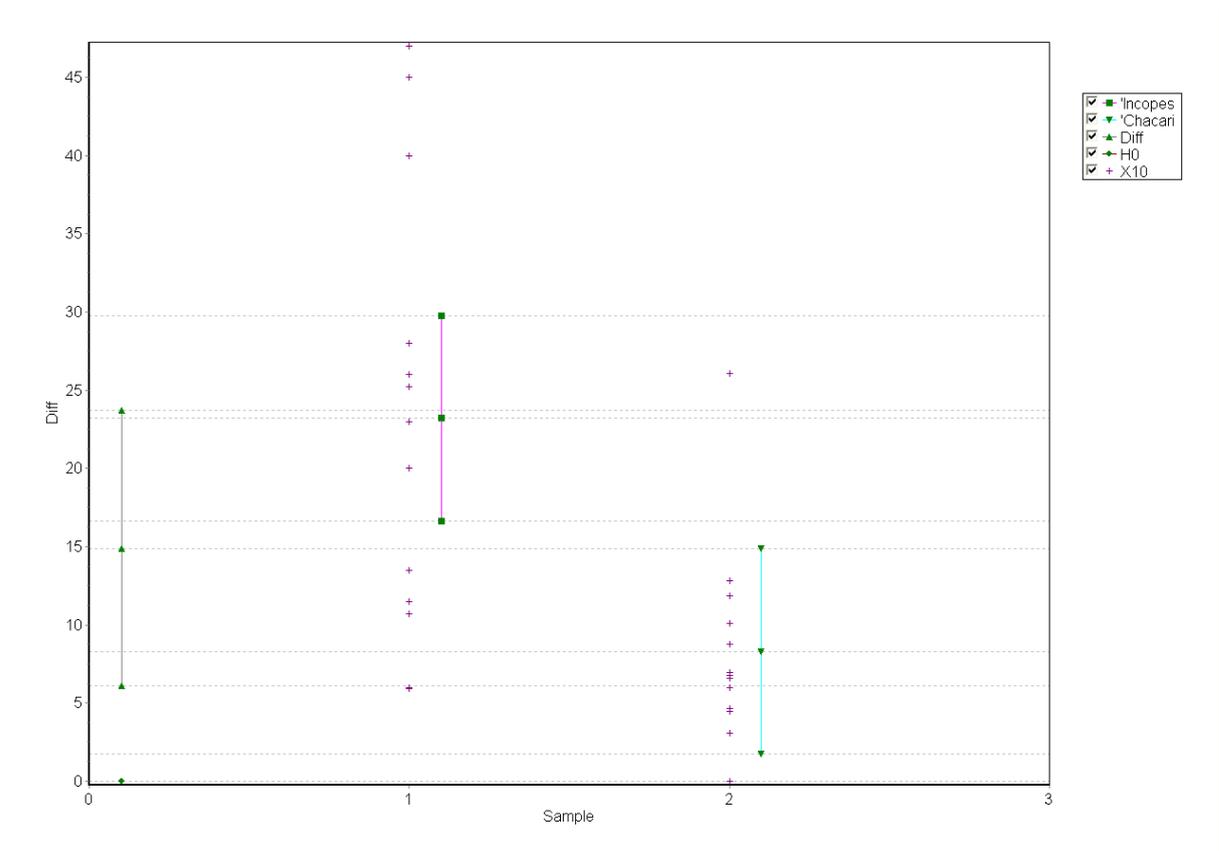
Column	Incopesc	Chacarit
Sample size	13	13
Minimum	5.95	0
Maximum	47	26.06
Range	41.05	26.06
Mean	23.218	8.3131
Std. deviation	13.995	6.3785

Pooled standard deviation = 10.875

Difference between means = 14.905 S.E. of difference = 4.2655  
With 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
6.101 to 23.708

t value testing mean difference=0 is 3.49  
Significance level is 0.0019 (0.19%) for 2 sided test  
: REStore: COM OFF: Warn OFF: Note Running macro for plot



### 7. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

Tint 'Incopesc' 'Hospital';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

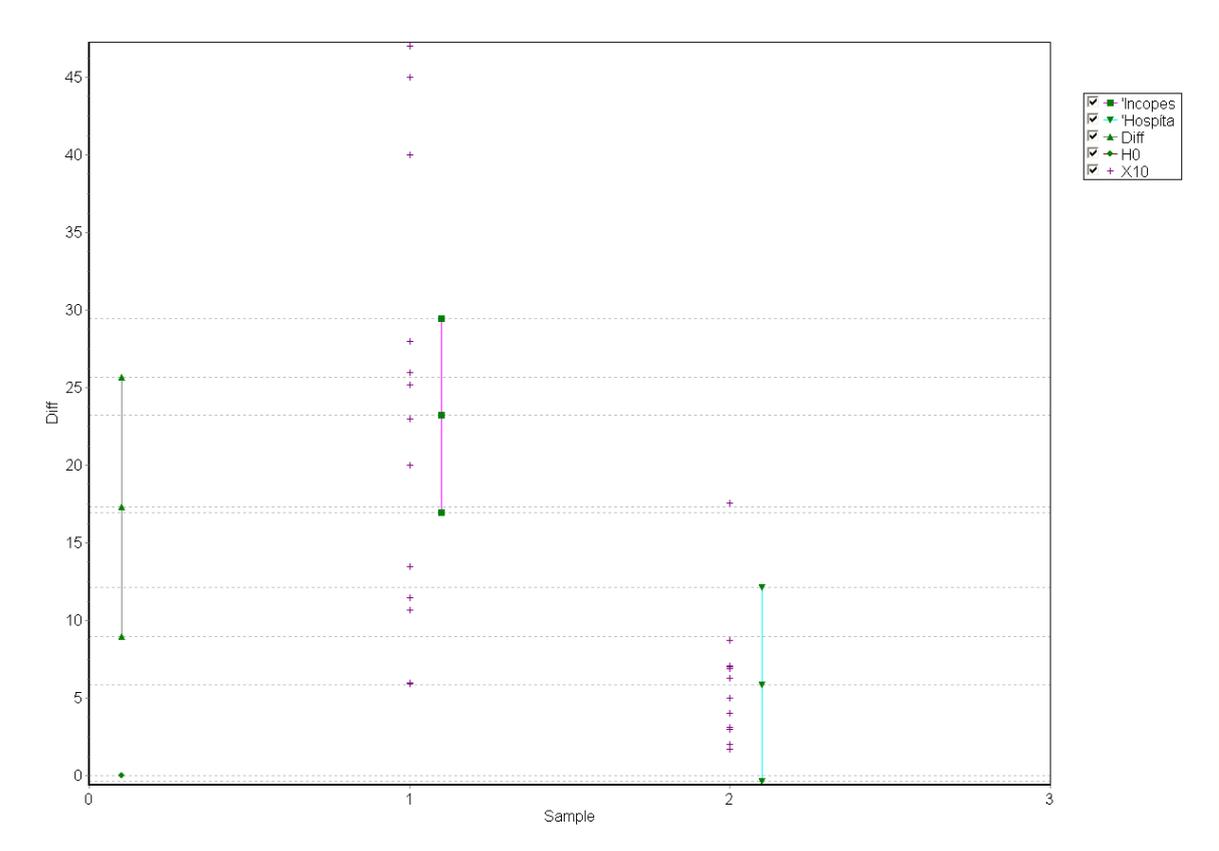
Column	Incopesc	Hospital
Sample size	13	13
Minimum	5.95	1.7
Maximum	47	17.55
Range	41.05	15.85
Mean	23.218	5.8769
Std. deviation	13.995	4.131

Pooled standard deviation = 10.3178

Difference between means = 17.341 s.e. of difference = 4.047  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
8.9882 to 25.693

t value testing mean difference=0 is 4.28  
Significance level is 0.0003 (0.03%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot



