

Diseño de un plan de manejo de los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO) en la isla Isabela, Archipiélago de Galápagos (Ecuador)



Srta. Mariangeles Vescovi

Tutor: Dra. Silvia G. De Marco



DE LA FRATERNIDAD DE AGRUPACIONES SANTO TOMAS DE AQUINO



BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
UFASTA

ESTE DOCUMENTO HA SIDO DESCARGADO DE:

THIS DOCUMENT WAS DOWNLOADED FROM:

CE DOCUMENT A ÉTÉ TÉLÉCHARGÉ À PARTIR DE:



REPOSITORIO DIGITAL
UFASTA

ACCESO: <http://redi.ufasta.edu.ar>

CONTACTO: redi@ufasta.edu.ar



Pro Patria ad Deum

UNIVERSIDAD FASTA
DE LA FRATERNIDAD DE AGRUPACIONES SANTO TOMAS DE AQUINO

PROYECTO FINAL

**Diseño de un plan de manejo de los residuos sólidos urbanos orgánicos
(RSUO) en la Isla Isabela, Archipiélago de Galápagos (Ecuador)**

Alumno: Mariangeles Vescovi

Tutor: Dra. Silvia G. De Marco

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Ambiental

Este proyecto final está dedicado a mis padres Mónica y Luis, porque son ejemplos a seguir, me mostraron el camino y me alentaron sin importar el grado de locura de la idea.

Orgullosa de ser su hija.

Agradecimientos

En general

Familiares, amigos, profesores e instituciones que ayudaron y creyeron en esta aventura.

En particular

Dra Silvia G. De Marco y flia. Por toda tu energía y tiempo. Una gran mujer que marcó mi carrera y mi vida

Abuela Elisa, por estar y seguir.

Ing. Teresa Manzo, compañera, amiga, tu apoyo incondicional fue siempre el empujón que me faltaba.

Tec. Cristhian Cabrera Suarez, mi amigo y protector.

Ing. Alam Romero Ordoñez, por ser mi mejor jefe y amigo.

Patricio Barriga, por toda tu sabiduría y largas charlas.

Isabela, por adoptarme y por ser mi lugar en el mundo.

A la cuadrilla de trabajadores de la Dirección Ambiental del Municipio de Isabela, por trabajar conmigo, en las tareas más difíciles.

Lic. Sandra Cirimelo, porque su ayuda siempre llegó en el momento exacto.

Ing. Andrea Comas, sus palabras me abrieron puertas.

Dirección de Gestión Ambiental y al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Isabela, por creer en el proyecto.

FUNDAR-Galápagos, por la oportunidad.

Universidad FASTA, por las herramientas.

En especial a mi abuela Magdalena, por los moños, mates y mimos.

Por amarme y estudiar conmigo.

Contenido

I. INTRODUCCIÓN	7
II. OBJETIVOS	10
General	10
Específicos.....	10
III. MARCO LEGAL APLICABLE	11
Constitución de la República.....	11
Ley de Gestión Ambiental.....	12
Marco institucional.....	20
Marco legal: Resumen.....	22
IV. Galápagos: Binomio Naturaleza-Sociedad.....	24
Historia	24
Geografía y división política	26
La provincia insular de Galápagos	28
Isla Isabela.....	32
V. Componente Social.....	34
Aspectos demográficos.....	34
Distribución geográfica de la población	34
Migración	42
Ocupación de la población en Galápagos.....	42
Tipo de vivienda en Galápagos	44
Cobertura pública de servicios básicos.....	45
Salud.....	49
Educación	50
Alfabetismo	50
Alfabetismo digital: Uso de tecnologías.....	51
Participación Comunitaria	52
Resumen de componente social.....	53
VI. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL BASE.....	54
Ubicación político administrativa.....	55
Componente Físico.....	56
Geomorfología.....	59
Hidrogeología.....	62

Geotecnia.....	63
Suelos	66
Climatología.....	67
Hidrología.....	68
Componente Biótico.....	69
Características ecológicas.....	70
Flora.....	70
Fauna	73
VII. Estudios Antecedentes	75
VIII. Metodologías de producción de compost: Marco teórico y Etapa de prueba	78
El proceso de compostaje	78
Etapas del compostaje	81
Parámetros	84
Diferentes sistemas de compostaje.....	86
Proyecto <i>in situ</i>	88
Etapa de prueba	89
IX. Posibilidades técnicas.....	98
Proyección de producción de RSU	98
Propuesta de implementación del proyecto a escala real.....	102
X. Actividades básicas de la planta de compostaje	105
Separación de residuos	105
Formación de la pilas.....	106
Transporte.....	106
Aireación	106
Hidratación	107
Cernido	107
Secado	108
Empacado	108
XI. Diseño de una planta de compostaje	109
Aspectos cualitativos	109
Aspectos cuantitativos	109
Diseño de la pila	110
El Tiempo de Compostaje	112
Área de Compostaje.....	112
Preparación del patio	112

Dimensión.....	113
Distribución de las pilas y dinámica del patio de compostaje	114
Material estructurante e hidratación	116
Zonas recomendadas.....	117
Proyecciones.....	118
Tratamiento de lixiviados	118
XII. Resultados de la implementación del proyecto a escala real	120
Año 2011	120
Año 2012	123
Año 2013	126
Relación material estructurante (ME) y agua.....	127
XIII. Otras técnicas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos	128
Elección del proceso biológico.....	129
Otros procesos de transformación	129
Alimentación animal.....	130
Lombricultivo	131
Biocombustibles	132
Beneficios Ambientales de los biocombustibles	133
XIV. CONCLUSIONES.....	134
XV. BIBLIOGRAFÍA	135

I. INTRODUCCIÓN

Los residuos son partes que quedan de un todo, que han sufrido un proceso de transformación natural o artificial que puede modificar o no sus características físico-químicas y estructurales iniciales. En términos estrictamente físicos, los residuos son consecuencia de la transformación de la materia y la energía (Sztern & Pravia, 1996).

Los residuos sólidos domiciliarios (RSD) pueden ser definidos como aquellos elementos, objetos o sustancias que abarcan volúmenes con características heterogéneas y acumulaciones más homogéneas, generados como consecuencia del consumo o el desarrollo de actividades humanas que son desechados o abandonados como inútiles o superfluos, sean éstos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional (CEAMSE, Ley de Gestión Integral de Residuos Domiciliarios (LRD, N° 25.916; sancionada en agosto de 2004; promulgada parcialmente en septiembre de 2004).

Según el artículo 2 de la Ley 13592 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS se consideran:

1. *Residuos Sólidos Urbanos*: Son aquellos elementos, objetos o sustancias generados y desechados producto de actividades realizadas en los núcleos urbanos y rurales, comprendiendo aquellos cuyo origen sea doméstico, comercial, institucional, asistencial e industrial no especial asimilable a los residuos domiciliarios. Quedan excluidos del régimen de la presente Ley aquellos residuos que se encuentran regulados por las Leyes N°: 11.347 (residuos patogénicos, excepto los residuos tipo “A”), 11.720 (residuos especiales), y los residuos radioactivos.

La fracción de éstos, que tiene su origen en los seres vivos, generados a partir del ciclo vital, se denomina residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO).

Los RSUO, bajo determinadas condiciones, pueden derivar en el proceso aeróbico de producción de compost (compostaje).

El compost se define como un producto termófilo convertido, con alto contenido de humus que puede ser utilizado como una enmienda del suelo y puede prevenir o remediar los contaminantes en el suelo, el aire, el agua de lluvia y la escorrentía. Diversos usos del compost mejoran la calidad del suelo y la productividad, así como también pueden prevenir y controlar la erosión. La mezcla de materiales orgánicos, debe pasar por un proceso controlado hasta la estabilidad biológica, antes de que puedan ser

utilizados como fertilizantes de alta calidad (EPA, Environmental Protection Agency). El proceso de producción de compost es económico, de bajo mantenimiento y además su uso genera múltiples beneficios.

Los programas de tratamiento de RSU a distintos niveles (local, regional) en muchos países, han tenido un gran auge durante las últimas décadas, impulsados por los gobiernos, tanto en instituciones públicas como privadas. Existen antecedentes de tratamientos de RSUO en distintos lugares, tanto del país como del exterior.

Por otra parte, el archipiélago Galápagos, de la provincia insular homónima, (República de Ecuador) es el primer Patrimonio Natural de la Humanidad (Declarado por UNESCO, 1978). Es uno de los archipiélagos mejor conservados del planeta y enfrenta grandes retos para su conservación y desarrollo sostenible. Estas islas tienen estatus de área protegida, con categoría de Parque Nacional (desde 1959) (Parra & González, 2005). De las numerosas islas que lo componen, cuatro de ellas están pobladas (San Cristóbal, Santa Cruz, Isabela y Floreana).

En particular, Isabela se destaca por ser la de menor densidad demográfica (aproximadamente 2500 habitantes), aunque ésta está altamente concentrada en un área muy pequeña. En efecto, la zona poblada se encuentra hacia el sur de la isla, ocupa apenas el 1% de la superficie y se encuentra bajo la jurisdicción del Municipio de Isabela, el cual es uno de los que no posee un programa de gestión de RSUO, aunque en el último año se ha implementado un sistema de tratamiento de RSU, que involucra su clasificación en origen (Vescovi, obs. pers.).

Las actividades antrópicas, en general, producen perturbaciones en la isla que se manifiestan a distintos niveles de organización ecológica: el cambio en la composición y la dinámica de las comunidades biológicas, la destrucción del hábitat, la introducción de especies exóticas, entre otras.

La generación de RSU en particular produce, en consecuencia, perturbaciones en la isla. Por ejemplo, el aumento del número de roedores, perros, insectos, que se convierten en potenciales vectores que transportan y diseminan enfermedades y que consecuentemente ponen en peligro la biodiversidad nativa del archipiélago (Vescovi, obs. pers.).

Por este motivo, la implementación de un plan de gestión de RSU que contemple los RSUO, resulta un proyecto viable debido a las características geográficas, sociales y a la disponibilidad de recursos del área de estudio.

Su implementación, además, redundará en múltiples beneficios de muy diferente índole (ecológica, ambiental, económica, social, cultural): reducción del espacio requerido para la disposición final de

RSU, prolongación de la vida media del predio de disposición final de los RSUs, aprovechamiento de lo que originalmente se considera un desperdicio, ahorro de energía invertida en la producción de insumos requeridos en la agricultura y la ganadería, aprovechamiento eficientemente la materia y la energía de la naturaleza, generación de un producto útil y no disponible en el área (compost) para su utilización en diferentes contextos, evitando la introducción de productos químicos a granel, reducción de olores y de propagación de enfermedades, generación de empleo, capitalización económica, toma de conciencia en la responsabilidad ciudadana, valoración y enriquecimiento de la autoestima de grupos socialmente discriminados.

Finalmente, este plan resulta necesario por la importancia que tiene el lugar no sólo para Ecuador sino para el mundo, considerando el estatus de área protegida de este archipiélago, que es un “laboratorio a cielo abierto” y no debe convertirse en un “basurero a cielo abierto”.

II. OBJETIVOS

General

El objetivo de este proyecto final consiste en proponer un plan de manejo de los RSUO en la isla Isabela, Archipiélago de Galápagos (Ecuador) que involucre la producción de compost y permita así reducir los volúmenes de disposición final en el relleno sanitario.

Específicos

- Diseñar un método de compostaje a partir de los RSUO, que pueda ser utilizado como fertilizante orgánico.
- Identificar cuali y cuantitativamente los requerimientos y las etapas del proceso de compost.
- Determinar parámetros e indicadores que permitan analizar la evolución y eficiencia del proceso de compost.

III. MARCO LEGAL APLICABLE

Constitución de la República

La Constitución Política del Ecuador en su Art. 14 reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (Sumak Kawsay).

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El artículo 66 en su numeral 27 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce y garantiza a las personas el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza.

El numeral 4 del artículo 276 de la Constitución de la República del Ecuador, señala que el régimen de desarrollo tendrá como uno de sus objetivos, el recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficiarios de los recursos del subsuelo y del patrimonio.

El artículo 258 establece que Galápagos tendrá un gobierno de régimen especial. Aquí se indica que para la protección del distrito especial de Galápagos se limitarán los derechos de migración interna, trabajo o cualquier otra actividad pública o privada que pueda afectar al ambiente.

En el artículo 395 se reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.
2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.
3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

El artículo 396 indica que el Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

El artículo 398 indica que toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta. El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos. Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

En el artículo 415 se indica que los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos.

Ley de Gestión Ambiental

Esta Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, controles y sanciones en esta materia (Art. 1).

Se determina que el aprovechamiento racional de los recursos naturales no renovables en función de los intereses nacionales dentro del patrimonio de áreas naturales protegidas del Estado y en ecosistemas frágiles, tendrán lugar por excepción previo un estudio de factibilidad económico y de evaluación de impactos ambientales (Art. 6).

El Art. 19 estipula que las obras públicas privadas o mixtas y los proyectos de inversión públicos o privados que puedan causar impactos ambientales, serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos descentralizados de control, conforme el Sistema Único de Manejo Ambiental, cuyo principio rector será el precautelatorio; y según el Art. 20 se determina que para el inicio de toda

actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva, otorgada por el Ministerio del ramo.

El Art. 23, la evaluación del impacto ambiental comprenderá:

- a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada;
- b) Las condiciones de tranquilidad públicas, tales como: ruido, vibraciones, olores, emisiones luminosas, cambios térmicos y cualquier otro perjuicio ambiental derivado de su ejecución; y,
- c) La incidencia que el proyecto, obra o actividad tendrá en los elementos que componen el patrimonio histórico, escénico y cultural.

De acuerdo a lo establecido en el art. 28 de la Ley de Gestión Ambiental, toda persona natural o jurídica tiene derecho a participar en la gestión ambiental a través de los mecanismos de participación social, entre los cuales se incluirán consultas, audiencias públicas, iniciativas, propuestas o cualquier forma de asociación.

Se establece que toda persona natural o jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad de las instituciones del Estado que conforme al Reglamento de la Ley, pueda producir impactos ambientales, para lo cual podrá formular peticiones y deducir acciones de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes (Art. 29).

Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ministerio del Ambiente.

El Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, lo integran como Anexos, una serie de normativas ambientales que pueden ser aplicadas en Galápagos, en tanto no se elaboren normas específicas para la región.

En el Libro I del TULAS se encuentra lo referente a la actuación del Ministerio del Ambiente como autoridad ambiental.

El Libro II contiene el establecimiento del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental.

En el Libro III se encuentra la normativa referente a los bosques y vegetación protectores, con la finalidad de conservación del agua, suelo, flora y fauna silvestre.

En el libro VI se expone la instauración del Sistema Único de Manejo Ambiental. Se mencionan las variables ambientales que deben tomarse en cuenta para la evaluación de impactos ambientales y además establece el contenido mínimo que debe poseer el estudio de Impacto Ambiental, la forma de revisión, aprobación y otorgamiento de licencias ambientales.

En el Libro VI del TULAS se encuentra el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la prevención y control de la contaminación ambiental.

En el Libro VII, del TULAS, sobre el Régimen Especial de Galápagos se presenta:

TITULO I. Plan Regional para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de Galápagos;

TITULO II. Reglamento Especial de Turismo en Áreas Naturales Protegidas;

TÍTULO III. De la Reserva Marina (Reglamentos de Pesca Artesanal y de Transporte Marítimo de Productos Tóxicos o de Alto Riesgo);

TITULO IV. Reglamento de Control Total de Especies Introducidas de la Provincia de Galápagos;

TÍTULO V. Reglamento para la Gestión Integral de los Desechos y Residuos para las Islas Galápagos, el cual se vincula directamente con el presente proyecto.

Ley de Patrimonio Cultural del Estado.

El Registro Oficial Suplemento No. 465 del 19 de noviembre de 2004 delimita al patrimonio del Estado y establece las atribuciones y funciones de los órganos de su control. Declara como bienes pertenecientes al Patrimonio Cultural, entre otros, los monumentos arqueológicos, los templos construidos durante la Colonia, las obras de la naturaleza de interés científico o aquellas características hayan sido resaltadas por la intervención del hombre.

Ley de Régimen Especial para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos

Se establece que las zonas terrestres y marinas y los asentamientos humanos de la provincia de Galápagos están interconectados, de tal forma que su conservación y desarrollo sustentable depende del manejo ambiental de los tres componentes; y determina como atribución del Consejo del Instituto Nacional Galápagos (INGALA) la fijación de los niveles máximos permisibles de contaminación ambiental aplicables en la provincia de Galápagos (Art. 6. c). Entre las atribuciones generales del INGALA se establece el asesoramiento a los organismos de Estado en Estudios de Impacto Ambiental. Se determina que respecto a la construcción de nueva infraestructura turística se debe garantizar que el impacto a los ecosistemas de la provincia de Galápagos sea mínimo, mediante el correspondiente estudio de impacto ambiental y plan de manejo (Art. 49. c).

En el Art. 61 se estipula que de ser necesario conforme a las normas pertinentes, previamente a la celebración del contrato público o a la autorización administrativa, para la ejecución de obras públicas, privadas o mixtas, se requerirá de una evaluación de impacto ambiental que incluirá los requerimientos específicos para el desarrollo sustentable de la provincia de Galápagos.

Las obligaciones que se desprenden de la evaluación de impacto ambiental, formarán parte de dichos instrumentos. Quien tenga a su cargo la elaboración de la evaluación de impacto ambiental es civil y penalmente responsable por su contenido.

Reglamento General de Aplicación de la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos

Se establece, que en sus respectivos ámbitos de competencia, el Consejo Provincial y los Municipios ejercerán sus funciones, entre otros aspectos, asegurando la aplicación correcta y eficaz del sistema de Evaluación de Impacto Ambiental en las áreas de su competencia (Art.61).

Se señala que el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental y Calificación Ambiental para la Provincia de Galápagos (a ser) emitido por el Ministerio de Medio Ambiente tendrá por objeto establecer un sistema de normas adicionales de protección del medio ambiente en Galápagos, en el marco de la legislación básica del Estado y particularmente de la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos y este Reglamento (Art.116).