### 8. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

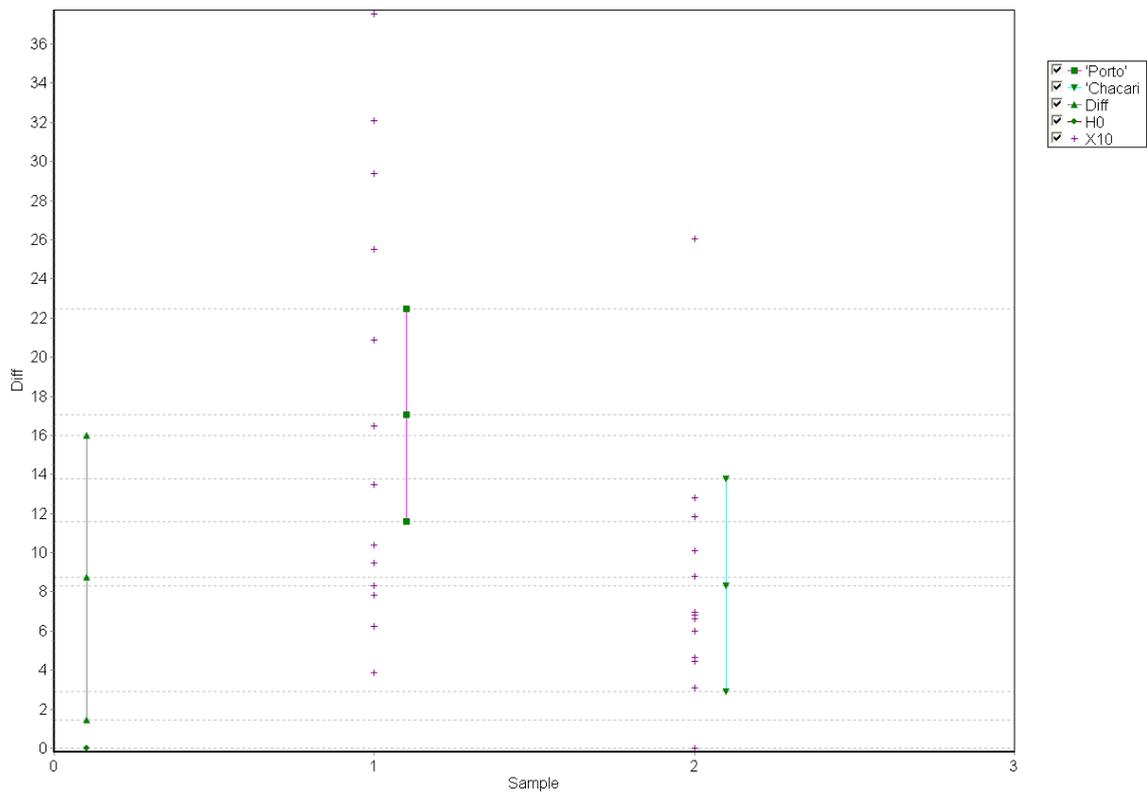
```
TINT 'Porto' 'Chacarit';test 0;INTo X6
Normal model, two samples
Column      Porto      Chacarit
Sample size 13         13
Minimum     3.85       0
Maximum     37.55      26.06
Range       33.7       26.06
Mean        17.038    8.3131
Std. deviation 11.001  6.3785
```

Pooled standard deviation = 8.99185

Difference between means = 8.7254 s.e. of difference = 3.5269 with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
1.4462 to 16.005

t value testing mean difference=0 is 2.47  
Significance level is 0.0208 (2.08%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot  
: CLOse  
:



### 9. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Porto' 'Hospital';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

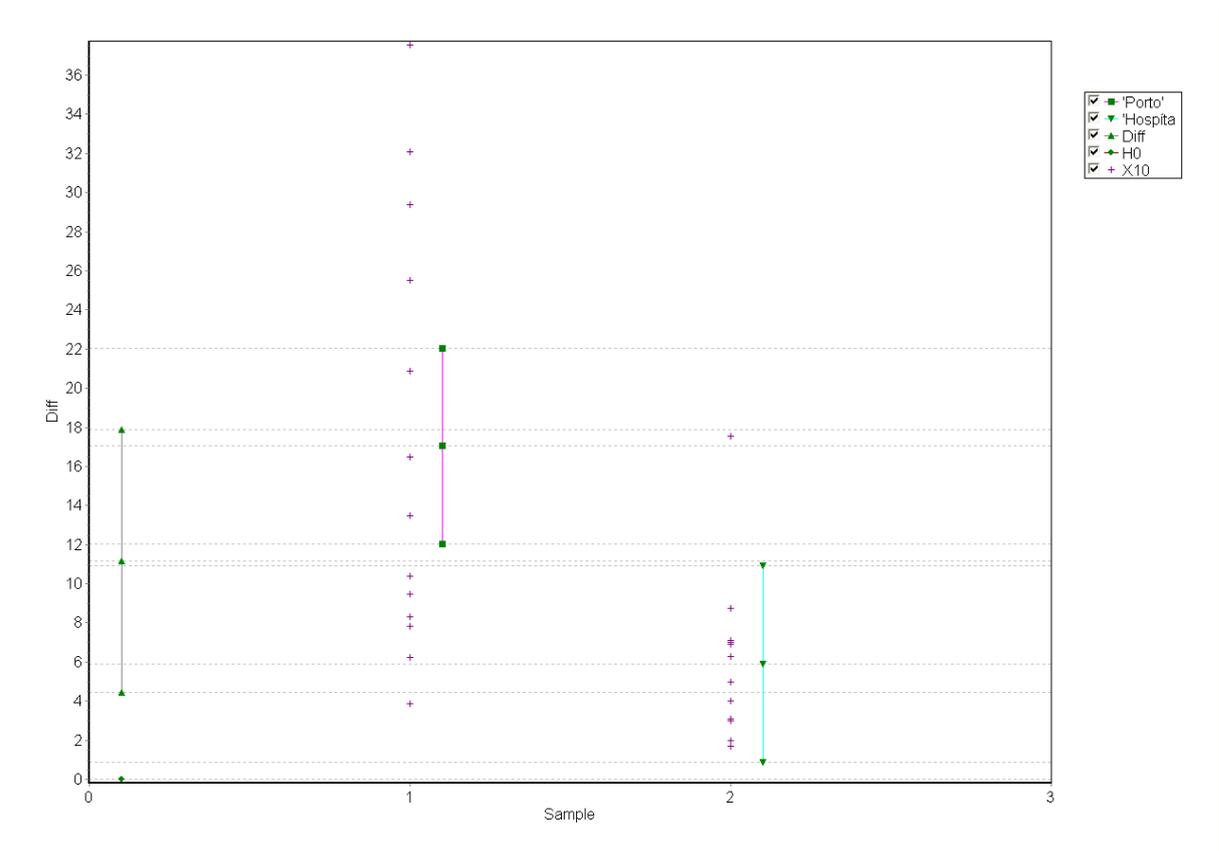
Column	Porto	Hospital
Sample size	13	13
Minimum	3.85	1.7
Maximum	37.55	17.55
Range	33.7	15.85
Mean	17.038	5.8769
Std. deviation	11.001	4.131

Pooled standard deviation = 8.30923

Difference between means = 11.162 s.e. of difference = 3.2591  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
4.435 to 17.888

t value testing mean difference=0 is 3.42  
Significance level is 0.0022 (0.22%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot  
:



### 10. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Chacarit' 'Hospital';test 0;INTo X6

Normal model, two samples

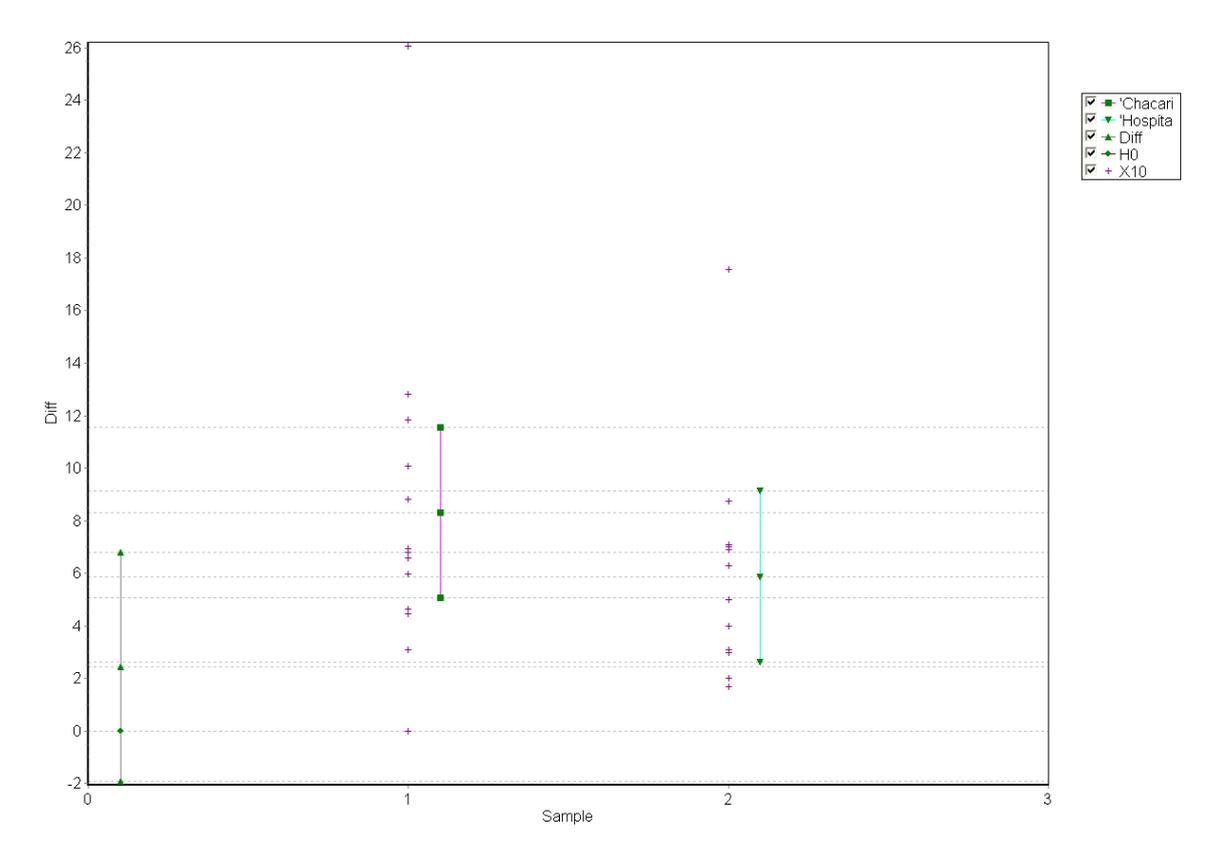
Column	Chacarit	Hospital
Sample size	13	13
Minimum	0	1.7
Maximum	26.06	17.55
Range	26.06	15.85
Mean	8.3131	5.8769
Std. deviation	6.3785	4.131

Pooled standard deviation = 5.37354

Difference between means = 2.4362 s.e. of difference = 2.1077  
with 24 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-1.9139 to 6.7862

t value testing mean difference=0 is 1.16  
Significance level is 0.2591 (25.91%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot



### 11. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT X1 X2;test 0;INTo X3  
 Normal model, two samples

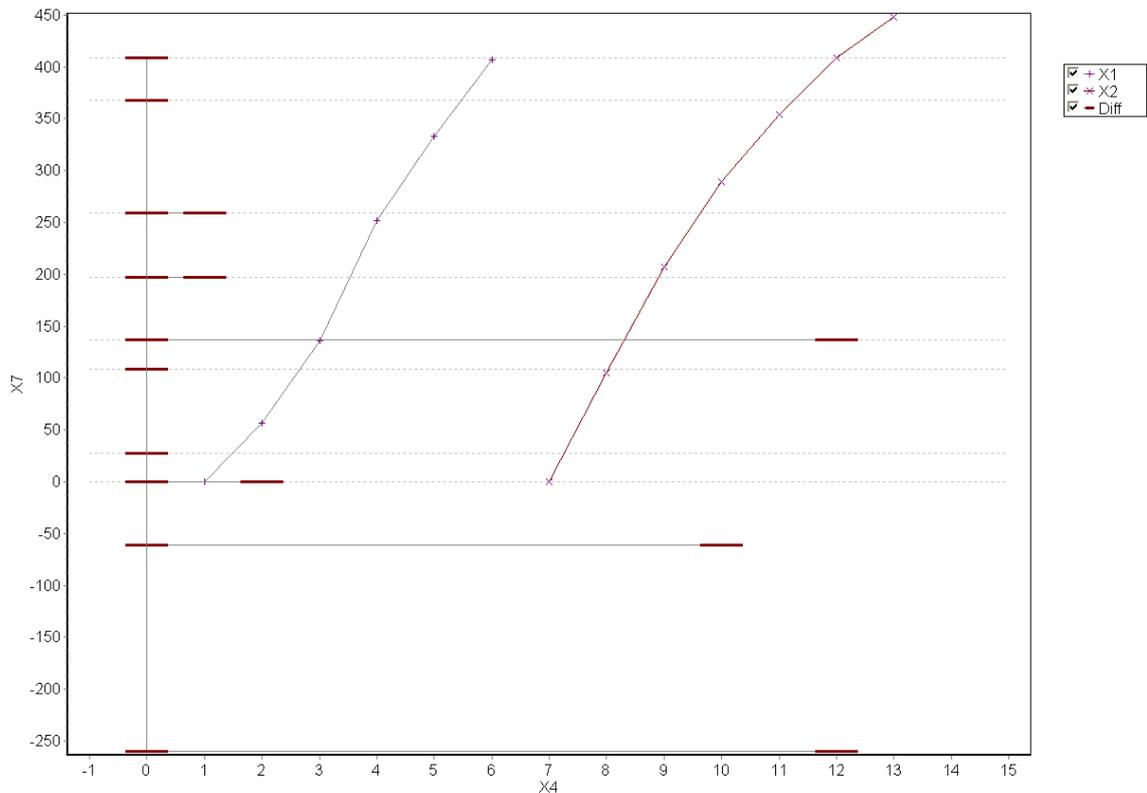
Column	X1	X2
Sample size	6	7
Minimum	0	0
Maximum	407	448
Range	407	448
Mean	197.5	258.86
Std. deviation	159.84	164.14

Pooled standard deviation = 162.2

Difference between means = -61.357 s.e. of difference = 90.24  
 with 11 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
 -259.97 to 137.26

t value testing mean difference=0 is -0.68  
 Significance level is 0.5106 (51.06%) for 2 sided test  
 : REStore:COM OFF:WARN OFF>Note Running macro for plot



## 12. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

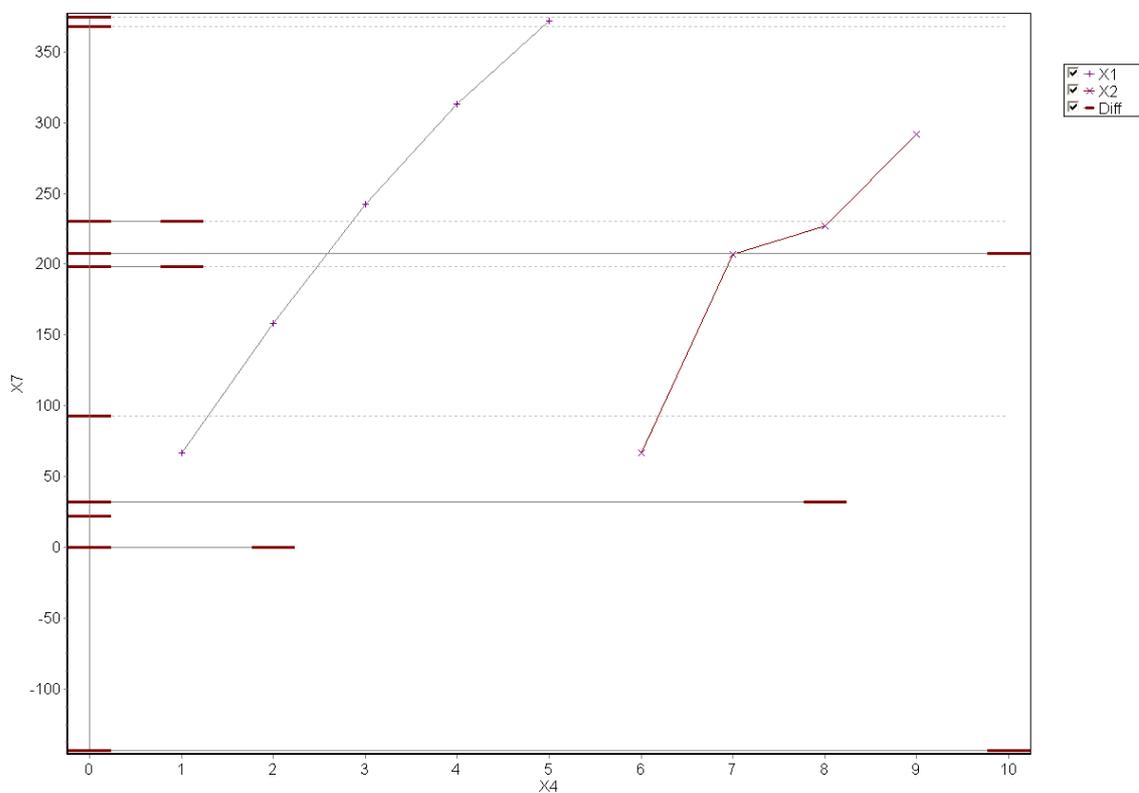
```
TINt X1 X2;test 0
Normal model, two samples
Column      lluviosa      seca
Sample size    5          4
Minimum       67         67
Maximum       372        292
Range         305        225
Mean          230.4      198.25
Std. deviation 121.4      94.725
```

Pooled standard deviation = 110.756

Difference between means = 32.15 s.e. of difference = 74.297  
with 7 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-143.54 to 207.84

t value testing mean difference=0 is 0.43  
Significance level is 0.6782 (67.82%) for 2 sided test



### 13. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'lluviosa' 'seca';test 0;INTo X3

Normal model, two samples

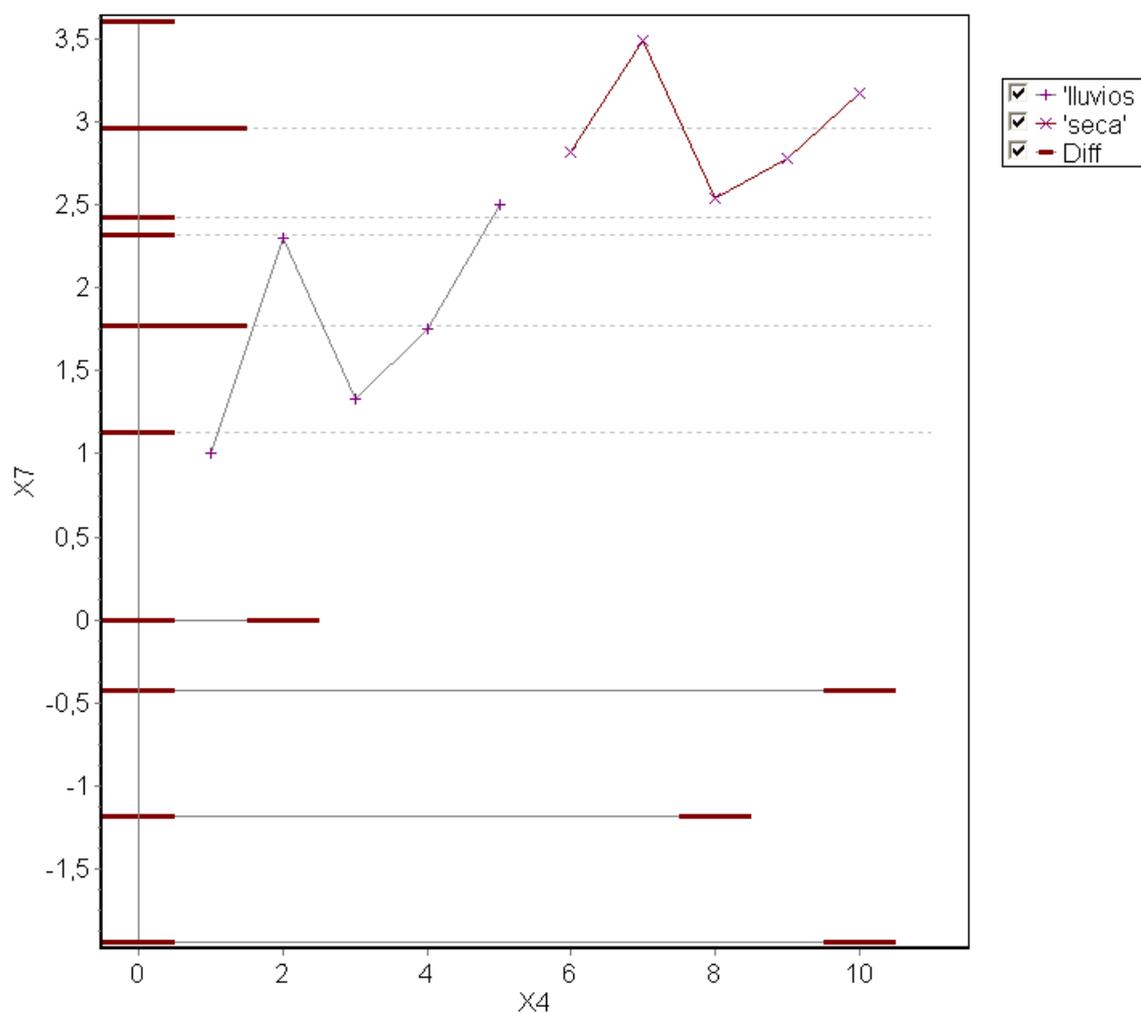
Column	lluviosa	seca
Sample size	5	5
Minimum	1	2.54
Maximum	2.5	3.49
Range	1.5	0.95
Mean	1.776	2.96
Std. deviation	0.63256	0.37195

Pooled standard deviation = 0.518883

Difference between means = -1.184 s.e. of difference = 0.32817  
with 8 d.f.

95% confidence interval for the difference between means  
-1.9408 to -0.42724

t value testing mean difference=0 is -3.61  
Significance level is 0.0069 (0.69%) for 2 sided test  
: REStore:COM OFF:WARn OFF:Note Running macro for plot



#### 14. Poisson model - two samples

POIsson 'Seca' 'LLuviosa';test 0;INTo X3

Poisson model, two samples

Column	Seca	LLuviosa
Sample size	6	6
Minimum	32.2	25.2
Maximum	151	94.47
Range	118.8	69.27
Mean	74.298	58.01
Variance	1871.5	722.31
Variance/Mean	25.19	12.452

Simple normal approximation:

Difference between means = 16.288 s.e. of difference = 4.6959

95% confidence interval for the difference between means

7.0838 to 25.491

z value testing mean difference=0 is 3.47

Significance level is 0.0005 (0.05%) for 2 sided test

Instat+ for Windows -

started on 13/03/2013 at 10:57:33 a.m.