Conforme al artículo 71 de la Ley, en relación a las infracciones administrativas, el Art. 120 establece que constituyen, entre otras acciones, la iniciación o ejecución de obras, proyectos y actividades sin licencia o autorización, o sin ajustarse a las condiciones ambientales impuestas como resultado de los procedimientos establecidos en el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental y Calificación Ambiental.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD)

El COOTAD es la nueva ley, promulgada en octubre de 2010, que sustituyó a la Ley Orgánica de Régimen Municipal. Esta ley, en su artículo 136 determina las competencias que en materia de Gestión Ambiental le atribuye a los Gobiernos Descentralizados Autónomos, entre ellos a los Municipios, disponiéndoles:

...“Corresponde a los gobiernos autónomos descentralizados provinciales gobernar, dirigir, ordenar, disponer, u organizar la gestión ambiental, la defensoría del ambiente y la naturaleza, en el ámbito de su territorio; estas acciones se realizarán en el marco del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental y en concordancia con las políticas emitidas por la autoridad ambiental nacional”...

Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o mar; aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.

Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental

De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire

Art. 11.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio del Ministerio de Salud, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 12.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación del aire: Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas, termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y, las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

Art. 13.- Se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta Ley y sus reglamentos las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 14.- Será responsabilidad del Ministerio de Salud, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 15.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar al Ministerio de Salud, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

CAPITULO VI

De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Art. 16.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna y a las propiedades.

Art. 17.- El Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI), en coordinación con los Ministerios de Salud y Defensa, según el caso, elaborará los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la claridad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 18.- El Ministerio de Salud fijará el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 19.- El Ministerio de Salud, también, está facultado para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

CAPITULO VII

De la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos

Art. 20.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y relaciones, cualquier tipo de contaminantes que pueda alterar la calidad del suelo y afectar a la salud humana, la flora, la fauna, los recursos naturales y otros bienes.

Art. 21.- Para los efectos de esta Ley, serán considerados como fuentes potenciales de contaminación, las sustancias radioactivas y los derechos sólidos, líquidos, o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.

Art. 22.- El Ministerio de Agricultura y Ganadería limitará, regulará o prohibirá el empleo de sustancias, tales como plaguicidas, herbicidas, fertilizantes, desfoliadores, detergentes, materiales radioactivos y otros, cuyo uso pueda causar contaminación.

Art. 23.- El Ministerio de Salud, en coordinación con las municipalidades, planificará, regulará, normará, limitará y supervisará los sistemas de recolección, transporte y disposición final de basuras en el medio urbano y rural. En igual forma este Ministerio, en coordinación con la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, limitará, regulará, planificará y supervisará todo lo concerniente a la disposición final de desechos radiactivos de cualquier origen que fueren.

Art. 24.- Las personas naturales o jurídicas que utilicen desechos sólidos o basuras, deberán hacerlo con sujeción a las regulaciones que al efecto se dictará. En caso de contar con sistemas de tratamiento privado o industrializado, requerirán la aprobación de los respectivos proyectos e instalaciones, por parte del Ministerio de Salud.

Art. 25.- El Ministerio de Salud regulará la disposición de los desechos provenientes de productos industriales que, por su naturaleza, no sean biodegradables, tales como plásticos, vidrios, aluminio y otros.

Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre

Esta Ley con Registro Oficial No. 418, del 10 de Septiembre de 2004. En donde establece medidas para la ejecución de proyectos con el fin de evitar deterioro o la reposición de recursos naturales.

Art. 4. La administración del patrimonio forestal del Estado: La administración del patrimonio forestal del Estado estará a cargo del Ministerio de Agricultura y Ganadería, a cuyo efecto, en el respectivo Reglamento, se darán las normas para la ordenación, conservación, manejo y aprovechamiento de los recursos forestales y los demás que se estime necesarios. El artículo 2 de la ley de creación del INEFAN (RO.27: 16.09.92), luego fusionado con el Ministerio del Ambiente mediante Decreto Ejecutivo 505 (RO 118:28.01.99) convierte a éste en el órgano ejecutor de las atribuciones que al Ministerio de Agricultura y Ganadería le confería la Ley Forestal de Conservación de áreas naturales y vida silvestre, su reglamento, y más disposiciones legales y reglamentarias relacionadas con el recurso forestal, las áreas naturales y la vida silvestre.

Art. 5. Se consideran bosques y vegetación protectores aquellas formaciones vegetales, naturales o cultivadas, que cumplan con uno o más de los siguientes requisitos:

- a) Tener como función principal la conservación del suelo y la vida silvestre;
- b) Estar situados en áreas que permitan controlar fenómenos pluviales torrenciales o la preservación de cuencas hidrográficas, especialmente en las zonas de escasa precipitación pluvial;
- c) Ocupar cejas de montaña o áreas contiguas a las fuentes, corrientes o depósitos de agua;
- d) Constituir cortinas rompe vientos o de protección del equilibrio del medio ambiente;
- e) Hallarse en áreas de investigación hidrológico - forestal;
- f) Estar localizados en zonas estratégicas para la defensa nacional; y,
- g) Constituir factor de defensa de los recursos naturales y de obras de infraestructura de interés público.

Art. 7. Los bosques y vegetación protectores serán manejados a efecto de su conservación, en los términos y con las limitaciones que establezcan los Reglamentos.

Normas de participación ciudadana

Mediante Decreto Ejecutivo 1040 (publicado en el Registro Oficial 332 del 8 de mayo de 2007) se expidió el Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental. El 17 de Julio de 2008 se expidió el Instructivo al Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental (Acuerdo 112).

En esta normativa se especifica que el Ministerio del Ambiente se encargará de la organización, desarrollo y aplicación de los mecanismos de participación social. El artículo 3 del instructivo detalla el procedimiento a seguir. La facilitación del proceso estará a cargo de un Facilitador seleccionado por el

Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE), quien no será parte del equipo que elaboró el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Plan de Manejo Ambiental (PMA).

Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos

Adoptado el 7 de abril del 2005. Define los esquemas de administración del Parque Nacional Galápagos (PNG) bajo un marco que busca "...vincular la conservación con el desarrollo sustentable" [por lo que] "...se aceptan en los objetivos de manejo y en la zonificación del PNG, las 3 funciones básicas que debe tener cualquier Reserva de Biosfera y que se aplican de una manera complementaria y sinérgica: Función de Conservación y Función de Apoyo logístico.

En cuanto a la Función de Desarrollo su objetivo es "...fomentar un desarrollo económico y humano sostenible desde los puntos de vista sociocultural y ecológico...".

Para alcanzar el objetivo de la Función de Conservación, el plan establece una zonificación genera que la conceptúan como "...un ensamblaje espacial coherente formado por zonas y redes de sitios en el área protegida insular que, manejados y administrados por la Dirección del PNG asegura la conservación de la ecodiversidad, biodiversidad y geodiversidad del archipiélago en el marco del modelo territorial regional...".

El sistema de zonificación del PNG se articula básicamente sobre la disposición espacial de dos zonas, definidas en función de un gradiente de conservación de sus ecosistemas:

1. Zona de Protección Absoluta; y,
2. Zona de Conservación y Restauración de Ecosistemas.

Para las islas pobladas se establece una tercera zona o banda periférica que se acopla sobre la de Conservación y Restauración, denominada:

3. Zona de Reducción de Impactos.

La Zona de Reducción de Impactos no es estática ni de dimensiones constantes; se trata más bien, de una banda difusa y dinámica hacia el interior del parque que se adapta a los cambios que vayan teniendo lugar con el desarrollo de los programas de manejo y que sean detectados por el Programa de Monitoreo, el cual debe desarrollarse principalmente alrededor de los Sitios de Uso Público Especial (e.g., puertos, aeropuertos, vertederos de residuos, minas, carreteras, sitios de visita, fincas y otros sitios de riesgo), con la participación de instituciones y autoridades locales.

Aunque es una zona manejada con el objetivo prioritario de la conservación y restauración de aquellos ecosistemas que todavía mantienen un considerable nivel de integridad ecológica, se permite el establecimiento de Sitios de Uso Público Especial, para cubrir la demanda local de determinados bienes

(e.g., extracción de especies invasoras maderables o de material pétreo), que no pueden obtenerse en las zonas pobladas.

Los usos permitidos tienen que ser compatibles con la conservación de la funcionalidad de los ecosistemas y la biodiversidad endémica y nativa; por lo tanto, lo que se promueve en esta zona son los usos no extractivos que también se desarrollan en las restantes zonas, como Investigación, Uso Público o Educación Ambiental.

Marco institucional

Ministerio del Ambiente

Es la autoridad ambiental nacional. Es responsable de la supervisión y aprobación de los estudios ambientales y expide la licencia ambiental. El Ministerio organiza, desarrolla y aplica los mecanismos de participación social. También administra el patrimonio nacional de áreas naturales protegidas (que incluye al Parque Nacional Galápagos y Reserva Marina de Galápagos).

Municipio de Isabela

El Municipio de Isabela es la autoridad que gestiona el desarrollo del cantón, asentamiento. Tiene competencia para autorizar, supervisar y controlar el uso del territorio. También autoriza y supervisa las construcciones. En el reglamento para la gestión integral de los desechos y residuos para las Islas Galápagos se indica que las Municipalidades son responsables del servicio de almacenamiento, limpieza, recolección, transporte, recolección de materiales reciclables, tratamiento y disposición final, monitoreo ecológico de los sitios de la disposición final, de los residuos domésticos, servicios, institucionales, turísticos, transporte y disposición final de residuos hospitalarios, de limpieza de vías en zonas urbanas y rurales, puertos y playas de las zonas costeras pobladas, podas de jardines y escombros que se generen en las áreas públicas de sus respectivas jurisdicciones. Los municipios también son responsables de brindar facilidades para el reciclaje de residuos.

Parque Nacional Galápagos

El Parque Nacional Galápagos, fue establecido el 4 de julio de 1959, mediante decreto Ley de emergencia, declarado Patrimonio Natural de la Humanidad e incluido en la lista de reservas de Biosfera, por su singular valor natural científico y educativo.

El artículo 42 del Reglamento General de Aplicación de la Ley Orgánica de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos, determina que la Dirección del Parque Nacional Galápagos es un organismo administrativamente desconcentrado de la entidad encargada de los bosques y áreas protegidas.

Mediante Resolución No. 065 del 17 de Julio de 2009, la Ministra del Ambiente, delegó al Director del Parque Nacional Galápagos, para que dentro de su jurisdicción, ejerza atribuciones relativas al ámbito de calidad ambiental.

El EIA y el PMA deberán someterse a las normas del Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos y lo establecido en el estatuto Administrativo del Parque Nacional Galápagos.

Marco legal: Resumen

Instrumento	Resumen
Constitución Política de la República del Ecuador	Derechos de la naturaleza. Art.- 72 .73. Naturaleza y Ambiente. Art.- 395 al 412.
Código de Salud	R. O. No. 158, Febrero 8 de 1971
Ley de Gestión Ambiental	R. O. 245, 30 Julio de 1999
Ley de Patrimonio Cultural	R.O. 865, Julio 2, 1979. Suplemento del R.O. No. 465 de 19 noviembre de 2004
Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental	R. O. No. 97, Mayo 31 de 1976 De la Prevención y Control de la Contaminación del Aire Del Art. 11 al 15 De la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas Del Art. 16 al 19 De la Prevención y Control de la Contaminación de los Suelos Del Art 20 al 25
Reglamento para la Prevención de Contaminación Ambiental en lo relativo al Recurso Agua	R. O. No. 204, Junio 5 de 1989
Reglamento sobre Normas de la Calidad del Aire y sus Métodos de Medición	R. O. No. 726, Julio 15 de 1991
Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental originada por la Emisión de Ruidos	R. O. No. 560, Noviembre 12 de 1990 Manual Operativo
Reglamento a la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al Recurso Suelo	R. O. No. 989, Julio 30 de 1992
Reglamento para el Manejo de Desechos Sólidos	R. O. No. 991, Agosto 3 de 1992
Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores	R.O. No. 565, Noviembre 17 de 1986

y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo	
Reglamento que establece las Normas Generales de Emisión para Fuentes Fijas de Combustión y los Métodos Generales de Medición	Suplemento del R. O. No. 303, Octubre 25 de 1993.
Políticas Básicas Ambientales del Ecuador.	D. E. No. 1802, Junio 1 de 1994; publicado en el R. O. No. 456, Junio 7 de 1994
Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ministerio del Ambiente.	Libro I - De la autoridad ambiental Libro II - De la gestión ambiental Libro III - Del regimen forestal Libro IV - De la biodiversidad
Ley de Régimen Especial para la Conservación y el Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos	Art 6c Art 49c Art. 61
Reglamento General de Aplicación de la Ley de Régimen Especial para la Conservación y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos	Art. 61 Art. 116 Art. 120
Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomías y Descentralización (COOTAD)	Promulgada en octubre de 2010, Art. 136
Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre	R.O. No. 418, de 10 de Septiembre de 2004. Art. 4 Art. 5 Art. 7
Normas de participación ciudadana	Ley de Gestión Ambiental Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación social, Decreto Ejecutivo 1040 publicado en el Registro Oficial 332 del 8 de mayo de 2007 Instructivo al Reglamento de aplicación de los mecanismos de Participación Social establecidos en la Ley de Gestión Ambiental, Acuerdo 112, 17 de Julio de 2008
Plan de Manejo del Parque Nacional Galápagos	7 de abril del 2005

IV. Galápagos: Binomio Naturaleza-Sociedad

La implementación de este proyecto exige un conocimiento, al menos preliminar, tanto del área de estudio (el archipiélago Galápagos) como de la historia, el comportamiento y la dinámica de la sociedad. Su idiosincrasia, su cultura, sus costumbres, su cosmovisión, sus mitos, su relación con la naturaleza y el medio ambiente. En este apartado se incluye información provista por numerosos documentos bibliográficos y también aquella información adquirida por la propia experiencia de haber vivido casi un año (marzo a diciembre de 2011).

El valor del medio que habitamos se puede entender según el momento cultural que se vive. La vida y su entorno se pueden considerar y entender de forma diferente según los grupos sociales. Se puede diferenciar la mirada del galapagueño del resto de las personas ya que está forjada por la historia, mitos y leyendas que están enlazadas con la naturaleza y la forma en cómo se sobrevive a ella.

Historia

En la historia de las Islas se pasó de situaciones de una gran matanza de seres vivos y de explotación desmesurada de los recursos al cuidado exhaustivo de los mismos. Se sabe que no todos los habitantes entienden el por qué de esta última situación; algunos la respetan ya sea por legislación, moda o por seguir las conductas masivas. Muchas personas siguen pensando que tomar la sangre de una tortuga galápagos y comer su carne harán de ellas personas más fuertes.

La mayoría de los habitantes del archipiélago predominantemente viven de la explotación de los recursos biológicos marinos. Sin embargo, en general, no ven la necesidad de conservar los recursos de manera sostenible. Desde la legislación la mayoría de los recursos (por ejemplo, aleta de tiburón, pepino de mar, langosta) están regulados temporalmente, ya que existen temporadas de permiso de captura. De esta explotación surgen grandes sumas monetarias que capitaliza el explotador, las cuales no son invertidas en tecnología sustentable (por ejemplo, mejoramiento de redes y equipamiento de captura, botes, etc.) sino en la compra de alcohol, que es un problema social importante (Vescovi, obs. pers.).

Estas islas de origen volcánico han albergado a diferentes tipos de personas. El Estado ecuatoriano hizo sus primeros intentos por colonizar las islas en 1832. Pablo Ospina, en su obra “Galápagos. Naturaleza y sociedad” se refiere a los intentos colonizadores de esta manera:

“Los esfuerzos ecuatorianos de colonización fueron llevados a cabo por “empresas” dirigidas por hombres audaces y violentos, pero también por el intento de construir un mundo nuevo en tierras hostiles”¹.

Siendo éste un proyecto final de Ingeniería, es imprescindible la mirada antropológica sobre la provincia de Galápagos, la mirada que la denomina las Islas Encantadas a las cuales arribaron piratas y corsarios. Aquí es donde la imaginación cobra vida, tanto los cuentos como la ciencia son realidad.

Es una sociedad de Nacidos y Criados, de primeros apellidos y linajes aquellos que llegaron a la nada pero con todo por hacer.

En 1535, Fray Tomás de Berlanga descubrió azarosamente las Galápagos, en su viaje hacia Perú, y en 1832, Juan José Flores, el primer Presidente del Ecuador, anexó el Archipiélago al territorio ecuatoriano. En 1835 tuvo lugar un hecho que, en adelante, marcaría la historia de las islas: la visita de Charles Darwin, pues a partir de la publicación de *El origen de las especies* (1859), en el que Darwin plantea la teoría de la evolución, Galápagos pasó a ser el centro de atención de científicos y naturalistas que vieron en este entorno un laboratorio viviente, hogar de gran cantidad de especies endémicas.

Hasta los años 1950 la colonización del archipiélago seguía siendo prisionera de un “círculo vicioso” demográfico. Los colonos eran sobre todo hombres, los empresarios y las autoridades se veían obligados constantemente a paliar el déficit de nacimientos en las islas mediante la importación de mano de obra del continente: pero como ésta seguía siendo ante todo masculina, el déficit de nacimientos se perpetuaba. La solución provino de un nuevo tipo de colonización, primeramente experimentado por los pioneros europeos antes de ser retomado por las autoridades ecuatorianas cuando favorecieron la instalación de familias en las alturas de Santa Cruz: se pasó así de una colonización de hombres solteros a una colonización de poblamiento².

¹ Pablo Ospina, *Galápagos. Naturaleza y sociedad. Actores sociales y conflictos ambientales*, Quito, Corporación Editora Nacional, 2006, p. 26.

² Christophe Grenier, *Conservación contra natura. Las Islas Galápagos*, Quito, Abya Yala, 2007, p. 194.

Desde mediados de 1950 hasta 1975 el poblamiento de las islas Santa Cruz, San Cristóbal, Floreana e Isabela fue efecto directo de la expansión de la frontera agrícola [...] conformándose así el grupo de los auténticos “colonos”. Más adelante, hasta finales de 1990, la expansión económica de Galápagos, concentrada más que todo en las actividades de pesca y en la operación turística, atrajo inmigrantes en el marco de un típico flujo demográfico determinado por las necesidades de la demanda laboral; por lo mismo, creció de manera veloz la población inmigrante que en Galápagos asumieron el status de residentes temporales. Por último, en el quinquenio 2000-2005, aunque se mantuvo el foco de atracción de empleo y la inversión, fue la aplicación de ciertas regulaciones de la Ley Especial el factor desencadenante de una nueva ola migratoria, esta vez de personas que de cualquier forma legalizaron su status de residencia y adquirieron derechos que les permitieron -a su vez- llevar a Galápagos trabajadores temporales y capitales.³

A medida que crecen las poblaciones los componentes Social, Ambiental y Tecnológico van creando lazos más complejos, aumentan las exigencias, las necesidades productivas, el bien material que al fin de su vida útil produce residuos, como así también la explotación de los recursos naturales, el uso del suelo (entre otros), llevando al entorno hasta el máximo de su capacidad de carga.