: CREate @C:\Users\CPEREZ~1\AppData\Local\Temp\Transfer\UNTITLED.WOR;Title :DED ON

:

#### 15. Simple Models - Normal Distribution, Two Samples

TINT 'Seco' 'LLuvioso';test 0;INTo X3

Normal model, two samples

Column	Seco	LLuvioso
Sample size	5	5
Minimum	25	35
Maximum	30	35
Range	5	0
Mean	27	35
Std. deviation	2.7386	0

Pooled standard deviation = 1.93649

Difference between means = -8 s.e. of difference = 1.2247  
with 8 d.f.

95% confidence interval for the difference between means

-10.824 to -5.1757

t value testing mean difference=0 is -6.53

Significance level is 0.0002 (0.02%) for 2 sided test

: REStore:COM OFF:WARn OFF>Note Running macro for plot

:

## **Anexo X. Análisis económico**

El cuadro 8.1 desglosa los ingresos basados en los precios de mercado de los desechos y con potencial reciclable, contabilizados en un año en los 500 metros lineales. Son 218 159, 60 colones por mes. Esto permitió proyectar los datos a todos los kilómetros de playa, que no se limpian en la ciudad. Es decir, en 10 km tenemos 500 m en 24 ocasiones.

El cuadro 8.2 determina los costos de planilla, en un año completo. Se parte que lo mínimo para poner en marcha el proyecto, es decir: un administrador, un chofer, 2 operadores del centro de acopio y 2 personas de recolección de desechos. Con todo y las cargas sociales aplicadas, los gastos alcanzan el 1.882.995, 06 colones anuales.

El cuadro 8.3 contempla los insumos básicos necesarios, para la recuperación de desechos en la zona de estudio. La vagoneta es el principal insumo para la recuperación. Sobre esta recaen, principalmente, los insumos. Se considera el cambio de aceite, llantas, combustible y otros. El costo mensual llega a los 340.885,80 colones.

Otro factor, por considerar, se observa en el cuadro 41.4 la depreciación de los equipos e infraestructura es un elemento importante que se debe incorporar en los costos operativos de este tipo de proyectos. Se considera el vehículo, bodega, capital de trabajo y abogado entre otros. El dejar de hacer una acción por otra, también, es valorado en el estudio, los costos de oportunidad alcanzan los 613.072 colones; pero la depreciación llega a los 283.333 colones.

En el cuadro 8.4 se observa el flujo de caja por la acción de recuperar los desechos sólidos y su comercialización posterior. El flujo neto revela 38 120 000 colones. Los egresos son mayores a los ingresos por la venta de los desechos. Los números dan en rojo, según el análisis.



**Cuadro 8.3. Insumos necesarios, para llevar a cabo la recuperación de desechos sólidos, con potencial reciclable, en la Playa de Puntarenas, 2011.**

Insumo	Cantidad (Itrs)	Costo	Costo total	Costo total mensual
Cambios de aceite	1	\$ 320.000,00	₡ 320.000,00	₡ 26.666,67
Llantas	4	\$ 150.000,00	₡ 600.000,00	₡ 50.000,00
Combustible		\$ 649,00	₡ 5.607.360,00	₡ 467.280,00
Energía y agual		\$ 45.000,00	₡ 45.000,00	₡ 3.750,00
otros	5%	\$ 1.217.500,00	₡ 1.217.500,00	₡ 101.458,33
			<b>₡ 7.789.860,00</b>	<b>₡ 649.155,00</b>

**Cuadro 8.4. Depreciación de los insumos (equipo) que se necesita para la recuperación de los desechos sólidos en la Playa de Puntarenas, 2011**

Tipo de Inversión	Monto	C. Oportun.
Vehículo	₡0,00	₡242.002,44
Bodega	₡20.000.000,00	₡322.669,91
Capital de Trabajo	₡3.000.000,00	₡48.400,49
<b>Totales</b>	<b>₡38.000.000,00</b>	<b>₡613.072,84</b>

**Cuadro 8.5. Cuadro de ingresos y egresos del proyecto de recuperación de desechos sólidos con valor reciclable, en la Playa de Puntarenas. 2011**

Rubro/Periodo	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	ANUAL
<b>INGRESOS</b>													
Ventas	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢80.346.944
<b>TOTAL INGRESOS</b>	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢6.695.579	¢80.346.944
<b>EGRESOS</b>													
Planilla	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢1.882.995	¢22.595.941
Insumos	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢649.155	¢7.789.860
<b>TOTAL EGRESOS</b>	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢2.532.150	¢30.385.801
<b>Flujo neto</b>	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢4.163.429	¢49.961.143
Utilidad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,60	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	4.163.429	49.961.143
													(3.941.250,00)
													46.019.893,18
<b>INVERSIONES</b>													
TASA DE INTERES	PRESTAMO	DEUDA ANUAL	DEUDA MENSUAL	UTILIDAD MENSUAL MENOS PRESTAMO				MESES DE RECUPERACION	Años de Recuperacion				
0,10	39.412.500,00	3.941.250,00	328.437,50	3.834.991,10	46.019.893,18	552.238.718,19	10,28	0,86					

## **Anexo XI. Entrevistas**

### **Entrevista a empleados de la municipalidad**

Se entrevistaron a 11 empleados que laboran, precisamente, en la limpieza del sector turístico de la playa. A continuación, un extracto de las respuestas más relevantes para el estudio.

1. Jorge Luis Alemán A. (Zona Marítima Terrestre, ZMT)/III año de secundaria
2. Elgier Díaz. (ZMT)/ Quinto de colegio/Operador.
3. Freddy Reyes Alpízar. (ZMT).
4. William Briceño Campos. (Medio Ambiente) / Sexto grado.
5. Berni Silva. / Primaria.
6. Elías Salazar Angulo. (Zona verde del parque municipal) / Segundo grado de escuela.
7. Claudio Abarca Loría. (ZMT) / Quinto grado de escuela.
8. Álvaro López Soto. (ZMT) / Sexto año de escuela.
9. Luis Obando Becerra. (ZMT)/ Segundo año de colegio.
10. Juan de Dios Lezcano Navarro. (Aseo y vías)/ Sin escolaridad (No sabe leer).
11. Martín Matarrita Leal. (Aseo y vías).

**Pregunta 1. ¿Con qué frecuencia limpian la playa? Semanal \_\_\_\_, Mensual: \_\_\_\_.**

El 100 % de los entrevistados concuerdan que semanalmente

**Pregunta 2. ¿Cuántas veces a la semana o al mes? 1 \_\_\_\_, 2 \_\_\_\_, 3 \_\_\_\_, 4 o más \_\_\_\_**

El 100% afirmaron que todos los días.

**Pregunta 6. ¿Cuál es el equipo que utilizan?**

100% indican: rastrillos, arañas, bolsas, vagonetas y chapulín.

**Pregunta 7.**

En promedio, se indica, son 4500 toneladas la pequeña y 12 toneladas una grande

**Pregunta 8. ¿Cuál es la capacidad de una vagoneta llena de desechos y basura?**

En promedio 22 galones por día-

**Pregunta 9.**

En promedio son 4 vagonetas y 4 viajes

**Pregunta 10. ¿Cuánto gana un operario de vagoneta por hora?**

1500 colones por hora

**Pregunta 11. ¿Cuánto se dura limpiar el sector de la punta al muelle?**

En promedio seis horas, en época lluviosa

**Pregunta 12. ¿Cuántas personas de la municipalidad participan?**

En promedio son 17 personas

**Pregunta 15. ¿Cuáles son los tipos de basura que se recolectan en el sector?**

El 100% considera que son troncos y palos que salen en la playa

**Pregunta 16. ¿Cuántos desechos se recogen por día, semana y mes?**

En promedio son 17 toneladas por día, 100 toneladas por semana y 400 toneladas por mes