Geografía y división política

El siguiente apartado fue adaptado de Cayot & Cruz (1998).

El archipiélago de Galápagos se ubica en el Océano Pacífico a la altura de la línea ecuatorial que pasa por su montaña más alta, el volcán Wolf, situado al norte de la isla Isabela. El archipiélago tiene su centro geográfico a 0°32.22'S y 90°31.26'O.

La distancia máxima entre dos puntos en el archipiélago son los 431 Km que separan la esquina noroeste de la isla Darwin de la esquina sudeste de la isla Española. Las coordenadas de referencia más externas van desde los 89°14' hasta los 92°00' de longitud Oeste y desde los 1°40' de latitud Norte y los 1°24' de latitud Sur; delimitando aproximadamente una superficie de 54.156 Km² de tierra y mar.

El archipiélago se encuentra bastante aislado del continente, aunque este aislamiento es sensiblemente inferior al de otros archipiélagos del Pacífico. Al Este, el punto más cercano es el Cabo San Lorenzo en

³ Raúl Borja, “La difícil relación entre lo demográfico y lo ambiental”, en: *Galápagos. Migraciones, economía, cultura, conflictos y acuerdos*, Quito, Corporación Editora Nacional, 2007, p. 59.

el Ecuador continental, que dista 928 Km de la isla San Cristóbal. Al Norte, la masa de tierra más cercana es la isla de Cocos, que dista 870 Km de la isla Darwin.

Las distancias que separan a Galápagos del resto de archipiélagos del Pacífico oriental son muy superiores; así, la isla de Juan Fernández (Chile) se encuentra a 3.700 Km de distancia hacia el Sur (Figura 4.1).



Figura 4.1. Mapa ubicación del archipiélago de Galápagos en el contexto continental e insular del Pacífico oriental mostrando las distancias entre islas y al continente.

El archipiélago de Galápagos incluye 233 unidades terrestres emergidas (islas, islotes y rocas); esta es una cifra que permanece abierta debido al carácter altamente dinámico de los procesos geológicos que modelan este archipiélago volcánico y por tanto siempre pendiente de nuevas prospecciones y actualizaciones.

La superficie total emergida del archipiélago es de 7.995,4 Km² y posee una línea de costa de 1.688 Km. Hay 13 islas grandes, con una superficie mayor de 10 Km². Otras cinco islas pueden considerarse medianas, con un tamaño de entre 1 y 10 Km². Las restantes 215 unidades son islotes de tamaño pequeño, además de numerosos promontorios rocosos de pocos metros cuadrados de superficie. Cinco de las islas (Isabela, Santa Cruz, Fernandina, Santiago y San Cristóbal) representan el 93,2% de la

superficie total del archipiélago. La Isla Isabela, con 4.696,5 Km² es, con diferencia, la de mayor tamaño, siendo más grande que todo el resto de las islas e islotes juntos (58,7% de la superficie total del archipiélago).

En el interior del archipiélago las islas más grandes se encuentran significativamente más aisladas de sus vecinas más cercanas, mientras que las islas pequeñas y los islotes se encuentran, en su mayor parte, agrupados alrededor de las islas de mayor tamaño.

El extremo noreste de la isla San Cristóbal tiene la distancia más cercana al continente (928 Km), mientras que la isla Darwin tiene la distancia más alejada (1.274 Km) (Fig. 4.2)

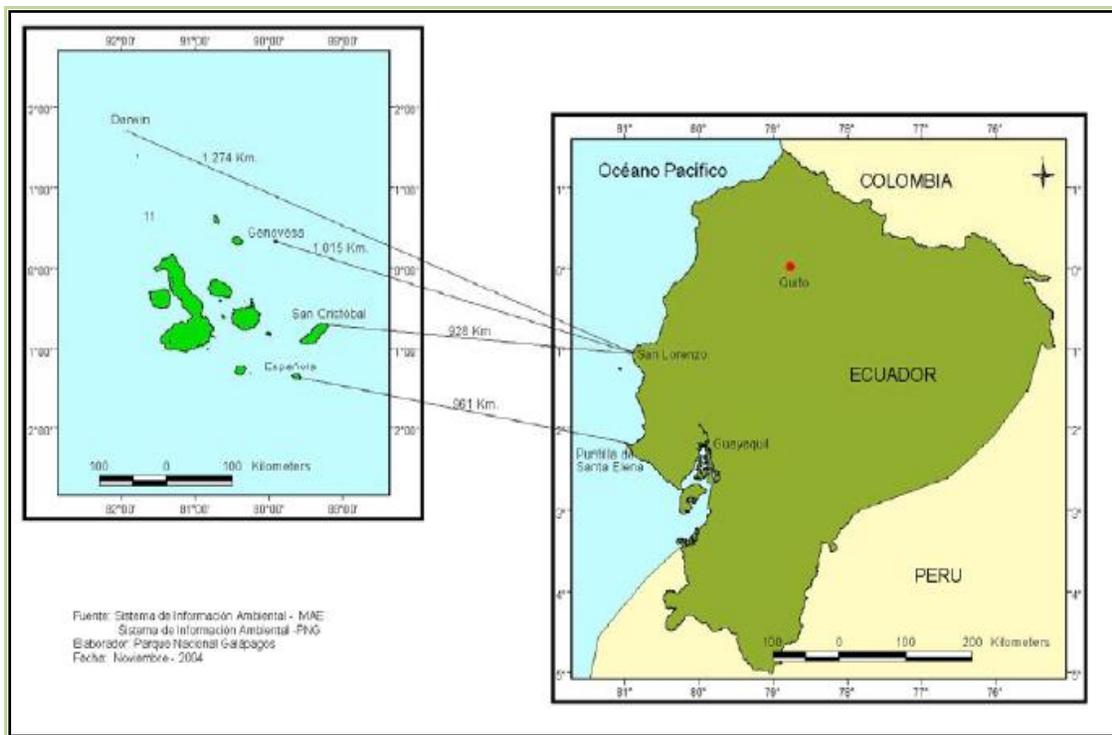


Figura 4.2. Distancias lineales de algunas islas del archipiélago al Ecuador Continental.

La provincia insular de Galápagos

Galápagos constituye una de las 22 Provincias en las que se divide políticamente la República del Ecuador (Figura 4.3). La Provincia de Galápagos es relativamente reciente, ya que fue creada el 18 de Febrero de 1973, con el fin de darle a esta región insular, a la que se le reconoce un notable valor ecológico, biológico, turístico y estratégico, su plena integración en el régimen administrativo nacional. La Provincia de Galápagos está dividida políticamente en tres cantones, que se corresponden con las islas de: San Cristóbal, con su capital cantonal Puerto Baquerizo Moreno, que es también la capital provincial; Santa Cruz, cuya capital cantonal es Puerto Ayora; e Isabela con Puerto Villamil como

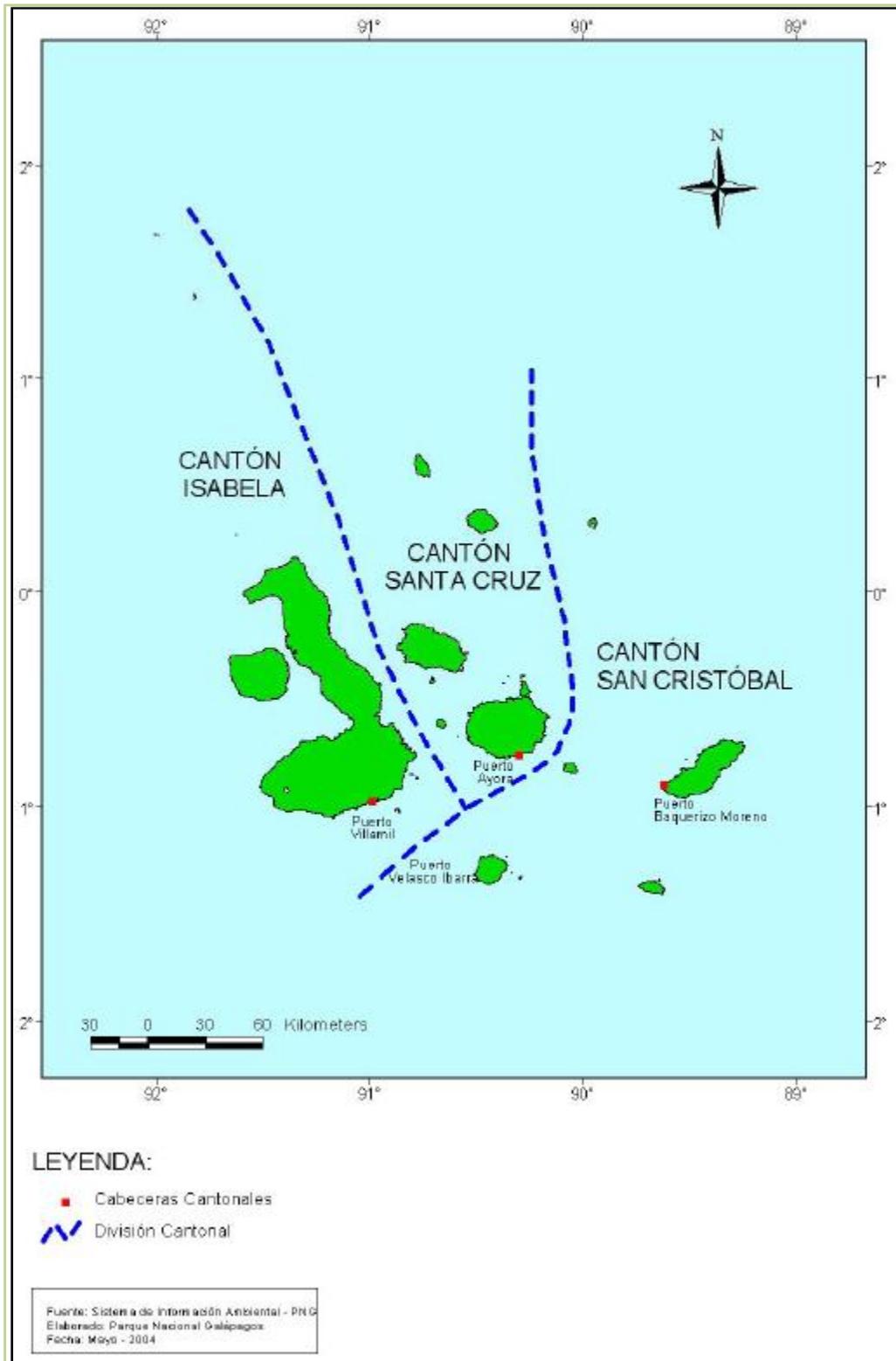


Figura 4.4 División política de la Provincia de Galápagos.

La gobernabilidad de la Provincia descansa sobre una serie de instituciones públicas dependientes del Gobierno central e instituciones de régimen seccional o de régimen especial, cuyas competencias están definidas por la Ley Especial de Galápagos y otros cuerpos normativos de ámbito nacional o regional. Existen en el archipiélago toda una serie de instituciones privadas no gubernamentales de ámbito regional, nacional e internacional que poseen también gran relevancia en los temas referentes a la conservación y el desarrollo en la Provincia (Tabla 4.2).

Tabla 4.2 Principales entidades públicas y privadas, nacionales e internaciones, que poseen jurisdicción o tienen influencia en la gobernabilidad de la provincia de Galápagos.

De régimen especial	Instituto Nacional Galápagos – INGALA.
De régimen seccional autónomo	Consejo Provincial, Municipalidades de San Cristóbal, Santa Cruz e Isabela, Juntas Parroquiales.
De régimen seccional dependiente del Gobierno Central	Gobernación, Parque Nacional Galápagos, SESASICGAL, Dirección Provincial de Agricultura, Dirección Provincial de Salud, Dirección Provincial de Educación, Gerencia Provincial de Turismo, Armada del Ecuador- II Zona Naval y DIGMER, Policía Nacional, Tribunal Provincial Electoral, Registro Civil, Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos, Defensoría del Pueblo, Dirección de Aviación Civil, Delegación Provincial de la Contraloría General del Estado.
Instituciones privadas y gremiales	Cámara Provincial de Turismo (CAPTURGAL), ASOGAL, Cooperativas de Pesca, Cooperativas de Transportistas, Cámara de Microempresas, Cámaras de Artesanos, Asociaciones de Agricultores y Ganaderos, Asociaciones de Guías Naturalistas
Instituciones internacionales Multilaterales	Naciones Unidas, UNDP-GEF, BID
Instituciones internacionales de cooperación bilateral	USAID, AECI, JICA, GTZ, KFW, Cooperación Italiana.
Organizaciones no gubernamentales Nacionales	Fundación Natura, FUNDAR-Galápagos
Organizaciones no gubernamentales internacionales (con sede permanente en Galápagos)	Fundación Charles Darwin (FCD), World Wildlife Fund (WWF), Conservation International (CI), WildAid.

Isla Isabela

Según Octavio Latorre, en su libro “Galápagos: los primeros habitantes de algunas islas” dice: La isla fue visitada ya desde los primeros años de la colonización de Villamil, pero todavía no se puede saber quién fue el primero que se estableció en ella. Tradicionalmente se suele atribuir a Villamil el envío de trabajadores a la isla y sobre todo de haber llevado los primeros animales para aprovechar los pastos. El colonizador hace referencia a su preocupación de llevar animales a las islas desiertas ya por el año de 1835.

¿Quién fue el primero que se instaló en las islas?

Según el testimonio de Rosendo Olaya (1989, cuyo padre fue uno de los primeros trabajadores de Cobos (1878)) contaba que el primero que se instaló en Isabela fue un tal Prudencio Campos, probablemente uno de los colonos traídos por Villamil. Curiosamente su nombre aparece en un documento de 1865 acusado de comercializar carne y cueros con la localidad de Tumbes (Ecuador continental), sin reconocer los derechos de Villamil sobre el ganado de la isla. En el juicio aparece como un viejo colono de Isabela y menciona sucesos totalmente desconocidos, entre ellos la presencia de Norton, cazador, pirata y contrabandista que fue luego socio de Villamil en 1860 y que acusado por un Coronel Fernández se suicidó cuando le llevaba a Isabela para reconocer sus fechorías por el año 1864.

Villamil tenía grandes esperanzas de colonizar también Isabela y existe una solicitud de una concesión del Sur de la isla para su hermano Pedro Villamil. Le fue concedida, pero nunca tomó posesión, no se sabe por qué razones. Al morir el colonizador en 1866, Isabela debía tener muy pocos colonos, fuera del mencionado Prudencio Campos y siguió en el mismo estado hasta 1897 visitada sólo por los cazadores y "aceiteros" de Cobos que mataban las tortugas para extraerles el aceite.

En el año 1897 se instaló en la isla Antonio Gil, luego de abandonar Floreana donde había trabajado cuatro años. A partir de su instalación, en la isla Isabela se evidencia una suntuaria, innecesaria e indiscriminada matanza de tortugas, la explotación irracional del medio con la agricultura y un esquema de comercio insostenible.

En Isabela los norteamericanos establecieron, durante la Segunda Guerra Mundial, una base militar. Tras finalizar el conflicto bélico, los militares abandonaron el lugar. Posteriormente, en 1946, el presidente de Ecuador decidió aprovechar todas las infraestructuras que habían dejado abandonadas en la zona para levantar una prisión con el objetivo de encarcelar a los presos más peligrosos del país, 300

convictos, y de alguna manera quedan ligados a un proceso de explotación con la agricultura en la finca de la colonia penal.

Esta colonia penal, que muchos han osado compararla con la conocida Alcatraz, fue la que, a través de sus dirigentes, ordenó a sus presos construir el muro de las lágrimas, pena que a muchos les supuso la muerte. Diversas teorías apuntan a que el motivo de levantar esta enorme pared en la isla Isabela era para confinar aún más a los presos, aunque otras suposiciones afirman que era simplemente un modo de castigo.

Las condiciones en las que tuvieron que levantar el muro eran completamente inhumanas y crueles. Los reclusos debían cargar, sin apenas descansos ni pausas, las piedras a lo largo de una gran distancia hasta su destino final, emplazamiento donde se estaba construyendo el enorme paredón.

En julio de 1959 se produjo la terrible erupción del Cerro Azul; en ese año a la vez se cierra otro episodio: Luego de un amotinamiento y escape, se decidió clausurar la prisión, poniendo punto final a años de tortura y sufrimiento por parte de un gran número de presos.

El muro de las lágrimas, denominado así por los padecimientos y el dolor de sus constructores, aún permanece en pie, contrastando cada día más con el bello paisaje que crece a su alrededor.

Con el paso del tiempo, los pobladores empezaron a abandonar sus fincas y a asentarse en la costa, dedicando la mayor parte de su tiempo a la pesca.

V. Componente Social

Para esta sección se decidió citar información cedida especialmente para este proyecto final. Se trata de la Publicación del Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos (CGREG) producido a través de su Unidad de Manejo de Información y Estadística de la Dirección de Planificación: CGREG (2013) *Principales Características Demográficas de Galápagos – Resultados del Censo 2010*, Talleres gráficos del CGREG, Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. *Diciembre de 2011; Última edición Febrero de 2013; Galápagos – Ecuador.*

Aspectos demográficos

Distribución geográfica de la población

La información sobre la distribución geográfica de la población fue obtenida del censo del 28 de noviembre de 2010. Según éste es de 25.124 habitantes, resultado que es obtenido luego de realizar un conteo persona por persona que se encontraba dentro del territorio de la provincia. Merece destacarse que el día del censo el país se paralizó durante diez horas, para evitar la duplicación en el conteo.

El censo es exhaustivo en todo el territorio nacional, lo que indica que son consideradas todas las personas, sin excepción, que se encontraban en tierra e incluso en el mar. En Galápagos durante ese día los cruceros regresaron a la isla de la que partieron y en otros casos se realizó un operativo en alta mar y esta población fue asumida por la isla poblada más cercana.

La población oficial de una jurisdicción sea provincia, cantón o parroquia es por tanto el número de habitantes que se encuentran en el lugar en un momento determinado. Hay otros tipos de connotaciones de población, como por ejemplo la que se obtiene en función del lugar de residencia que declara el informante. En la siguiente sección se identificarán dos grupos de habitantes cuya definición se basa en el lugar de residencia: Población residente habitual (con o sin carnet de residencia) y Población flotante (=itinerante).

De las 25.124 personas que estuvieron en Galápagos el día del censo 23.046 declararon que esta provincia es su lugar de residencia habitual, las restantes 2.078 personas son consideradas Población Flotante, porque se encontraban en esta provincia por vacaciones o por un motivo puntual pero su residencia habitual está en otro lugar del país o incluso en el exterior. Esto indica que de cada cien personas ocho o nueve son población flotante, lo que la convierte en la provincia con mayor presencia porcentual de este tipo de población, la segunda es Orellana donde hay dos o tres por cada cien. En las tres provincias más pobladas del país Guayas, Pichincha y Manabí representa apenas el 0,7%, es decir, a lo mucho uno por cada cien habitantes; aunque en números absolutos hay más visitantes (población flotante) en cualquiera de las tres provincias que en Galápagos, pues, en Pichincha por ejemplo, se contaron seis mil de ellos el día del censo.



Figura 5.1. Distribución Geográfica de la Población el Día del Censo.

Esta distribución geográfica toma como fecha y hora de referencia, las siguientes: Noviembre 28 de 2010, 00h00

Las flechas indican el puerto del que zarpó el crucero.

* Se refiere a todo tipo de tour navegable con hospedaje en alta mar. La población en crucero incluye a los turistas (que son población flotante) y a la tripulación (que son residentes habituales de Galápagos).

Fuente de Datos: Censo de Población 2010 - INEC, Procesamiento y elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

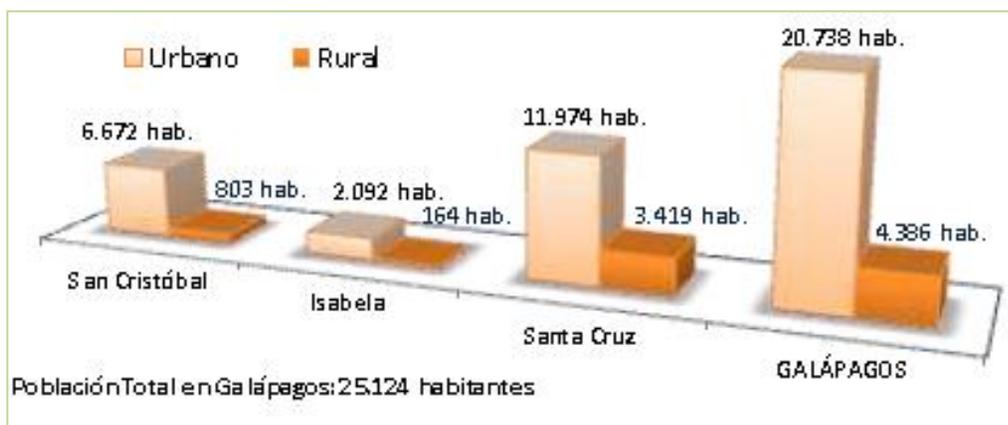


Figura 5.2 Población en Galápagos por Cantón y por Área, año 2010.

Tabla 5.1. Población en Galápagos por Cantón y por Área, año 2010.

Cantón	Urbano	Rural	Total
San Cristóbal	6672 (89.26%)	803 (10.74%)	7475 (100%)
Isabela	2092 (92.73%)	164 (7.27%)	2256(100%)
Santa Cruz	11974 (77.79%)	3419 (22.21%)	15393 (100%)
Galápagos	20738 (82.54%)	4386 (17.46%)	25124 (100%)

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

En Isabela la población rural representa únicamente el 7% de su población total.

Tabla 5.2. Población Flotante (=itinerante) por Partido, año 2010 del total de la población.

Detalle	San Cristóbal	Isabela	Santa Cruz	Total Galápagos
Población Itinerante	545	91	1442	2078
Porcentaje**	7.29%	4.03%	9.37%	8.27%

**Porcentaje respecto a la población del cantón

La población de Galápagos suele viajar a la parte continental del país para abastecerse de ciertos bienes o servicios que se les dificulta conseguir en el archipiélago, para visitar familiares o por otras razones, la mayoría de las veces estos viajes no son de larga duración¹. En el censo se determinó que el flujo de personas que aunque residen habitualmente en Galápagos, están fuera de la provincia en un día particular es 584 de personas. Tabla 5.3.

Tabla 5.3. Residentes Habituales de Galápagos Empadronados en Otro Lugar del País, año 2010.

Detalle	San Cristóbal	Isabela	Santa Cruz	Galápagos
Residente habitual de Galápagos empadronado (censado) en otro lugar del país	242 (3.24%)	38 (1.68%)	304(1.97%)	584(2.32%)

**Porcentaje respecto a la población de la parroquia. Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC.

Cálculos y Elaboración: CGREG

Nótese que bajo esta definición de población, los estudiantes que asisten a la universidad en otra provincia pasan a ser uno más de sus habitantes, porque su residencia allá será mayor a seis meses, y demandarán recursos públicos en dicha provincia. Volverán a formar parte de la población de Galápagos a su regreso.

Tabla 5.4 Población Flotante por Parroquia, año 2010

Detalle	Pto. Baquerizo Moreno	El Progreso	Floreana	Pto. Villamil	Tomás de Berlanga	Pto. Ayora	Bellavista	Sta. Rosa y Baltra
P. Itinerante	532 (7.97%)	4 (0.61%)	9 (6.21%)	91 (4.35%)	0 (0.00%)	975 (8.14%)	39 (1.61%)	428 (43.06%)

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

Población y Tasas de Crecimiento Anual (TCA) de Galápagos

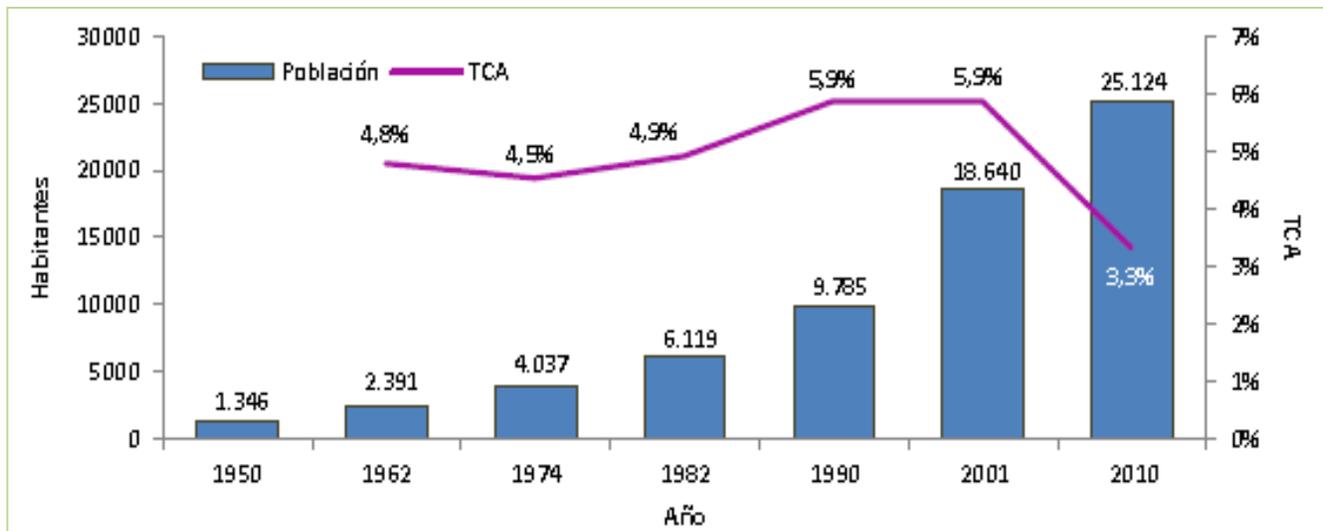


Figura 5.3. Población y Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos.

Tabla 5.5. Tasas de Crecimiento Anual de Galápagos.

De 1950 a 1962	De 1962 a 1974	De 1974 a 1982	De 1982 0 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
4.79%	4.53%	4.91%	5.87%	5.86%	3.32%

Fuente de datos: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

Tabla 5.6. Densidad Demográfica de Galápagos por parroquias, año 2010.

Asentamiento	Población total	Superficie Habitable (km2)	Densidad (personas por km ²)
Pto. Baquerizo Moreno	6672	7.3	914
El Progreso	658	83.4	8
Floreana	145	3.1	47
Pto. Villamil	2092	1.1	1902
Tomas de berlanga	164	52.1	3
Pto. Ayora	11974	1.9	6302
Bellavista	24225	69.5	35
Santa Rosa*	994	44.7	22

Fuente de datos: Censo de Población 2001 – INEC. Información Cartográfica: IGM. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

A nivel Cantonal

La siguientes figuras muestran la distribución demográfica en un momento dado tanto en la parroquia urbana Puerto Villamil como en la parroquia rural Tomás de Berlanga (figuras 5.4 y 5.5.)



Figura 5.4. Densidad Demográfica en la Parroquia Urbana Puerto Villamil. Fecha de referencia de la distribución de la población: 28 de noviembre de 2010.

Fuente de datos: INEC, Base cartográfica: IGM & CGREG, Procesamiento y elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos



Figura 5.5 Densidad Demográfica en la Parroquia Rural Tomás de Berlanga. Fecha de referencia de la distribución de la población: 28 de noviembre de 2010

Fuente de datos: INEC, Base cartográfica: IGM & CGREG, Procesamiento y elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Los puntos identificados son solamente para referencia del lector, no implican un inventario de centros educativos ni deportivos.

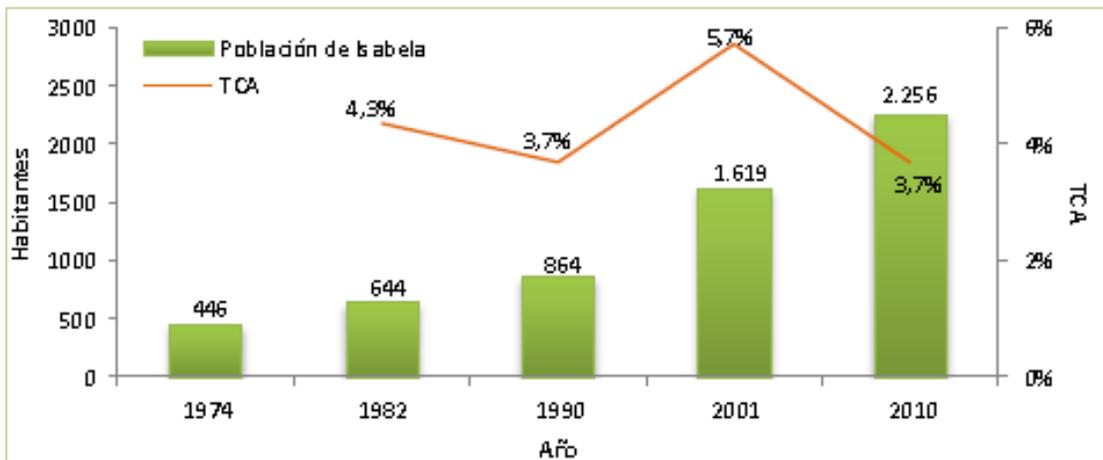


Figura 5.6. Población y Tasas de Crecimiento Anual del Cantón Isabela.

Tabla 5.7 Tasas de Crecimiento Anual del Cantón Isabela.

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
4.34%	3.67%	5.71%	3.69%

Fuente de datos: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

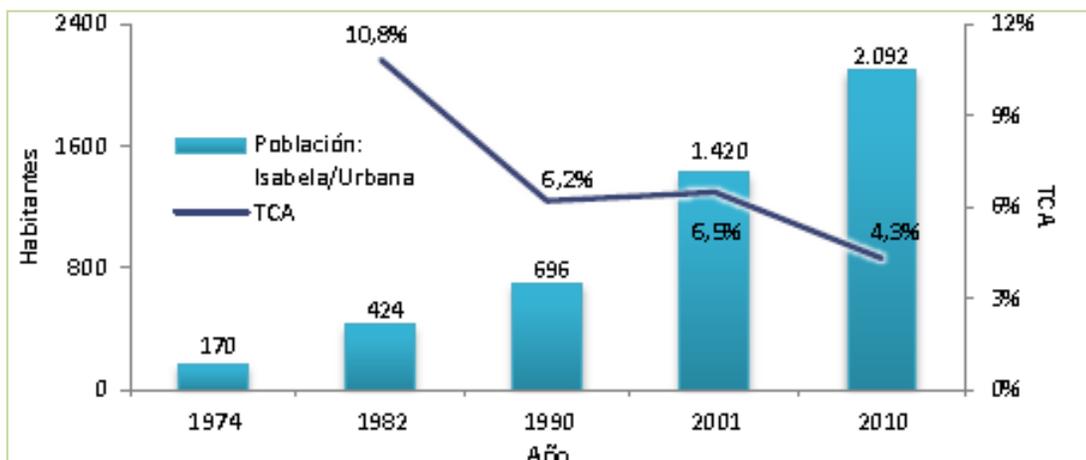


Figura 5.7. Población y Tasa de Crecimiento Anual de Isabela – Urbano.

Tabla 5.8 Tasas de Crecimiento Anual de Isabela – Urbano.

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
10.79%	6.20%	6.48%	4.31%

Fuente de datos: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

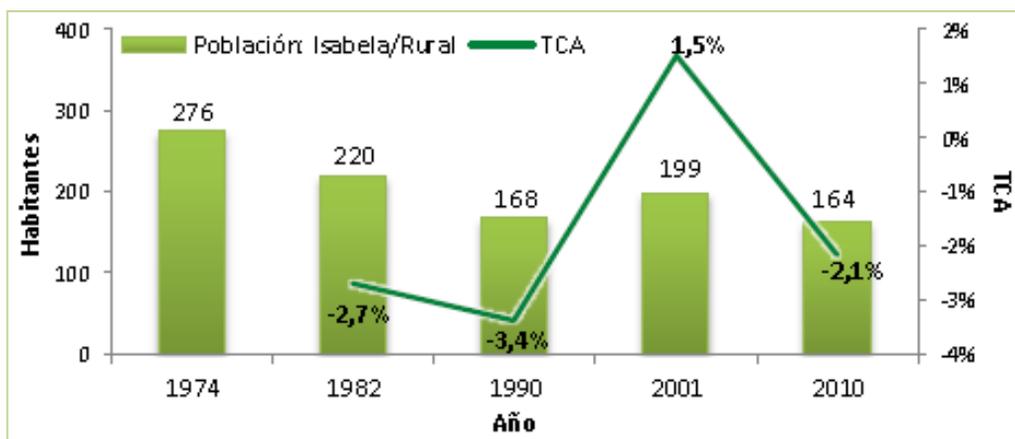


Figura 5.8. Población y Tasa de Crecimiento Anual de Isabela – Rural.

Tabla 5.9. Tasas de Crecimiento Anual de Isabela – Rural.

De 1974 a 1982	De 1982 a 1990	De 1990 a 2001	De 2001 a 2010
-2.68%	-3.37%	1.54%	-2.15%

Fuente de datos: Difusión de Resultados Definitivos del Censo de Población de 2001 – INEC (2005); Censo de Población 2010 – INEC Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Migración

En 2006 existieron 28 personas que se retiraron de la provincia de forma voluntaria, mientras que en el 2007 esta cifra se elevó en un 3,57%. En el año 2008 ingresaron 175 personas a trabajar, en ese mismo año 77 personas retornaron al continente de manera involuntaria, mientras 28 accedieron a salir de forma voluntaria. En el año 2009 se incrementó en un 11,43% el ingreso de personas (195 personas). Merece recordarse que la Ley Especial de Galápagos eventualmente otorga permiso de residencia transitoria (permiso de transeúnte) por hasta un periodo de tres meses, después del cual se necesita un contrato laboral u obtener la residencia definitiva por diferentes medios.

Ocupación de la población en Galápagos

Para hablar sobre el tema de la ocupación se debe tratar primero acerca de la Población en Edad de Trabajar (PET). La edad para trabajar que define a este grupo (PET) se relaciona con el último año de educación obligatoria y el año anterior al inicio de la tercera edad. En Ecuador el nivel de educación que es considerado obligatorio está comprendido entre el primero y el décimo año de Educación Básica que corresponde al rango de edad entre 5 y 14 años, entonces la PET en Ecuador está definida como la población de 15 años hasta 64 años, el límite superior lo marca el año anterior del inicio de la tercera edad.

Tabla 5.10. Ocupación de la población en Galápagos, año 2010.

Situación ocupacional	San Cristóbal	Isabela	Santa Cruz	Galápagos
Población total	7475	2256	15393	25124
Población en edad de trabajar	5113	1493	10449	17055
Población Económicamente Activa	3637	1086	7761	12484
Población ocupada	3528	1064	7423	12015
Población desocupada (cesante)	22	2	78	102
Población desocupada primera vez	87	20	260	367
Población Económicamente Inactiva	1476	407	2688	4571

Los cálculos corresponden a la población entre 15 y 64 años.

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Principal ocupación

Las tres ocupaciones más frecuentes a nivel provincial y cantonal en Galápagos son trabajadores de servicios, ocupaciones elementales y oficiales, operarios o artesanos. Un segundo grupo de ocupaciones representativo lo conforman los trabajadores administrativos y profesionales científicos.

Para las actividades con mayor número de personas ocupadas en Galápagos se presenta el detalle de las sub-ramas o sub-categorías de la actividad para un mejor análisis (Tabla 5.11).

La Administración pública y defensa es la segunda actividad más representativa en la provincia respecto a la cantidad de personas ocupadas.

La tercera categoría es la correspondiente a actividades de alojamiento y servicio de comida.

La cuarta categoría corresponde al sector de la Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

Tabla 5.11. Ocupados por Rama de Actividad, isla Isabela, año 2010.

RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	Isabela	San Cristóbal	Santa Cruz
Agricultura, Ganadería, Caza, Silvicultura y pesca	136	335	540
Industria Manufacturera	46	137	434
Construcción	115	271	533
Comercio al por mayor y menor	111	399	1022
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	156	241	766
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	53	222	592
Actividades de los hogares como empleadores	9	135	365
Administración Pública y Defensa	109	696	497
Enseñanza	72	263	346
Actividades de servicio administrativos y de apoyo	79	162	619
Otras actividades	137	403	917
Cesantes	2	22	78
No declarado	41	264	792
Trabajador nuevo	20	87	260
Total	1086	3637	7761

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos

La categoría Construcción es la quinta en importancia. Un sector también importante en la economía de Galápagos ubicado en la sexta categoría según la cantidad de personal ocupado es el Transporte, tanto el involucrado en el transporte de pasajeros por vía terrestre como por la vía marítima, así como por la aérea, y de carga (terrestre, marítima o aérea).

Perfil económico

Siete de cada diez habitantes en Galápagos están en edad de trabajar (PET: 15 a 64 años), de ellos cinco son económicamente activos (PEA), los dos restantes generalmente tienen como principal actividad ser estudiantes o realizar los quehaceres de su hogar, y son considerados población económicamente inactiva (PEI).

Del total de la PEA 96% están ocupados, al grupo restante se lo denomina en situación de desocupación laboral. El 60% de la PEA está conformada por hombres, este porcentaje se mantiene en los cantones San Cristóbal y Santa Cruz, excepto en el cantón Isabela donde los hombres tienen aún más presencia porcentual (65%) que las mujeres.

De cada 100 personas ocupadas en Galápagos 8 trabajan en el sector de Agricultura, Ganadería y Pesca, 10 trabajan en Actividades de alojamiento y servicio de comidas, 11 trabajan en la Administración pública y defensa y 13 trabajan en el sector del Comercio al por mayor y menor entre las actividades más frecuentes de la población ocupada.

Ingresos y egresos familiares

El ingreso promedio de las familias entrevistadas, es de 877,37 U\$D/mes y los gastos generalmente están divididos en: Alimentación, 39,74%; educación, 29,52%; transporte, 6,04%, servicios básicos, 12,73% y en otros gastos, donde se incluye el vestido, el 11,96%.

Turismo

Isla Isabela, al igual que todo el Archipiélago de Galápagos, goza de las mejores condiciones naturales tanto en flora, fauna, aspectos climáticos y paisajísticos, que la convierten en una zona turística de nivel mundial.

La infraestructura turística existente para el año 2009 señaló un total de 64 establecimientos, de los cuales 29 son de alimentos y bebidas, 28 de alojamientos (23 pensiones, 4 hostales y 1 cabaña) y 7 de agencias de viajes.

Tipo de vivienda en Galápagos

En el censo además de las personas se investigaron también las viviendas y los hogares.

Se refiere como vivienda para efectos censales a toda la estructura física conformada por cubierta o techo, paredes y piso, mientras que al hogar se lo define como el grupo de personas que habitan dentro de una vivienda sin importar la relación de parentesco. La primera clasificación de vivienda considera

viviendas particulares y viviendas colectivas. El primer grupo incluye casas, departamentos, cuartos, entre otras; el segundo grupo incluye los hoteles, cuarteles, cárceles, hospitales, conventos, asilos e inclusive cruceros. El total de viviendas en la provincia de Galápagos considerando esta clasificación y de acuerdo con el censo de Vivienda 2010 fue (tabla 5.12):

Tabla 5.12. Tipo de Vivienda Particulares en Galápagos por Cantón, año 2010.

Tipo de vivienda particular	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz	
	Viviendas	Porcentaje	Viviendas	Porcentaje	Viviendas	Porcentaje
Viviendas particulares						
Casa	1798	63.24%	661	77.22%	2998	56.78%
Departamento	440	15.48%	36	4.21%	737	13.96%
Cuarto	352	12.38%	79	9.23%	1235	23.39%
Mediagua	162	5.70%	59	6.89%	242	4.58%
Rancho	22	0.77%	8	0.93%	36	0.68%
Covacha	49	1.72%	10	1.17%	10	0.19%
Choza	4	0.14%	2	0.23	0	0.00%
Otro particular	16	0.56%	1	0.12%	22	0.42
Total	2843	100%	856	100%	5280	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Cobertura pública de servicios básicos

El porcentaje de viviendas con cobertura pública de servicios básicos es uno de los indicadores más esenciales respecto al tema vivienda. Este se obtiene del cociente entre el número de viviendas que poseen cada uno de los cuatro servicios básicos (agua, luz, recolección de basura y alcantarillado) y el número total de éstas. En Galápagos al año 2010 la cobertura pública de servicios básicos fue 24,9%, corresponde únicamente 1.780 viviendas (tablas 5.13 a 5.16). Esto ubica a Galápagos en la tercera provincia con menor cobertura pública de servicios a nivel nacional.

Servicios básicos por tipo

Tabla 5.13. Procedencia del Agua en Galápagos, año 2010.

Procedencia del agua	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje
Red pública*	1980	89,87%	512	76,99%	3537	80,88%	5957	83,19%
Pozo	8	0,38%	63	9,47%	184	4,21%	255	3,57%
Vertiente, acequia o canal	58	2,73%	1	0,15%	20	0,46%	79	1,10%
Repartidor	135	6,36%	61	9,17%	359	8,21%	555	7,75%
Lluvia	14	0,66%	28	4,21%	273	6,24%	315	4,40%
Total	2123	100%	665	100%	4373	100%	7161	100%

*Agua no potable

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tabla 5.14. Procedencia de la Energía Eléctrica en Galápagos, año 2010

Procedencia de Energía eléctrica	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje
Red pública	2099	98,87%	656	98,65%	4335	99,13%	7090	99,01%
Panel solar	2	0,09%	2	0,30%	2	0,05%	6	0,08%
Planta eléctrica	11	0,52%	3	0,45%	7	0,16%	21	0,29%
Otro	2	0,09%	0	0,00%	6	0,14%	8	0,11%
No tiene	9	0,42%	4	0,60%	23	0,53%	36	0,50%
Total	2123	100%	665	100%	4373	100%	7161	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tabla 5.15 Recolección de la Basura en Galápagos, año 2010.

Recolección de residuos	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje
Recolector	1978	93.17%	624	93.83%	4306	98.47%	6908	96.47%
Se arrojan en terreno	6	0.28%	3	0.45%	4	0.09%	13	0.18%
La queman	102	4.80%	26	3.91%	40	0.91%	168	2.35%
Los entierran	8	0.38%	6	0.90%	4	0.09%	18	0.25%
Los arrojan a la acequia	3	0.14	0	0.00%	0	0.00%	3	0.04%
Otra	26	1.22%	6	0.90%	19	0.43%	51	0.71%
Total	2123	100%	665	100%	4373	100%	7161	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tabla 5.16 Servicio Higiénico en Galápagos, año 2010.

Servicio Higiénico	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje	Vivienda	porcentaje
Red pública	1544	72.73%	217	32.63%	155	3.54%	1916	26.76%
Pozo séptico	510	24.02%	405	60.90%	3887	88.89%	4802	67.06%
Pozo ciego	36	1.70%	38	5.71%	276	6.31%	350	4.89%
Los entierran	3	0.14%	0	0.00%	6	0.14%	9	0.13%
Descarga al mar	8	0.38	0	0.00%	8	0.18%	16	0.22%
No tiene	22	1.04%	5	0.75%	41	0.94%	68	0.95%
Total	2123	100%	665	100%	4373	100%	7161	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Hogares versus viviendas

Para analizar las características de los hogares en Galápagos, es necesario recordar la definición censal del término “hogar” que se refiere al elemento social conformado por una persona o grupo de personas que se asocian para compartir el alojamiento y comida. Estas personas pueden estar relacionadas o no por los lazos de parentesco y cocinan en común para todos los miembros. Este dato resulta importante para el desarrollo del presente proyecto, ya que no debe olvidarse que todos ellos producen residuos que serán materia prima en la gestión de RSU. En Galápagos se registraron 7.236 hogares en un total de 7.161 viviendas que existen en la provincia. Esta diferencia entre hogares y viviendas es el resultado de la existencia de dos o más hogares en una misma vivienda (Tablas 5.17 y 5.18).

Tabla 5.17 Total de Hogares en Galápagos por Cantón, año 2010.

Hogares por vivienda	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz	
	Hogares	porcentaje	Hogares	porcentaje	Hogares	porcentaje
Único en la vivienda	2111	98.74%	655	96.18%	4335	98.14%
Dos en la vivienda	18	0.84%	10	1.47%	66	1.49%
Tres en la vivienda	9	0.42%	12	1.76%	12	0.27%
Cuatro en la vivienda	0	0.00%	4	0.59%	4	0.09%
Total	2138	100%	681	100%	4417	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tabla 5.18 Hogares por Número de Miembros Cantonal, año 2010.

Número de miembros	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz	
	Hogares	porcentaje	Hogares	porcentaje	Hogares	porcentaje
Un miembro	386	18.05%	145	21.29%	894	20.24%
Dos miembro	373	17.45%	117	17.18%	811	18.36%
Tres miembro	486	22.73%	158	23.20%	952	21.55%
Cuatro miembro	436	20.39%	111	16.30%	852	19.29%
Cinco miembro	264	12.35%	82	12.04%	523	11.84%
Seis miembro	193	9.03%	68	9.99%	385	8.72%
Total	2138	100%	681	100%	4417	100%

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tecnología en los hogares de Galápagos

La tecnología en los hogares debe ser considerada como un factor muy importante, ya que puede constituirse en una herramienta comunicacional para la eficiente implementación del presente proyecto de GIRSU. Se ha comprobado en experiencias a campo desarrolladas oportunamente (Vescovi, obs. pers.) que la comunicación con los habitantes de la Isla Isabela tiene grandes falencias, ya que no hay un canal de televisión de escala local a través del cual se pudieran difundir noticias e información útil. La emisora radial de la Isla Isabela se ha abierto recientemente (noviembre de 2013). Anteriormente se contaba sólo con la radio de Santa Cruz. La campaña de promoción y divulgación del proyecto de la GIRSU fue realizada con megáfono y puerta a puerta. Posteriormente se dispuso de los trípticos de referencia (ver Posibilidades técnicas). En definitiva, contar con tecnología apropiada en los hogares facilitaría la comunicación acerca de los objetivos del proyecto de GIRSU y sus múltiples beneficios.

Tabla 5.19 Acceso a la Tecnología en los hogares de Galápagos, año 2010.

Acceso		Celular	Computador	Internet	TV Privada	Teléfono Convencional
San Cristóbal	Sí tiene	1910	1017	428	531	1652
	No tiene	228	1121	1710	1607	486
Isabela	Sí tiene	642	276	78	62	578
	No tiene	39	405	603	619	103
Santa Cruz	Sí tiene	4113	2062	820	1807	2741
	No tiene	304	2355	3597	2610	1676
Galápagos	Sí tiene	6665	3355	1326	2400	4971
	No tiene	571	3881	5910	4836	2265

Fuente de datos: Censo de Vivienda 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Condiciones de vida

En función de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), la pobreza y pobreza extrema se presentan conforme a lo presentado en la tabla 5.20:

Tabla 5.20. Puerto Villamil. Pobreza y extrema pobreza.

Sector / Indicador	Medida	Puerto Villamil
Pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	%(población total)	36,3%
Extrema pobreza por necesidades básicas insatisfechas (NBI)	%(población total)	7%

Fuente: SIISE 2008.

Salud

El cantón cuenta con 6 establecimientos de salud:

- ✓ Un Subcentro de Salud, equipado de manera regular, que presta los servicios de medicina general, odontología, y obstetricia
- ✓ Dos dispensarios médicos
- ✓ Tres botiquines.

Existen 7 profesionales en el área de salud, entre médicos y odontólogos, un Inspector de Salud y 3 auxiliares de servicio.

No existen problemas de desnutrición, la tasa de mortalidad infantil es de 21,7 por cada 1000 nacidos vivos.

Las principales enfermedades en el año 2009 fueron:

- ✓ Las emergencias médicas con un total de 425 casos (37%).
- ✓ Infecciones respiratorias con un total de 424 casos (36%).
- ✓ Las enfermedades diarreicas agudas con un total de 125 casos (11%) principalmente causado por la mala calidad del agua.

Merece destacarse que en los centros de salud no se capacita, instruye o educa a los asistentes en relación con el manejo y disposición de los RSU.

Educación

En el cantón existen cuatro escuelas de educación primaria y un colegio para la instrucción secundaria. La escuela Cornelio Izquierdo, es la que mayor cantidad de estudiantes tiene, actualmente con 218 estudiantes. Es una escuela completa, con alumnos desde primero hasta séptimo año de básica. La escuela Jacinto Gordillo tiene 156 estudiantes, con los mismos años de estudio. Las escuelas rurales unidocentes Mentor Gamboa y Odilo Aguilar, funcionan en la parroquia rural Tomás de Berlanga.

El Colegio Fray Agustín de Azkúnaga tiene aproximadamente 232 estudiantes, en las especialidades de Ciencias Básicas y Turismo. Existen colegios nocturnos que prestan servicios para adultos.

Un 69% de la población tiene como nivel de estudio la educación primaria y un 31% de educación secundaria. En el ámbito educativo merece destacarse que se han llevado a cabo acciones vinculadas al conocimiento y la valoración del medio ambiente, mediante charlas dictadas por invitados o especialistas, juegos, manifestaciones artísticas, entre otros.

Alfabetismo

La Tasa de Alfabetismo en la población que reside habitualmente en Galápagos es 98,8%, en tanto que la correspondiente a la población flotante de la provincia es 99,5%.

Asistencia a centro educativo

La tabla 5.21 muestra la asistencia al ámbito educativo.

Tabla 5.21. Asistencia a Establecimientos de Enseñanza, año 2010

Asistencia	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Personas*	Porcentaje	Personas	Porcentaje	Personas	Porcentaje	Personas	Porcentaje
No	2335	35.75%	688	34.64%	4672	36.07%	7695	35.84%
Sí	4197	64.25%	1298	65.36%	8281	63.93%	13776	64.16%
Total	6532	100%	1986	100%	12.953	100%	21471	100%

*Personas de 5 años o más

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Tres o cuatro de cada diez residentes habituales de Galápagos asisten a algún centro de enseñanza.

Isabela se mantiene como la provincia con la tasa bruta de asistencia escolar más baja de la provincia.

Nivel de instrucción

Tabla 5.22. Máximo Nivel de Instrucción de la Población Residente Habitual, año 2010.

Nivel de Educación	San Cristóbal		Isabela		Santa Cruz		Galápagos	
	Personas	Porcentaje	Personas	Porcentaje	Personas	Porcentaje	Personas	Porcentaje
Ninguno	63	0.96%	30	1.51%	188	1.45%	281	1.31
Preprimaria	81	1.24%	22	1.11%	162	1.25%	265	1.23%
Educación Básica	2891	44.26%	1014	51.06%	6264	48.36%	10169	47.36%
Media	1886	28.87%	568	28.60%	3466	26.76%	5920	27.57%
Post Bachillerato	106	1.6%	39	1.96%	223	1.72%	368	1.71%
Superior	1258	19.26%	260	13.09%	2053	15.85%	3571	16.63%
Postgrado	95	1.45%	30	1.51%	203	1.57%	328	1.53%
No informa	152	2.33%	23	1.16%	394	3.04%	569	2.65%
Total	6532	100%	1986	100%	12953	100%	21471	100%

El nivel de instrucción se consulta a toda la población de 5 años o más.

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Alfabetismo digital: Uso de tecnologías

El Analfabetismo Digital se define como la situación en que una persona de 10 años o más no ha utilizado alguna de las tres tecnologías de uso masivo que son teléfono celular, internet y computadora en seis meses o más. Isabela es el cantón con menor porcentaje de Analfabetismo Digital, debido principalmente a que un gran porcentaje de su población utiliza teléfono celular, aunque registren un muy bajo acceso a Internet y a la Computadora (tabla 5.23).

Tabla 5.23. Analfabetismo Digital de la Población, año 2010

Cantón	Porcentaje de Personas
San Cristóbal	11.47%
Isabela	8.82%
Santa Cruz	9.31%
Galápagos	9.91%

Fuente de datos: Censo de Población 2010 – INEC. Cálculos y Elaboración: Consejo de Gobierno de Galápagos.

Perfil educativo

Un habitante característico de Galápagos ha alcanzado el nivel educativo de quinto curso de colegio, estudia o estudió en un centro educacional público y tiene tendencia a preferir estudios superiores en Ciencias de la Educación o carreras afines al Turismo generalmente en universidades privadas (Sólo

existentes en continente, aunque en la isla San Cristóbal, existe una sede de la Universidad de San Francisco, originaria de Estados Unidos al igual que su población estudiantil).

Una vez más el último Censo de Población (2010) ratifica a Galápagos como la provincia con mejores indicadores básicos de educación dentro del contexto nacional, pues es la provincia con menor tasa de analfabetismo, mayor escolaridad media, la segunda provincia después de Pichincha con mayor incidencia de personas con título universitario y mayor incidencia de profesores titulados por cada cien personas.

La población llegada en los últimos cinco años puede ser vista como dos flujos, uno de personas sin formación educativa de acuerdo al sistema regular y otro de personas con niveles de estudio superior. Incluir o no a la población flotante (que representa aproximadamente el 5% de la población) no altera porcentualmente los indicadores de alfabetismo o escolaridad, sin embargo si se desagrega la población por edades en búsqueda de personas tituladas a nivel superior, entonces sí aumentan ligeramente (1%) los porcentajes si se incluye la población flotante.

Participación Comunitaria

El 40% de la población encuestada, manifiesta que es el Municipio, la organización que mayor convocatoria tiene en el sector, un 26,6% manifiesta que son las diferentes asociaciones gremiales, otro 13,3% considera que son las directivas barriales y finalmente un 20% considera que no hay instituciones que generen convocatoria.

Según los encuestados, existen pocas organizaciones u ONGs, que generen expectativas de apoyo en el cantón.

Generalmente son los hombres los que asisten a las reuniones convocadas (73,3%) frente a un 20% de mujeres que también lo hacen; un 6,66% manifiesta que no les gusta ir a las reuniones.

El 44% considera que se deben realizar más obras de infraestructura, para el desarrollo del cantón, mientras que un 28% cree que se deben impulsar proyectos productivos, otro 20% piensa que se debe apoyar la creación de microempresas, un 4% cree que sería mejor impulsar proyectos agrícolas y finalmente otro 4% cree que es mejor impulsar proyectos educativos.