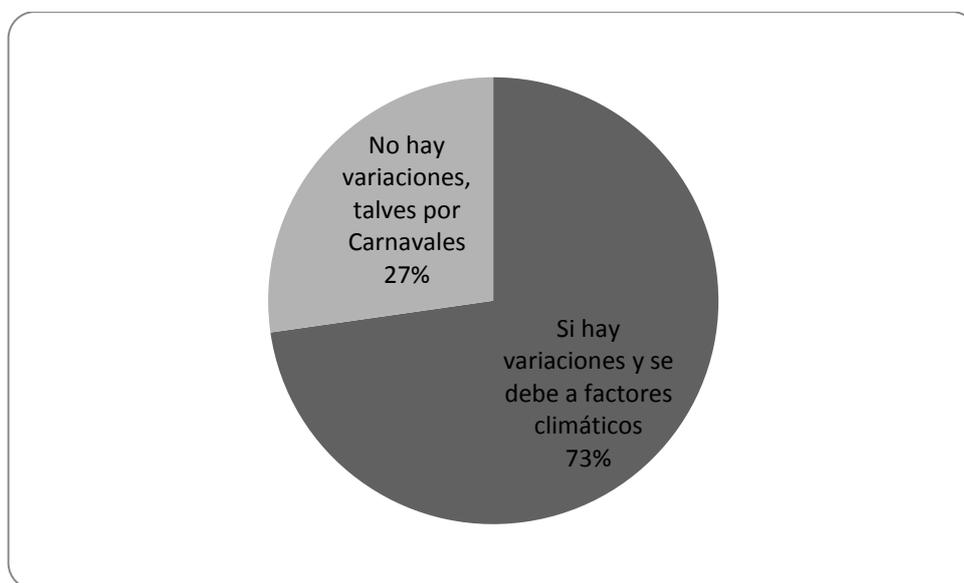
**Pregunta 17. ¿Son tratados los desechos una vez que se recolectan?**

Figura 8.1 Respuesta a la pregunta ¿Son tratados los desechos una vez que se recolectan?

**Pregunta 19. ¿Hasta dónde llega la responsabilidad de la municipalidad, con el problema de la basura de la playa?**

En promedio, indica, la municipalidad tiene una responsabilidad muy grande

**Pregunta 20. ¿Para la municipalidad quién es el culpable de que aparezcan desechos sólidos en la playa?**

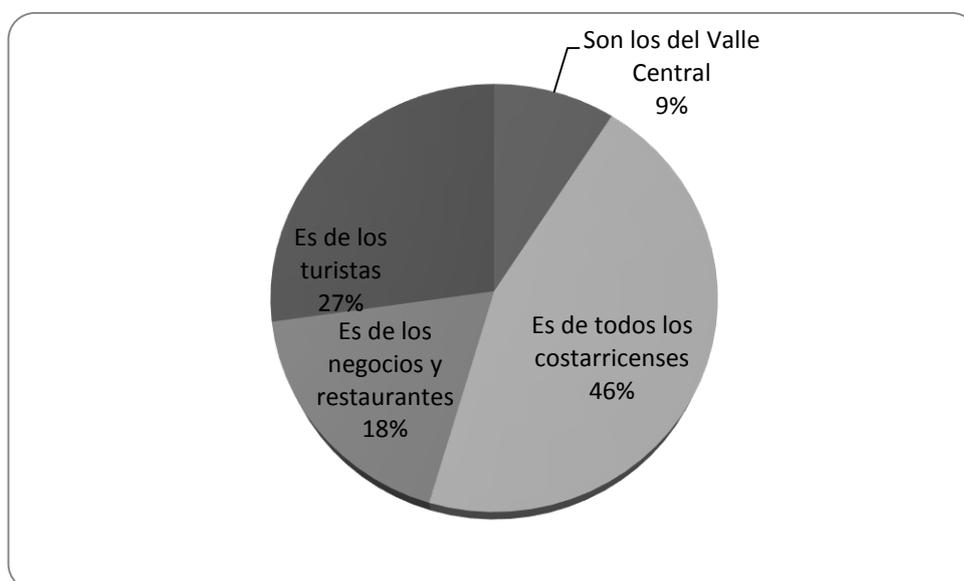


Figura 8.2. Respuesta a la pregunta ¿Para la municipalidad quién es el culpable de que aparezcan desechos sólidos en la playa?

**Pregunta 21. ¿Existen días o meses del año donde se acumula una mayor cantidad de desechos en la playa? ¿A qué factores atribuye, usted, su respuesta?**

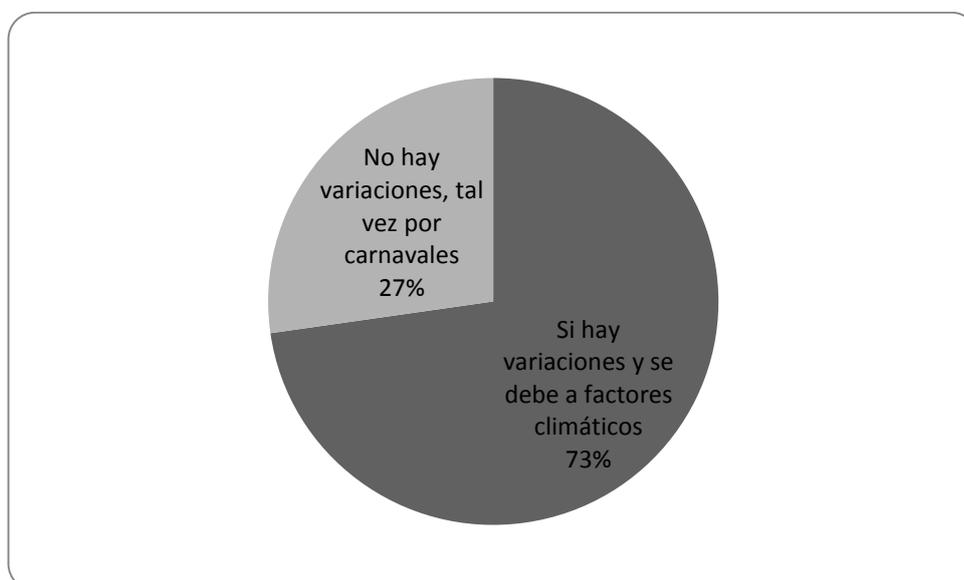


Figura 8.3. Respuesta a la pregunta ¿Existen días o meses del año donde se acumula una mayor cantidad de desechos en la playa? ¿A qué factores atribuye, usted, su respuesta?

**Pregunta 22. ¿Son los desechos sólidos generados por los turistas o por los puntarenenses o existe otra fuente que debamos saber?**

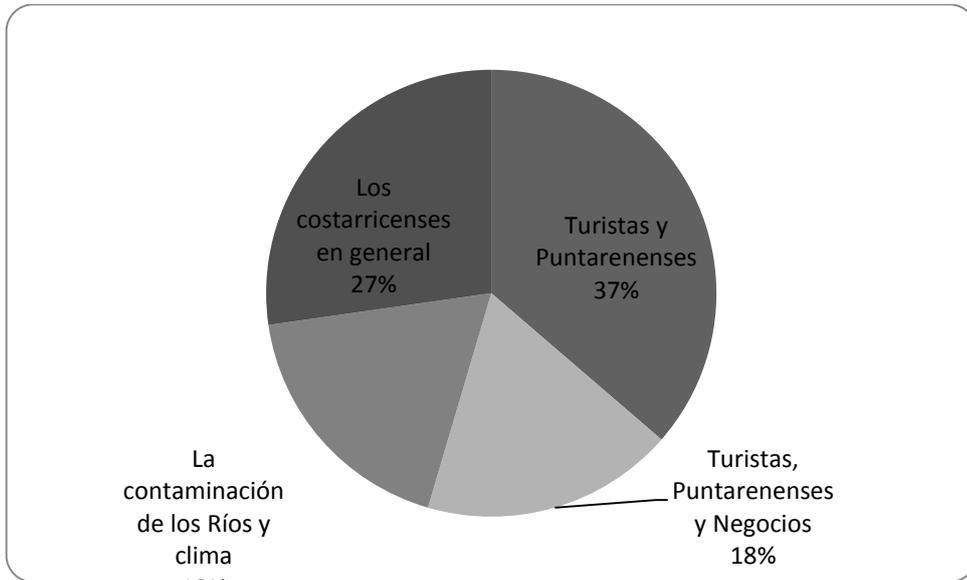


Figura 8.4. Respuesta a la pregunta ¿Son los desechos sólidos generados por los turistas o por los puntarenenses o existe otra fuente que debamos saber?