Al 35,19% de los encuestados, les gustaría recibir capacitación sobre Primeros Auxilios, a un 29,41% le agradaría recibir capacitación sobre Relaciones Humanas, a otro 17,64% le gustaría aprender sobre el Medio Ambiente, un 11,76 % está interesado por aprender sobre Salud e higiene y finalmente a un 5,88% le gustaría aprender sobre prevención de enfermedades.

Resumen de componente social

La siguiente figura muestra de manera visual y sinóptica la información del componente social de Ecuador y del archipiélago de Galápagos.

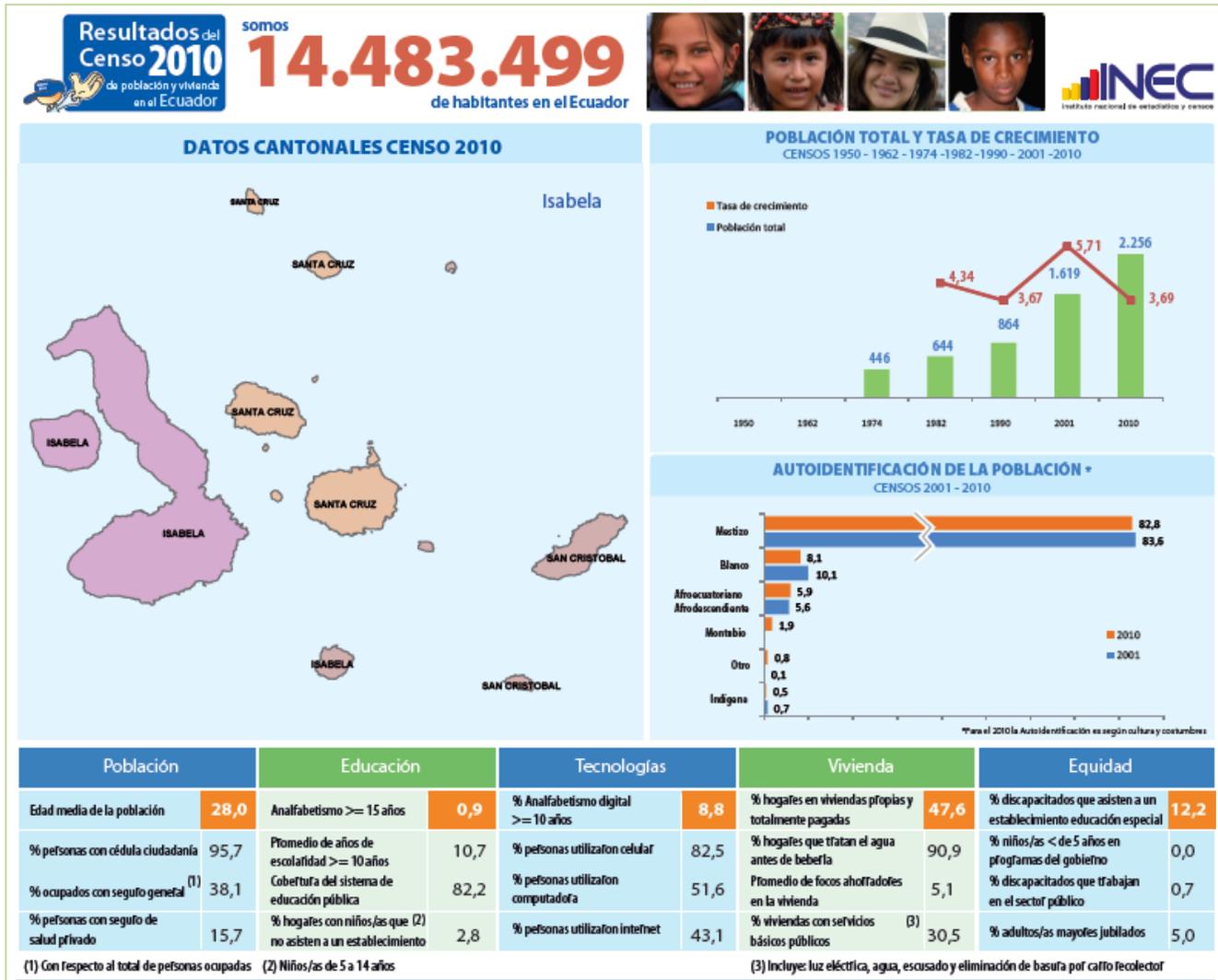




Figura 6.2 Mapa de Galápagos, Respecto a la costa de Ecuador.

Ubicación político administrativa

El área donde se ha realizado el estudio y se ha diseñado la alternativa de saneamiento ambiental se encuentra en la provincia insular de Galápagos de la República del Ecuador, correspondiente al Cantón Isabela al que pertenecen las islas Isabela, la más grande de todo el archipiélago, Fernandina, y las Islas Darwin y Wolf en el extremo Norte. El área poblada se encuentra hacia el sur de Isabela y apenas ocupa el 1% de la superficie de la isla, con una parroquia urbana, Puerto Villamil que es la cabecera cantonal y una rural, Tomás de Berlanga con 11 barrios con población dispersa. Las dos parroquias se encuentran bajo jurisdicción del Municipio de Isabela. El restante 99% de la Isla está dentro del Parque Nacional.

Se ubica dentro de las siguientes coordenadas planas:

721820,67 longitud Este

9902910,94 latitud Sur

Componente Físico

Geología

Características geológicas

Las Islas del archipiélago Galápagos están geográficamente ubicadas entre los 89° 15' y 92° de longitud Oeste y entre los 1° 40' de latitud Norte y 1° 25' de latitud Sur. Se formaron hace unos 4 o 5 millones de años como resultado de erupciones volcánicas, emergiendo de la superficie del océano. Las islas se originaron como resultado de la actividad de un *Punto Caliente*⁵, éstas siguen un modelo en cadena en donde las más antiguas se encuentran al Este, mientras que las más jóvenes se encuentran al Oeste.

Las vertientes externas de la isla Isabela están construidas por apilamientos sucesivos de lavas emitidos por los grandes volcanes Sierra Negra, Darwin y Wolf, y por depósitos superficiales terrígenos areno-gravillosos.

Los derrames de lava son de tipos "A'A'" y "Pahoehoe", el paso de una colada a otra se realiza por abruptos de 2 a 5 m de desnivel y se ve generalmente remarcada por una vegetación arbustiva a arbórea más densa; las lavas tipo "A'A'" tienen estructura vesicular, se presentan formando cantos, bloques angulosos y escamas; las lavas tipo "Pahoehoe" se presentan masivas y con fracturas producto del enfriamiento de la roca, que generan las denominadas grietas. En el área de influencia del proyecto, existen depósitos terrígenos de textura arenosa a gravillosa, éstos varían desde tonalidades claras a oscuras.

Sismología

Según Dirección General de Defensa Civil y Escuela Politécnica del Ejército, el área de estudio se localiza en la denominada *Zona F*, la que se caracteriza por presentar sismicidad muy alta con sismos superficiales.

⁵ Se refiere a una región volcánica que está fuera del límite de una placa, la mayoría de los puntos calientes se forman a partir de rocas que flotan desde las profundidades del manto de la Tierra, en una pluma térmica, éstos pueden formar una cadena de islas conocidas como "arco de islas".

Figura 6.3 de Mapa de magnitudes sísmicas.

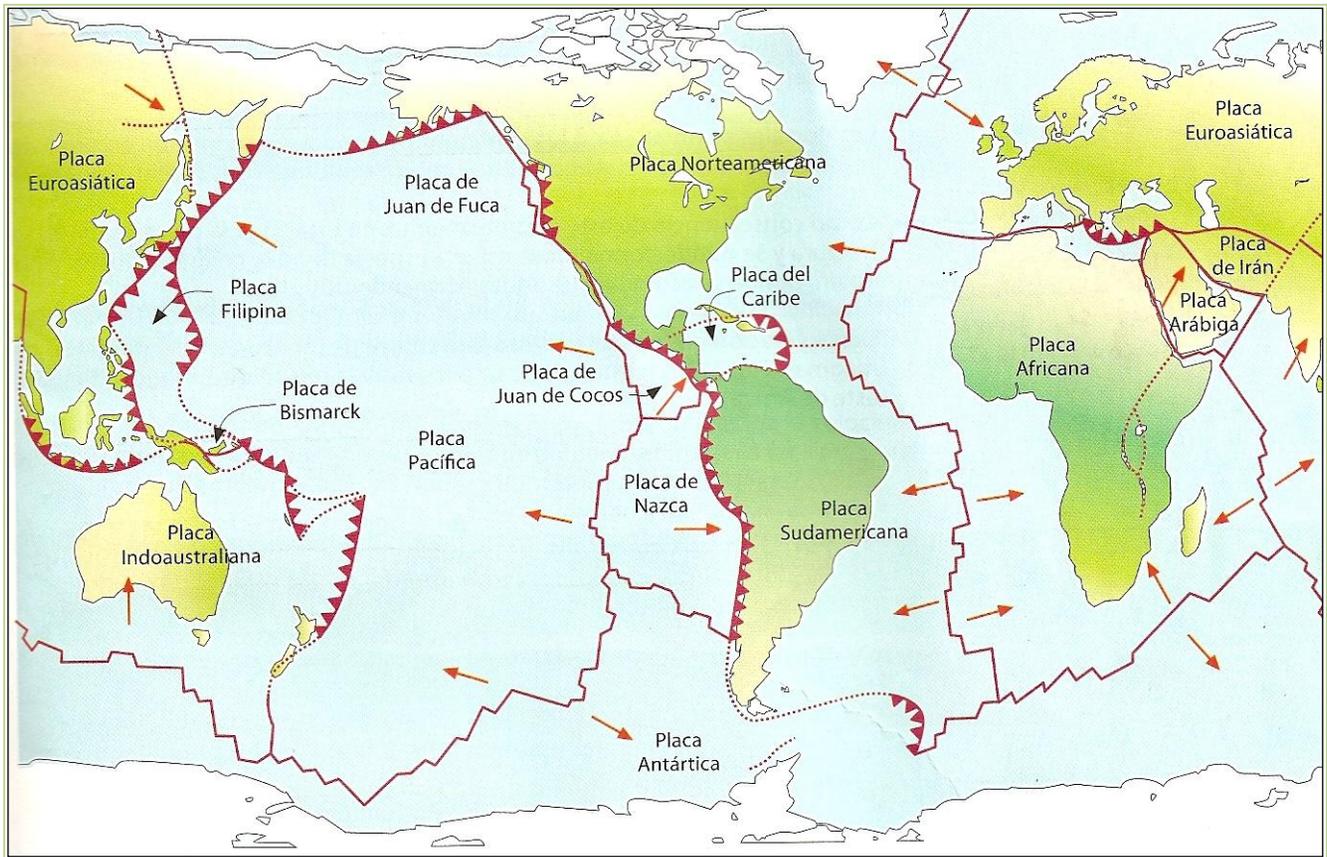


Figura 6.4. Mapa de placas tectónicas.



Figura 6.5. Mapa de anillo de fuego del Pacífico.

Los rasgos tectónicos principales de la isla Isabela, con dirección N70°E que coinciden con la alineación del Cerro Azul y el volcán Sierra Negra, otro rasgo tectónico principal se alinea con los volcanes Wolf, Darwin y Alcedo con rumbo preferencial N30°O.

Geomorfología

Para la clasificación de las unidades geomorfológicas, se utilizó el sistema de clasificación discrecional que define: regiones y paisajes geomorfológicos.

La geomorfología⁶ dominante (figuras 6.6, 6.7, 6.8, 6.9, 6.10) es de “*Relieves de los flancos de los volcanes escudos*”, con derrames lávicos de la fase antigua de la construcción de los volcanes; la unidad geomorfológica dominante flancos inferiores con relieves suaves, muy poco disectados, cobertura vegetal total a muy generalizada planos con pendientes menores al 15%.



Figura 6.6. Foto Satelital (tomada desde el Oeste) de la isla Isabela Galápagos, la mayor del archipiélago. Obsérvese su forma de “caballito de mar”, cuya cabeza está ubicada en el Norte, mirando hacia el Oeste.

⁶ PRONAREG-INGALA, Mapa Geomorfológico de Isabela Sur

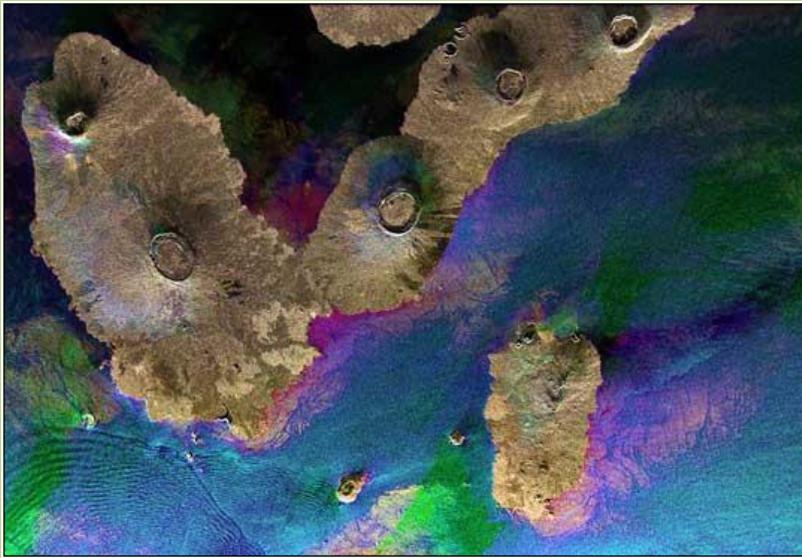


Figura 6.7 Mapas de los volcanes (de izquierda a derecha) Cerro Azul, Sierra Negra, Alcedo, Darwin y Wolf de la Isla Isabela.



Figura 6.8. De izquierda a derecha: Volcanes Ecuador (que dibuja la “boca” del “caballito de mar”), Wolf, Darwin y Alcedo de la Isla Isabela.



Figura 6.9. Volcanes (triángulos) y asentamientos urbanos y rurales (círculos rojos).

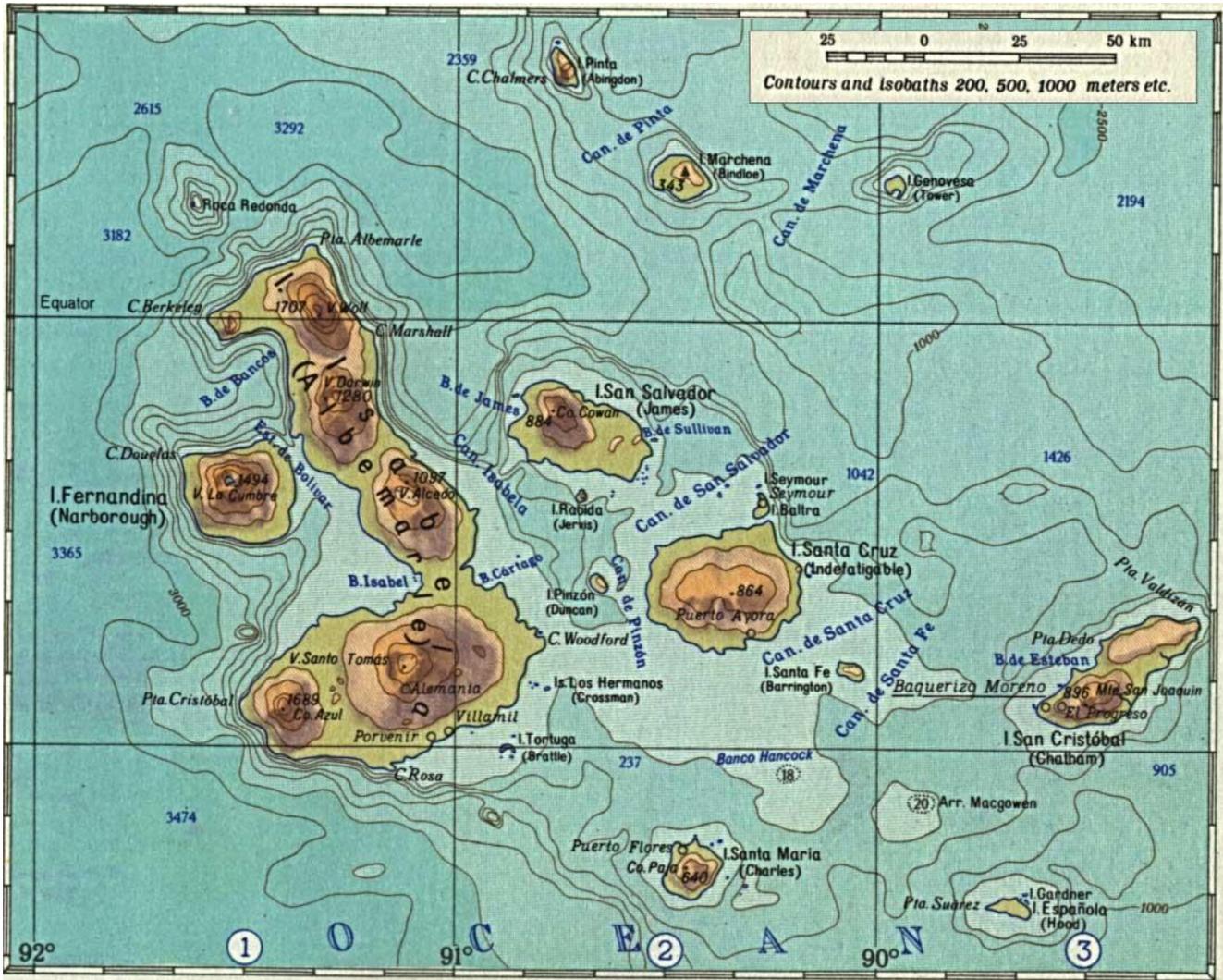


Figura 6.10. Mapa de alturas y profundidades de las Islas Galápagos.

Hidrogeología

En el estudio de D’Ozouville, Noemí⁷ se indica que “...anualmente la evaporación en la parte alta puede representar más del 50% de la lluvia. De la precipitación restante, la infiltración es el proceso de recarga dominante, representando entre el 75% al 90% del total disponible. Se encontró que la recarga ocurre en las partes altas por encima de los 400 m de elevación durante la temporada de garúa (junio a diciembre) y ocasionalmente en todas las altitudes durante la temporada de lluvias fuertes, también llamada temporada caliente (enero a marzo)”.

⁷ Parque Nacional Galápagos [PNG] Agua viva: investigaciones sobre un elemento elusivo. pp36-40.

La misma autora manifiesta “*parece que los acuíferos se forman dentro del basalto altamente fisurado, y el flujo ocurre en contactos estratigráficos entre las capas permeables e impermeables*”

La característica de la unidad litológica que conforma la formación geológica que aflora en el área, posee un grado de permeabilidad media y de porosidad intergranular. Los suelos no constituyen unidades hidrogeológicas de interés. No se registraron evidencias de escorrentías superficiales.

Geotecnia

La clasificación geotécnica determina que los suelos conglomerados (terrígenos con presencia de piedra), como el que caracteriza a la zona de localización del proyecto, se consideran como buenos o favorables para la construcción de obras civiles de pequeña envergadura, tal como lo requiere la implementación de este proyecto.; en consecuencia, siendo este un indicador tanto del uso potencial como de las limitaciones de los suelos, esa clasificación abona a favor de considerar que hay un bajo riesgo para la estabilidad de las construcciones (D’ercole & Trujillo, 2003). Ecuador tiene un conjunto de características físicas que condicionan el advenimiento de las amenazas naturales (Demoraes & D’ercole, 2001). Entre las más importantes en las islas Galápagos se mencionan:

- Localización en la zona de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana.
- Ubicación ecuatorial a la orilla del océano Pacífico (fenómeno El Niño).

La primera tiene que ver con riesgos de carácter geofísico como los terremotos y las erupciones volcánicas, mientras que la segunda con aspectos morfo-climáticos como inundaciones, los movimientos en masa y las sequías.

Riesgos Geofísicos

El riesgo según la UNESCO “*representa la posibilidad de una pérdida que puede afectar a la vida humana, las propiedades o la capacidad productiva*”.

El “*Análisis de Riesgos*”, trata de cuantificar la información correlacionando la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos con la probabilidad de consecuencias indeseables. La ecuación básica de riesgo considera dos parámetros principales: la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y las pérdidas socioeconómicas asociadas, de este modo para el análisis de riesgos naturales cualitativos⁸ :

$$R = F \times C$$

⁸ Ogura Agostinho et. al. *Procesos y Riesgos Geológicos*, p. 116

Donde:

R = riesgo,

F = frecuencia de ocurrencia (probabilidad),

C = consecuencias

Sismicidad y riesgos sísmicos

De acuerdo al mapa de Zonificación Sísmica del Ecuador, del Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2000, la isla Isabela se localiza en la Zona Sísmica III, el valor máximo de la aceleración de la gravedad del terreno (Z) tiene un valor de 0,30g, considerando una vida útil de la estructura de 50 años.

En caso de un terremoto los impactos potenciales son los siguientes:

- Destrucción parcial de obras de infraestructura
- Suspensión temporal de servicios de básicos
- Destrucción parcial de vialidad

Para establecer el nivel de riesgo se han considerado los siguientes parámetros:

- Cantidad de sismos registrados
- Intensidad y/o magnitud máxima
- Costos materiales y de vidas humanas
- Determinación de presencia de fallas activas

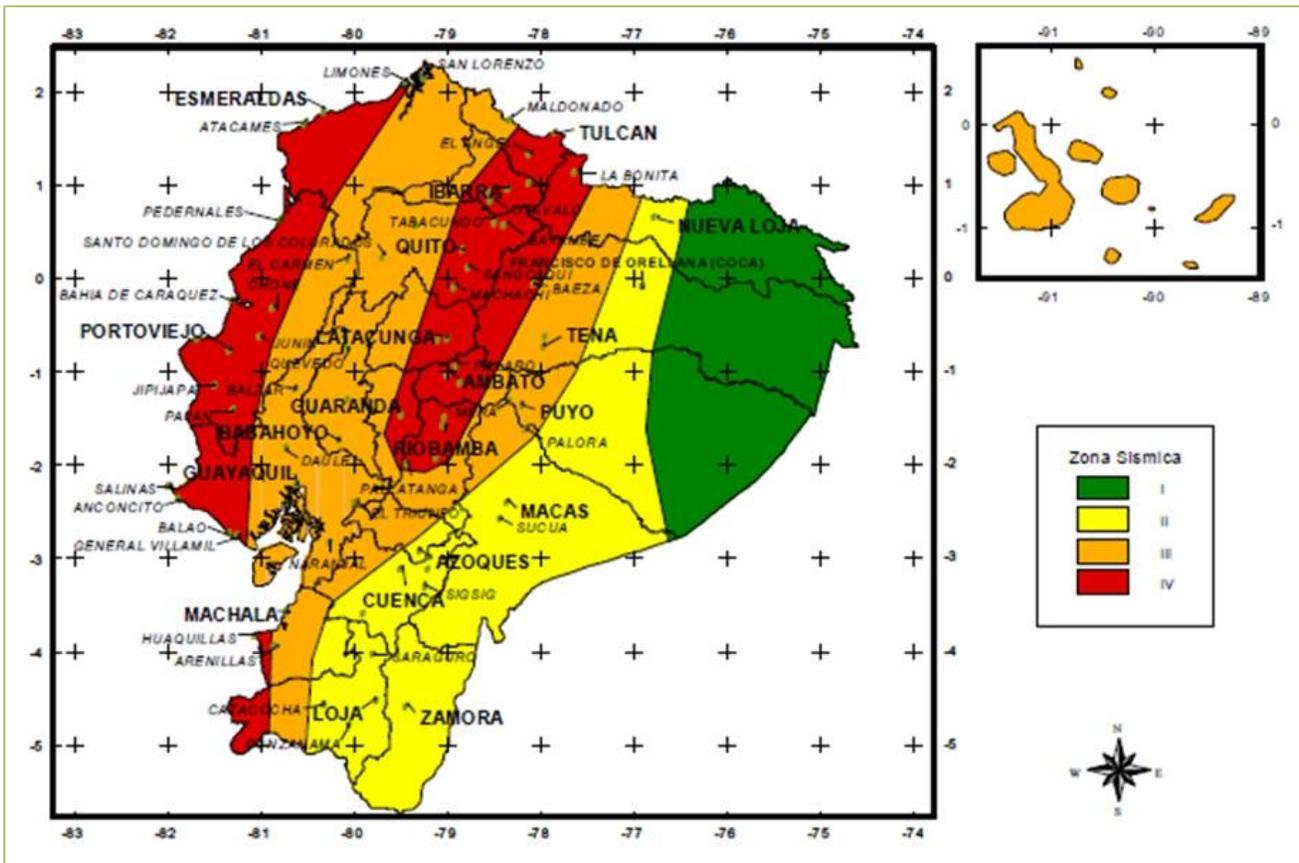


Figura 6.11. Mapa de zonificación sísmica de Ecuador (tomado del Código Ecuatoriano de la Construcción CEC-2000).

Según esto y la información recogida en la zona del proyecto el riesgo sísmico es bajo.

Volcanismo y riesgo volcánico

El volcán Sierra Negra es el más grande y el más activo de todo Galápagos y está relativamente cerca al área del proyecto, registra 10 erupciones desde 1813 y la última se produjo en 2005. Se reporta un período de retorno de las erupciones de aproximadamente 20 años.

El riesgo se ha definido en base a las siguientes consideraciones:

- Probabilidad de ocurrencia
- Consecuencias sobre la infraestructura del proyecto.

En el primer caso es poco probable que ocurra una nueva erupción en el corto plazo y en el otro, debido a la distancia, a las características no explosivas de las erupciones y a que los flujos de lava no se dirigirían hacia el área del proyecto, se concluye que el riesgo volcánico es bajo.

Riesgo morfoclimático

Inundaciones y riesgo por inundaciones

Durante los fenómenos El Niño la costa de la isla Isabela ha sufrido inundaciones, en la parte alta se han registrado fuertes precipitaciones, es así que en 1983 en el cráter del volcán Cerro Azul se formó un gran lago.

La infraestructura del proyecto se localiza en zonas altas y de pendiente media a baja. De igual modo el suelo, como se expuso anteriormente, presenta un grado de impermeabilidad media, por lo que el riesgo de inundaciones es bajo.

Riesgo de movimientos en masa

La probabilidad de ocurrencia de este fenómeno natural destructivo es bajo debido a que en el área no se observan evidencias de fenómenos geo dinámicos, ni aún en las áreas aledañas donde la cobertura vegetal ha sido removida o cubierta con basura, único efecto antrópico que ha generado cambios rápidos sobre el terreno.

Suelos

Para la caracterización de los suelos en el área del proyecto propuesto se utilizó la información disponible generada por el PRONAREG-MAG e INGALA (1989).

Para la clasificación de los suelos de la zona de estudio se utilizó el Sistema Norteamericano Soil Taxonomy (USDA, 1975). Este sistema se basa primordialmente en la morfología de los suelos, descrita en términos de sus horizontes (horizontes diagnósticos).

Aprovechando varios cortes naturales e inducidos, se midieron y describieron los espesores de los horizontes del suelo del área de estudio.

El tipo de suelo en un sitio determinado está condicionado por la interacción entre el material parental, el clima, la morfología, la biota y el tiempo; a estos factores naturales se agrega la influencia antrópica que en el caso del área del proyecto tiene una influencia puntual.

Los suelos son *lithic* color pardo a oscuro, de textura gruesa compuesto de grava y arena con un bajo porcentaje de finos (inferior al 10%), con raíces y moderadamente permeables, la profundidad alcanza los 50 cm., soportan la vegetación arbustiva que es la que aporta materia orgánica.

Según los datos aportados por Ing. Alam E. Romero Ordoñez en el marco de “Recomendaciones para el manejo del botadero de basura sector El Mango” 2009; el suelo de los flancos intermedios posee cobertura continua de lapillis, lithic y Vitrandepts.

La zona presenta suelos de color pardo rojizo, de textura franco arenosa con pocos lapillis. Del Norte al Sur se observa un aumento del porcentaje de lapillis lo que induce una diferenciación textural en dos variantes:

- ✓ Suelos de textura franco arenosa fina
- ✓ Suelos de textura franco arenosa media con mayor contenido de grava.

Sobre las características químicas, el intercambio catiónico es mayor a 24 meq/100g, la tasa de saturación de bases es menor al 30% y el pH es ácido (5.5 a 6.0). La fertilidad está a nivel medio.

Climatología

Los datos de climatología son procesados de informes y publicaciones disponibles del archipiélago y de la isla Isabela.

De acuerdo a Noemí D’Ozouville⁹, *“si bien las islas están situadas en el Ecuador, el archipiélago tiene un clima relativamente frío y seco debido a la influencia de los vientos Alisios del SE, los cuales alternan con la corriente fría de Humboldt y el afloramiento de la corriente de Cromwell en el borde occidental.*

Unos pocos meses al año tienen clima húmedo y lluvioso debido a la Zona de Convergencia Inter Tropical que se mueve desde el sur hacia el Ecuador y por ende más cerca de las islas”.

Temperatura

La temporada más calurosa y de lluvias ocurre generalmente de diciembre a abril con una temperatura promedio mínima de 22°C y máxima de 31°C; la temporada de “frío” va de mayo a noviembre, con temperaturas promedio mínimas de 16°C y máximas de 27°C¹⁰.

⁹ PNG. Op.cit. p. 37

¹⁰ INGALA; Consejo de Gobierno de Galápagos

Precipitaciones

Las precipitaciones en las islas Galápagos son irregulares y tienen relación directa con la altura, en la parte baja con un clima dominante árido la precipitación media anual oscila entre 240 y 400 mm, a la altitud de 300 m en la isla Floreana, por ejemplo, la precipitación media anual es del orden de 750 mm, en la isla San Cristóbal a la altitud de 400 metros la precipitación media anual es de 1.700 mm¹¹.

Existen lluvias intensas asociadas a fenómeno de El Niño, en los años 1982 a 1983 se registró una precipitación total en la isla de 2.500 mm/año¹².

Hidrología

Las vertientes sur del volcán Sierra Negra es el primer obstáculo a los vientos dominantes, lo que genera una mayor humedad en esta vertiente constituyéndose en la fuente de aporte del agua dulce que fluye en sentido S y SE¹³. Según el Mapa de rendimiento hídrico de Ecuador Figura 6.12. Isabela Sur en los flacos S y SE del volcán Sierra Negra se tienen pozos de almacenamiento superficial entre los que se puede mencionar las pozas del Cura, Infiernillo, de los Boliches y Buenazo; en el mismo mapa se observa drenajes intermitentes que corren en sentido norte-sur, el agua fluye en la estación lluviosa. Noemí d'Ozouville¹⁴ determina que el año hidrológico en Galápagos, se da desde el inicio de junio, con la garúa y termina en mayo, luego de dos de los meses más secos del año. Tanto en el mapa topográfico del área del proyecto, como en los recorridos de observación no se observa drenajes permanentes, pero si rasgos morfológicos de cursos de agua de invierno.

¹¹ [http: www.unesdoc.unesco.org](http://www.unesdoc.unesco.org)

¹² CEPAL

¹³ Winckell ob. cit. p. 384

¹⁴ PNG, ob.cit. p 39

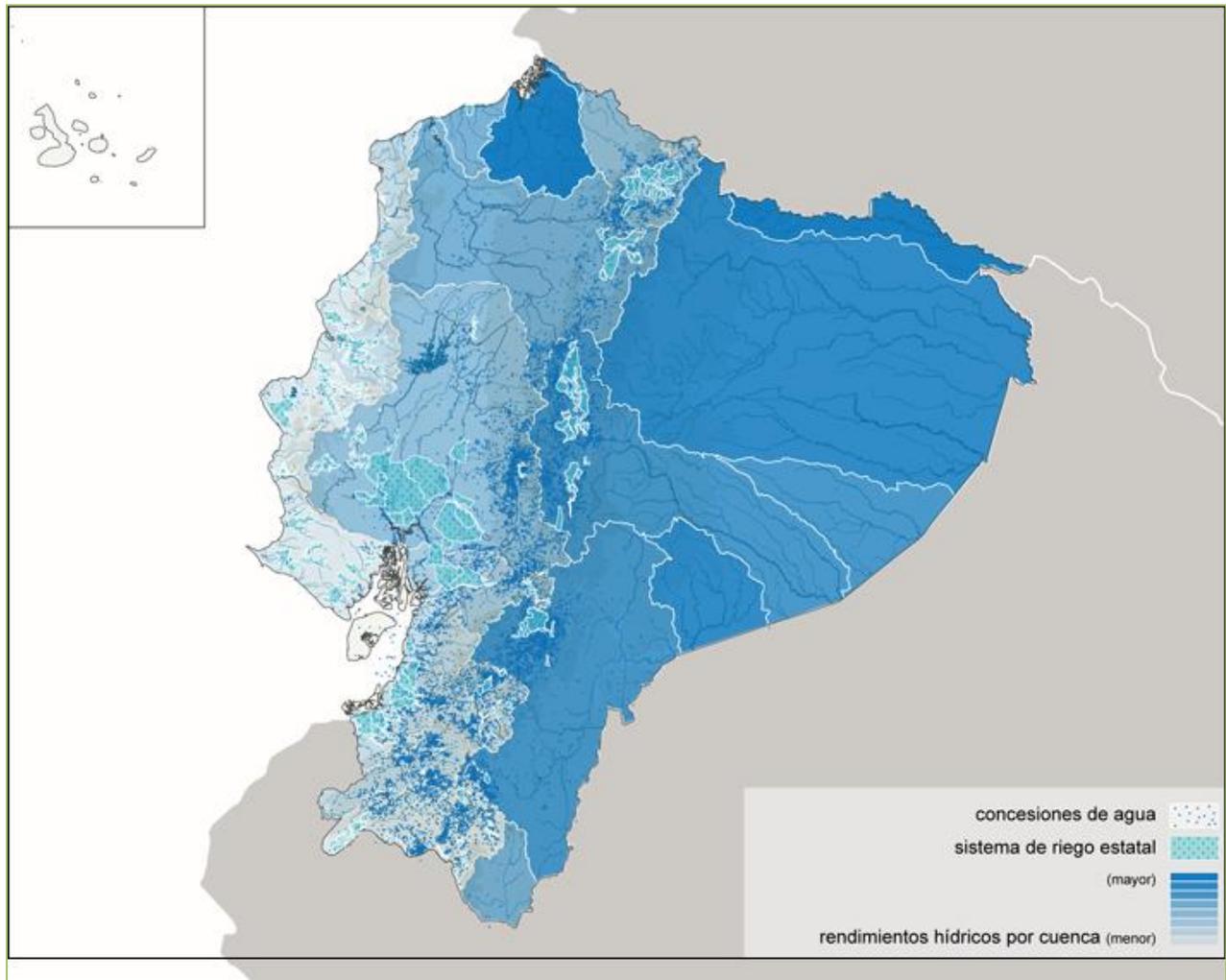


Figura 6.12. Recursos hídricos de Ecuador continental e insular. Obsérvese que todo el archipiélago Galápagos es el de menor rendimiento hídrico.

Componente Biótico

De acuerdo a la bibliografía oportunamente consultada y citada (Atkinson et al., 2009; Fundación Charles Darwin. Lista de especies de Galápagos) para identificar el componente biótico del área donde se instalará el Centro de Gestión de RSU (CGRSU) propuesto en el presente proyecto, se registraron datos de presencia y ausencia, frecuencia, densidad, cobertura, a través de transectas, observaciones directas y recopilación de información secundaria. Se determinó el hábito, origen y el estado de cada especie según las categorías de la UICN (2000).

Características ecológicas

De acuerdo a la clasificación de Holdridge (1978), la región insular, debido a factores climáticos muy locales, se corresponde con la zona de vida denominada Bosque Seco Premontano (*b.s.PM*). La rápida sucesión de vegetación que ocurre desde la costa hasta la parte alta de las islas ha llevado a proponer a algunos autores que se opte por una clasificación en base a Zonas de Vegetación. Así:

- La Zona Litoral (0-10 msnm) cuya flora representativa comprende entre otras a *Cryptocarpus pyriformis*;
- La Zona Árida (10-50 msnm), dominada por árboles deciduos;
- La zona de Transición (50-200 msnm), que es en la cual se localiza el área del proyecto, que es intermedia entre la Zona Árida y la de Scalesia, comprende especies de ambas zonas pero en menores cantidades (ECOLAP y MAE. 2007).

Flora

Metodología y área de estudio

El área destinada para la construcción del Centro de Reciclaje (CR) que formará parte del CGRSU en la isla Isabela, se encuentra en el área conocida como “El Mango” a 120 msnm, aproximadamente a 11 Km de Puerto Villamil, cuya superficie estimada es de 6 hectáreas. Se encuentra en la zona vegetal de transición con una cubierta arbustiva y arbórea semicerrada, mientras que la cubierta herbácea fue cerrada principalmente por la presencia de *Ipomoea alba*.