**23. ¿Qué solución daría, usted, a los desechos que salen en la playa?**

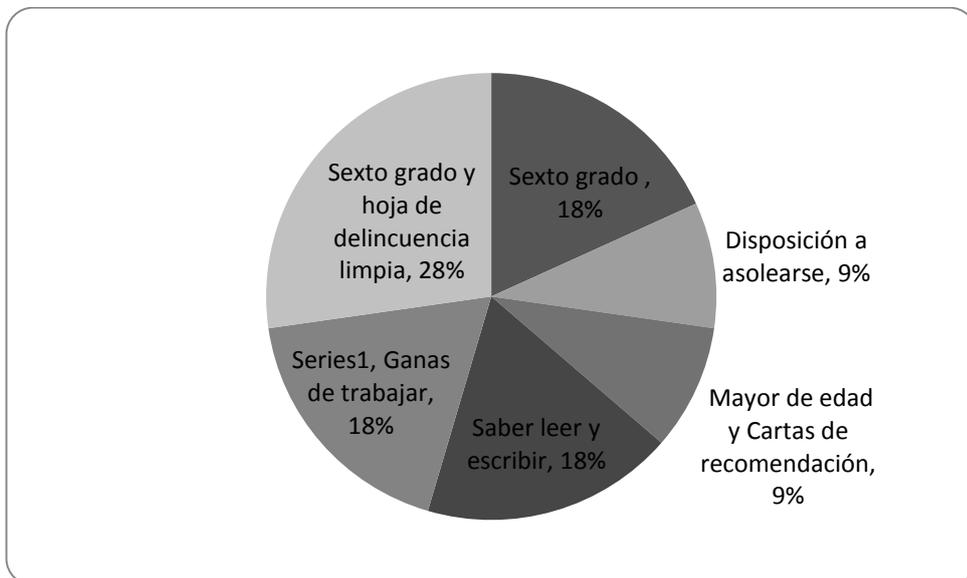


Figura 8.5 Respuesta a la pregunta ¿Qué solución daría, usted, a los desechos que salen en la playa?

**Pregunta 24. ¿Qué requisitos debe tener una persona que trabaje en esta actividad? ¿Qué salario debería ganar?**

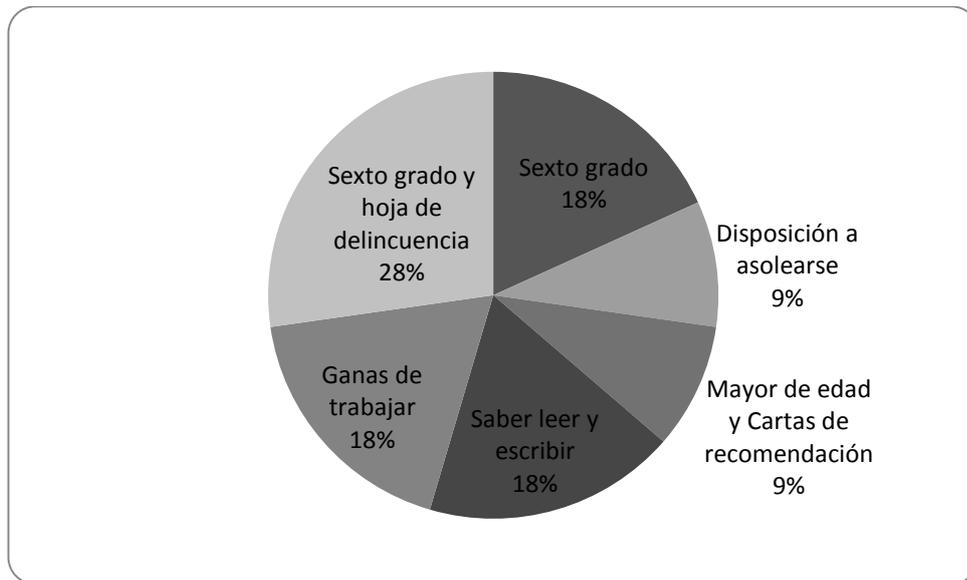


Figura 8.6. Respuesta a la pregunta ¿Qué requisitos debe tener una persona que trabaje en esta actividad? ¿Qué salario debería ganar?

**Pregunta 26. ¿Por qué no se limpia toda la playa? ¿Intereses turísticos o económicos?**

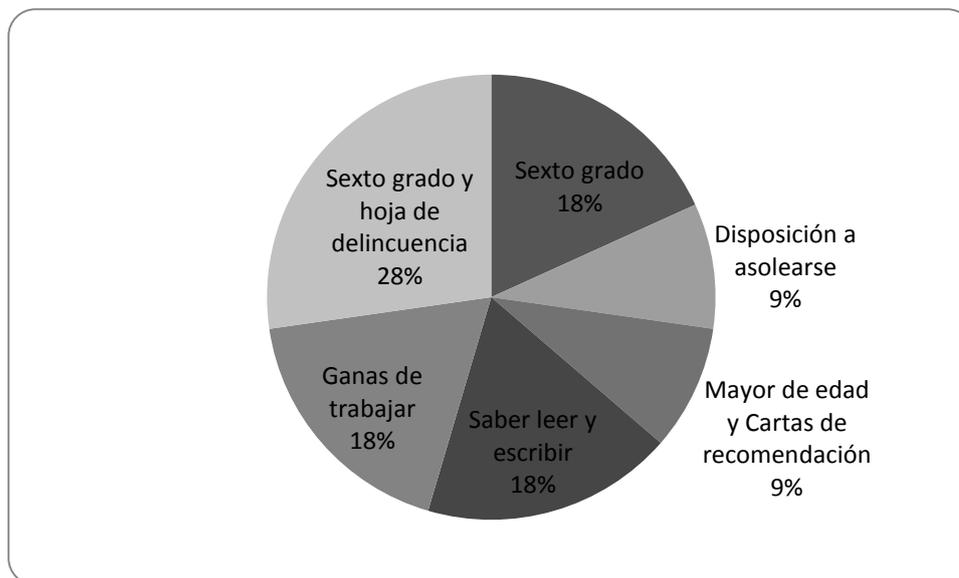


Figura 8.7. Respuesta ¿Por qué no se limpia toda la playa? ¿Intereses turísticos o económicos?

**Coca Cola Femsa.** Se aplicó la entrevista planteada en el Anexo III, al Ing. Harry Vargas Rojas, Gerente general de la empresa. Estos son los resultados de la misma.

1. ¿Con qué frecuencia reciben, ustedes, desechos provenientes de la playa? R/ Reciben desechos que provienen de los Carnavales de Puntarenas, pero muy poco de los provenientes de la playa.
2. ¿Cuántas veces a la semana o al mes? 1 \_\_\_\_, 2 \_\_\_\_, 3 \_\_\_\_, 4. o más \_\_\_\_? Esto sucede una vez al año.
3. ¿Cómo reutilizan, ustedes, los desechos reciclados? R/ Afirma que en Costa Rica no se recicla, solo se acopia, se procesa y se envía a otros países, para la elaboración de ropa principalmente. Cita a México como el único país en América y en el mundo, a China.
4. ¿Es idéntica la calidad de un producto realizado, con desechos sólidos que otro nuevo o virgen? R/ Los desechos sólidos reciclados presentan menor calidad que los vírgenes, debido a que, de ninguna manera, se puede garantizar la eliminación de bacterias adquiridas en la primera etapa de uso. Por tanto, se restringe su uso para la conservación de alimentos y bebidas para consumo humano.
5. ¿La construcción de una planta recicladora es costosa? ¿Son los desechos sólidos que se producen, suficientes para sostener una planta económicamente? Ellos recuperan un 80% de los plásticos que llegan a Costa Rica, es decir 4620 toneladas anuales. De ellas 3000 toneladas son plásticos PET y 30 toneladas de HDPE. Una planta trituradora de plástico es muy costosa. Los costos de operación son muy altos, porque a los empleados se les debe pagar bien por el riesgo laboral y las máquinas tienen unas cuchillas que si se dañan no hay repuestos en el país y hay que pedirlos en el extranjero. Por año, se debe pagar 480 millones de colones para que opere bien la empresa. En este sentido, ellos afirman, que las utilidades no cubren, en algunas ocasiones, los costos de operación, pero su labor es más por responsabilidad social, que por lucrar.
6. ¿Deben tener algún requisito especial los desechos que provienen de la playa? Mencione cuáles si es el caso. R/ Los desechos sólidos vienen calcinados, con agua salada y arena, se pueden vender a la empresa sin problema alguno. La salinidad que traen consigo no afecta a las cuchillas de sus máquinas. La memoria plástica por estar calcinado no es determinante, dado que, más bien, se busca triturar los plásticos. Por tanto, ellos estarían dispuestos a recibirlos sin ningún problema.

7. ¿Tienen los desechos sólidos provenientes de la playa, la misma calidad de los que provienen de los hogares y zonas urbanas? R/ Este tipo de desechos son más limpios que los que vienen de zonas urbanas. La calidad es la misma o mejor.
8. Si yo le dijera que, por mes, en promedio aparecen 1000 kg de desechos sólidos en toda la playa de Puntarenas de manera estimada ¿Sería o no rentable su reciclaje? R/ La rentabilidad de esta actividad se basa en recibir, anualmente, 1000 toneladas de desechos anuales. Solo de esta manera, este trabajo se volvería un negocio. El gerente cita el caso de un vendedor de desechos que trabaja con desechos sólidos en Palmares, tan solo en plástico PÉT retira un cheque de 12 millones de colones por mes y ya con los costos de operación rebajado, le quedan 6 millones libres. Eso sin contar papel, vidrio y metal.
9. ¿Cuánto pagan, ustedes, el kg de plásticos, latas y vidrios en su planta? R/ En estos momentos, el kilo de PET y HDPE lo pagan a 90 colones, mientras que, el aluminio oscila entre 300 y 800 colones.
10. ¿Le parece, a usted, que los centros de acopio actuales son apropiados para el tratamiento de los desechos? Indique alguna recomendación. La empresa apoya a los centros de acopio. Pero señala que, es imprescindible mayor capacitación para estos locales. Se debe pensar en separar los plásticos incompatibles, procesos de selección y separación lo cual es complicado, contaminación y administración de su negocio.

**PRODOCUL (Madera plástica).** Se entrevistó al señor Jaime López de nacionalidad colombiana y dueño de la empresa. A continuación, sus respuestas

1. ¿Con qué frecuencia reciben, ustedes, desechos provenientes de la playa? Semanal \_\_\_\_, Mensual: \_\_\_\_\_. R/ La reciben mensualmente, proviene de Cahuita de Limón. Se reciben solamente plásticos: LDPE, HDPE y PP. Al mes representa 3 toneladas de estos desechos.
2. ¿Cómo reutilizan, ustedes, los desechos reciclados? R/ Convertimos los plásticos en pequeños trozos y luego los sometemos a altas temperaturas para formar una pasta caliente. Esta sustancia se acomoda en unas formaletas o moldes para darle la forma adecuada a las necesidades del cliente. Los desechos ya reciclados son vendidos como madera negra, con amplios usos, desde cercas, sala de juegos para niños, silla y bancas, muelles, sendero y puentes, cajones y tarimas, muebles, basureros y macetas entre otros.
3. ¿Es idéntica la calidad de un producto realizado con desechos sólidos que otro nuevo o virgen? R/ Definitivamente, no. En nuestro caso, el problema es cuando nos entregan plásticos

con suciedad. En el proceso las máquinas provocan fuertes explosiones en la pasta, lo que inclusive, lleva a detener la producción por horas.

4. ¿La construcción de una planta recicladora es costosa? ¿Son los desechos sólidos que se producen, suficientes para sostener una planta económicamente? R/ La máquina que nosotros utilizamos es “hechiza”, es decir, la diseñé yo y le hice mis propios arreglos, otras partes vienen de Italia. Los costos son más que todo operacionales, dado que debemos mandar a moler el plástico. Además, los desechos nos llegan muy sucios y eso nos afecta porque debemos invertir tiempo para seleccionar lo que nos sirve realmente. Además, tenemos problemas de espacio para almacenar la materia prima.
5. ¿Deben tener algún requisito especial los desechos que provienen de la playa? Mencione cuáles si es el caso. R/ En el caso de los desechos provenientes de la playa, el único requisito que se solicita es que se laven bien los desechos con agua dulce y limpia. Los recipientes deben ir sin restos de líquidos en su interior u otros objetos, además de arena u otras sustancias en su exterior. Eso sí, no le gusta trabajar con centros de acopio, pues ha tenido malas experiencias, él prefiere que empresas consolidadas y escuelas o colegios le envíen sus desechos.
6. ¿Tienen los desechos sólidos provenientes de la playa, la misma calidad de los que provienen de los hogares y zonas urbanas? R/ No hay diferencias
7. Si yo le dijera que por mes en promedio aparecen 1000 kg de desechos sólidos por metro cuadrado en Puntarenas ¿Sería o no rentable su reciclaje? R/ Sí lo es.
8. ¿Cuánto pagan, ustedes, los kilogramos de plásticos, latas y vidrios en su planta? R/ Manejan el mismo precio de Coca Cola Femsa, pero si los desechos vienen sucios, lo pagan más bajo por el costo de limpiarlos.
10. ¿Le parece, a usted, que los centros de acopio actuales son apropiados para el tratamiento de los desechos? Indique alguna recomendación. R/ El problema de los centros de acopio es que no cumplen con los requisitos para recibirlos en las empresas, como la mía, además existe mucho desorden interno, en muchos de ellos. Cita el caso de un centro de acopio, en Manzanillo del Limón, donde los envíos de desechos eran costeados por la empresa y resulta que al llegar al lugar, los desechos no estaban bien separados y muchos de ellos, en pésimas condiciones ambientales.

11. ¿Está, usted, de acuerdo que se aprovechen los desechos que salen en playa? R/ Por supuesto, si cumplen con las condiciones de acopio.

**Anexo XII. Carta de la revisión filológica del documento**

Esparza, 12 de febrero, 2014

Señores  
Universidad Estatal a Distancia  
Escuela de Ciencias Exactas y Naturales  
Programa de Maestría en Manejo Recursos Naturales

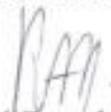
Estimados señores:

El estudiante **Carlos Pérez Reyes**, me ha presentado, para efectos de corrección de estilo, el trabajo de investigación, denominado **“PROPUESTA DE RECUPERACIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS, ENCONTRADOS EN LA PLAYA DE LA CIUDAD DE PUNTARENAS, EN EL PERÍODO 2009 – 2010”**, este fue elaborado para optar por el grado de *Magister Scientiae* en Manejo de Recursos Naturales con Mención en **Gestión Ambiental**.

He revisado, de acuerdo con los lineamientos de la corrección de estilo señalados por la Universidad, los aspectos de estructura gramatical, acentuación, ortografía, puntuación y los vicios de dicción, que se trasladan al escrito y he verificado que se han realizado todas las correcciones indicadas en el documento.

Por consiguiente, doy fe de que este trabajo se encuentra listo para ser presentado oficialmente a la Universidad.

Atentamente,



Lic. José Ronald Araya Martínez  
Cédula N°: 203480756  
Carné 7201-91

Colegio de Licenciados y Profesores