Con el propósito de determinar la presencia, la frecuencia, la densidad poblacional de especies y el porcentaje de cobertura vegetal, Romero (2009) estableció 5 transectas de 200 m² (2 x 100 m). Además se realizaron observaciones directas de la fauna durante 30 minutos a lo largo de cada transecta. En base a los registros de presencia de especies se determinó el número y la frecuencia de especies. El porcentaje de cobertura vegetal estratificada permitió tener una apreciación de la cubierta arbórea, arbustiva y herbácea en la zona estudiada.

La densidad poblacional se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{\text{No. Individuos especie}}{\text{Total área muestreada}}$$

La frecuencia se calculó en base a la siguiente fórmula: $f_i = j_i/k$

En donde f_i es la frecuencia de una especie; j_i es el número de puntos de muestreo en los cuales se contó la especie, y k es el número total de puntos muestreados

Se tomaron datos georreferenciales de los lugares de interés biótico y abiótico, en el sector denominado “El Mango”, ubicado aproximadamente a 11 Km de Puerto Villamil, a un costado de la carretera que conduce a Tomás de Berlanga, en la isla Isabela, provincia de Galápagos.

La determinación de las especies de plantas realizada por Romero (2009) también se basó en los documentos Flora de Galápagos (Wiggins & Porter 1971), The Flowering Plants (McMullen, 1999), en el Manual de Botánica Ecuatoriana, Sistemática y Métodos de Estudio (Cerón, 1993) y Manual de especies nativas y endémicas de Galápagos (Aldaz, 2008).

Para la determinación de la fauna se utilizó La Guía Natural de Galápagos (Jackson, 1985) y Peck (1990).

También se consultó el documento Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre de CITES (2008).

Registro de flora

Los registros de la composición florística del sitio “El Mango”, isla Isabela se presentan en la tabla 6.1. Indica la familia taxonómica, el nombre científico, nombre común, el hábito, el origen: nativo (Na), endémico (En) e introducido (In).

Tabla 6.1. Flora presente en el sitio “El Mango”, Isla Isabela (Septiembre de 2009). Adaptado del documento EIA Centro reciclaje para el cantón Isabela.

Familia	Nombre Científico	Nombre Común	Hábito	Origen
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus spinosus</i>		Hierba	In
ASTERACEAE	<i>Bidens pilosa</i>	amor seco	Hierba	Na
ACANTHACEAE	<i>Blechnum pyramidatum</i>		Hierba	Na
NYCTAGINACEAE	<i>Boerhaavia caribaea</i>	Boerhaavia	Hierba	Na
SCROPHULARIACEAE	<i>Capraria peruviana</i>	Capraria suave	Hierba	Na
CARICACEAE	<i>Carica papaya</i>	Papaya	Arbusto	In
EUPHORBIACEAE	<i>Chamaesyce ophthalmica</i>		Hierba	In
RUBIACEAE	<i>Chiococca alba</i>	Espuela de gallo	Arbusto	Na
CUCURBITACEAE	<i>Citrulus vulgaris</i>	Sandía	Hierba	In
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum molle</i>	Rodilla de caballo	Arbusto	Na
NYCTAGINACEAE	<i>Commicarpus tuberosus</i>		Hierba	Na

BORAGINACEAE	<i>Cordia leucophlyctis</i>		Arbusto	En
FABACEAE	<i>Crotalaria incana var incana</i>		Hierba	Na
EUPHORBIACEAE	<i>Croton scouleri</i>		Hierba	En
CYPERACEAE	<i>Cyperus ligularis</i>		Hierba	Na
MALVACEAE	<i>Gossypium darwinii</i>	Algodoncillo	Arbusto	En
BORAGINACEAE	<i>Heliotropium angiospermum</i>	Cola de escorpión	Hierba	Na
EUPHORBIACEAE	<i>Hippomane mancinella</i>	Manzanillo	Arbusto	Na
MIMOSACEAE	<i>Inga edulis</i>	Guaba	Arbusto	In
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomoea alba</i>	Flor de la mañana	Hierba	Na
CRASSULACEAE	<i>Kalanchoe pinnata</i>	Hoja del aire	Hierba	In
VERBENACEAE	<i>Lantana peduncularis</i>	lantana endémica	Arbusto	En
LOASACEAE	<i>Mentzelia aspera</i>	Hierba pega pega	Hierba	Na
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora edulis</i>	Maracuyá	Hierba	In
POACEAE	<i>Pennisetum purpureum</i>	Pasto elefante	Hierba	In
VISCACEAE	<i>Phoradendron henslowii</i>	Muesca	Hierba	En
NYCTAGINACEAE	<i>Pisonia floribunda</i>	Pega pega Arbusto	Hierba	En
PLUMBAGINACEAE	<i>Plumbago scandens</i>	Plunbago	Hierba	Na
PORTULACACEAE	<i>Portulaca oleracea</i>	Verdolaga	Hierba	Na
VERBENACEAE	<i>Priva lappulacea</i>	Pegadilla	Hierba	In
MYRTACEAE	<i>Psidium galapageium</i>	Guayabillo	Arbusto	En
EUPHORBIACEAE	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Arbusto	In
SAPINDACEAE	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	Arbusto	Na
SOLANACEAE	<i>Solanum americanum</i>	Hierba mora	Hierba	Na
SOLANACEAE	<i>Solanum cheesmanie</i>	Tomatillo	Hierba	En
SOLANACEAE	<i>Solanum erianthum</i>		Arbusto	Na
SOLANACEAE	<i>Solanum quitoense</i>	Naranjilla	Arbusto	In
COMBRETACEAE	<i>Terminalia catapa</i>	Almendro	Arbusto	In
BORAGINACEAE	<i>Tournefortia psilostachya</i>	Palito negro	Arbusto	Na
BORAGINACEAE	<i>Tournefortia pubescens</i>		Arbusto	En
TILIACEAE	<i>Triumfetta semitriloba</i>		Hierba	Na
APOCYNACEAE	<i>Vallesia glabra</i>	Peralillo	Arbusto	Na
FABACEAE	<i>Vigna luteola</i>		Hierba	Na
STERCULIACEAE	<i>Waltheria ovata</i>	Palito negro	Arbusto	Na
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum fagara</i>	Uña de gato	Arbusto	Na

In: introducido/a Na: nativo/a. En: endémico/a.

* La determinación taxonómica fue tomada del Libro The Flowering and Plants of Galápagos Island; (Mc Mullen, 1999).

Composición florística

La composición florística de la zona de “El Mango” indica que las familias Boraginaceae y Euphorbiaceae son las que tienen un número mayor de especies (4). Se registró un total de 45 especies, de las que 24 son nativas, 9 endémicas y 12 introducidas. Por otro lado, según el estrato vegetal, 25 corresponden al herbáceo, 13 al arbustivo y 7 al arbóreo. De las especies endémicas solamente *Psidium galapageium* (nv. Guayabillo) se encuentra en un estado vulnerable.

Las especies introducidas consideradas como invasivas que se reportan en este sitio son: *Ricinus communis* (n.v. Higuera), *Passiflora edulis* (n.v. Maracuyá) y *Pseudelephantopus spiralis* (n.v. Falso pie de Elefante), de las que la primera fue la predominante, con una cobertura de 64%; se calcula que existen 620 individuos/Ha.

Dentro del estrato herbáceo, que es superior en porcentaje de cobertura respecto del arbustivo y el arbóreo, sobresale *Ipomoea alba* (n.v. Flor de la mañana), cuyo origen es nativo, con una amplia cobertura (71,5%), estuvo presente en todas las transectas. Esta especie cubría la vegetación arbustiva, imposibilitando el fácil acceso para la instalación de las transectas, el número de individuos de esta especie es difícil de determinar debido a que esta planta es liana trepadora. El mayor número de individuos de éste estrato vegetal, fue *Portulaca oleracea* (n.v. Verdolaga) con 139 plantas, sin embargo su cobertura fue baja (11%) y ocurrió en 4 puntos de muestreo.

Entre las especies arbustivas, la nativa *Clerodendrum molle* (n.v. Rodilla de caballo) y la introducida invasiva *Ricinus communis* (n.v. Higuera) (62% y 64%, respectivamente). La densidad de la primera especie es de 130 individuos/Ha, es relativamente frecuente, se encontró en 3 sitios de muestreo. También se detectó la predominancia de *Ipomoea alba* (n.v. Flor de la mañana) sobre la vegetación arbórea y arbustiva en la zona de “El Mango” (isla Isabela, agosto de 2010).

Fauna

Según ECOLAP/USFQ y ECOCIENCIA, (2002), Granizo et al. (2002) y Tirira (2011), algunos representantes de la fauna de aves en la zona de transición son: *Nesomimus parvulatus* (n.v. cucuve), *Buteo galapagoensis* (n.v. gavián de Galápagos, que también se encuentra en la zona alta), *Camarhynchus pallidus* (n.v. pinzón carpintero), y las especies de pinzón ya mencionadas para la zona árida, *Pyrocephalus rubinus nanus* (n.v. pájaro brujo), lechuza negra, *Tyto alba* (n.v. lechuza de campanario) y *Crotophaga ani* (n.v. garrapatero).

Se estima que en el botadero de basura existen las siguientes especies de animales (Tabla 6.2.):

Tabla 6.2. Fauna presente en el área del Botadero de basura, Isabela (septiembre de 2010), adaptado de ECOLAP/USFQ y ECOCIENCIA (2002) y de Swash & Still (2006).

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Grupo taxonómico	Origen
ARDEIDAE	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Bueyera	Ave	In
CUCULIDAE	<i>Coccyzus melagoryphus</i>	Cuclillo	Ave	Na
CUCULIDAE	<i>Crotophaga ani</i>	Garrapatero	Ave	In
LEPIDOPTERIDAE	<i>Danaus gilippus</i>	Mariposa reina	Insecto	In
PARULIDAE	<i>Dendroica petechia</i>	Canario María	Ave	Na
FELIDAE	<i>Felis catus</i>	Gatos	Mamífero	In
ARACHNIDAE	<i>Gasteracantha servillei</i>	Araña	Insecto	Na
FRINGILLIDAE	<i>Geospiza fortis</i>	Pinzón terrestre mediano	Ave	En
FRINGILLIDAE	<i>Geospiza magnirostris</i>	Pinzón terrestre grande	Ave	En
FRINGILLIDAE	<i>Geospiza fuliginosa</i>	Pinzón de Galápagos	Ave	En
FRINGILLIDAE	<i>Geospiza scandens</i>	Pinzón de Cactus	Ave	En
TROPIDURIDAE	<i>Microlophus albermalensis</i>	Lagartija de lava	Reptil	En
MUSCIDAE	<i>Musca domestica</i>	Mosca común	Insectos	In
TYRANNIDAE	<i>Myiarchus magnirostris</i>	Papamoscas	Ave	En
MIMIDAE	<i>Mimus parvulus</i>	Cucuve	Ave	En
HYMENOPTERA	<i>Polistes versicolor</i>	Avispa	Insectos	In
MURIDAE	<i>Rattus rattus</i>	Ratas negras	Mamíferos	In
FORMICIDAE	<i>Solenopsis geminata</i>	Hormiga negra	Insectos	In
ESTRIGIDAE	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de campanario	Ave	En
FIRMICIDAE	<i>Wasmania auropuntata</i>	Hormiga colorada	Insecto	In
PHASIANIDAE	<i>Gallus gallus</i>	Gallinas domésticas	Ave	In
ACCIPITRIDAE	<i>Buteo galapagoensis</i>	Gavilán de Galápagos	Ave	En
ARDEIDAE	<i>Cosmerodius albus</i>	Garza Blanca	Ave	In
SUIDOS	<i>Sus scrofa</i>	Cerdo	Mamífero	In
MURIDAE	<i>Mus musculus</i>	Ratón	Mamífero	In

In: introducido/a Na: nativo/a. En: endémico/a.

VII. Estudios Antecedentes

DOCUMENTO	RESUMEN
<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCION, OPERACIÓN Y CIERRE DEL PROYECTO “CENTRO DE RECICLAJE PARA EL CANTON ISABELA” Puerto Villamil, enero de 2011. FUNDAR-Galápagos</p>	<p>Se explica, que la Isla Isabela no cuenta con un sistema de tratamiento de residuos apropiados.</p> <p>El municipio ha trabajado en algunas acciones que han ayudado a solucionar el problema dentro de la zona del botadero de basura, esto hace que sea viable la ejecución de un proyecto de manipulación de residuos sólidos en base a una clasificación diferenciada en origen y un tratamiento adecuado en planta.</p> <p>Se elaboró un EIA. y el Plan de Manejo Ambiental para el proyecto de un centro de Reciclaje en la Isla Isabela, para su posterior obtención de la Licencia Ambiental que emite el Ministerio del Ambiente.</p>
<p>INFORME GALÁPAGOS 2006 – 2007 Parque Nacional Galápagos Fundación Charles Darwin Instituto Nacional Galápagos</p>	<p>Las instituciones en Galápagos tienen la responsabilidad de proveer información sólida y objetiva a la comunidad y a los actores gestores de decisiones en las islas. Dicha información les permitirá tomar decisiones adecuadas.</p> <p>Este Informe tiene como base conceptual un modelo de socioecosistema que comprende diversos ámbitos y vínculos. Los sistemas abarcan aspectos de orden social, como el turismo, la pesca, la gobernabilidad y la educación, los cuales generan decisiones y acciones que definen el flujo y estado de los recursos críticos, tanto socio-económicos y culturales como biofísicos.</p> <p>Aporta datos sobre especies vegetales.</p> <p>Explica la gravedad de las especies introducidas</p>
<p>PLAN DE MANEJO DE DESECHOS PARA LAS ISLAS GALÁPAGOS Marzo 2010 WWF</p>	<p>El crecimiento tanto en el turismo como en la población ha impactado severamente a las islas, incluyendo la introducción de especies invasoras y mayor presión en los recursos naturales desde la agricultura hasta la pesca.</p>

	<p>Se registra un incremento en la demanda de infraestructura, bienes y servicios. Esto ha llevado a niveles insostenibles de consumo de agua y electricidad; contaminación del aire, suelo, y agua; problemas de salud pública, entre otros.</p> <p>Actualmente, una de las amenazas ambientales más críticas es la creciente generación de desechos e inadecuadas prácticas de manejo de desechos.</p> <p>Estas amenazas afectan no solamente a las áreas terrestres de las islas habitadas sino también a los ecosistemas únicos de las islas no habitadas y a los frágiles ecosistemas marinos.</p>
<p>INFORME GALÁPAGOS 2011-2012 DPNG, CGREG, FCD y GC. 2013. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.</p>	<p>Compendio de análisis científico y social, diseñado para estimular una discusión convincente, sobre las políticas públicas que contribuyan a proteger a los ecosistemas de Galápagos, su biodiversidad, y promuevan el bienestar ciudadano.</p> <p>Los artículos presentados en esta edición, reflejan un rango de disciplinas y opiniones sobre áreas generales de los sistemas humanos, turismo, manejo marino, biodiversidad y la restauración de ecosistemas. Además en esta edición, dos artículos plantean el marco para establecer una iniciativa de manejo del conocimiento y un programa de ciencia ciudadana para Galápagos.</p>
<p>HISTORIA DE LAS RELACIONES Y ELEMENTOS DE LA REPRODUCCION SOCIAL AGRARIA EN GALAPAGOS Producto 2 del PROYECTO ECU/00/G31 “ESPECIES INVASORAS DE LAS GALÁPAGOS” Puerto Ayora, 07-07-2006 Roberto Chiriboga Samuel Maignan</p>	<p>En este documento se explica cómo empezó la actividad agraria de las Islas GALAPAGOS.</p> <p>En Galápagos la Historia, en su largo cauce que desembocó en una clara orientación por conservar lo máspreciado que es su naturaleza. Pero al mismo paso incurriendo en una lógica de que conservar, no se difundió necesariamente como tarea de todos, pues siendo ello un eje central, hace varios años se habría diseñado e implementado políticas de incorporación real de la población, para hacer de la conservación un</p>

	<p>acto cultural del isleño, lo cual no existe después de 48 años de institucionalizado el PNG1, tampoco después de 42 años de la Estación Charles Darwin, al propiciar la participación social para la conservación total, e investigando acerca de las especies introducidas para reemplazarlas</p>
<p>TRATAMIENTO DE BOTADERO DE BASURA DGAM Septiembre 2009 Ing. Alam E. Romero Ordoñez.</p>	<p>El presente trabajo se trata de adecuar el botadero de basura para poder frenar la contaminación ambiental a fin de brindar un mejor servicio a la población, con seguridad laboral para los obreros.</p> <p>La propuesta técnica viable, está enmarcada en la legislación ambiental vigente.</p>

VIII. Metodologías de producción de compost: Marco teórico y Etapa de prueba

El proceso de compostaje

En la naturaleza se produce de forma lenta pero continua el recambio cíclico de la materia y en términos generales a esta serie de procesos se le denomina *mineralización*.

Con esta técnica, se intenta reproducir en forma parcial y a escala los procesos de la mineralización de la naturaleza, en condiciones controladas que recrean, favorecen y, en ocasiones, aceleran las condiciones naturales de generación del humus.

En términos generales el Compostaje se puede definir como una biotécnica en la cual es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. El compostaje aerobio es un proceso de degradación biológica en donde los microorganismos transforman los compuestos orgánicos mediante reacciones metabólicas, en las que se separan los electrones de los compuestos y se oxidan las estructuras de carbono a dióxido de carbono y agua. Nunca se produce una oxidación completa debido a que una parte del material orgánico se transforma y otra no es biodegradable (Silva V. et al 1999).¹⁵

La fracción orgánica de la mayoría de los RSU se puede considerar compuesta principalmente por proteínas, aminoácidos, lípidos, hidratos de carbono, celulosa, lignina y ceniza.

Si se someten estos materiales orgánicos a la descomposición aerobia microbacteriana el producto final que queda después de cesar casi toda la actividad microbiológica es un material húmico comúnmente conocido como compost. El proceso puede representarse de la forma siguiente (figura 8.1)

¹⁵ Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje; Juan Pablo Silva V.* , Piedad López M*. Pady Valencia A. Escuela de Ingeniería de los Recursos naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. A.A. 25360 Cali-Colombia.

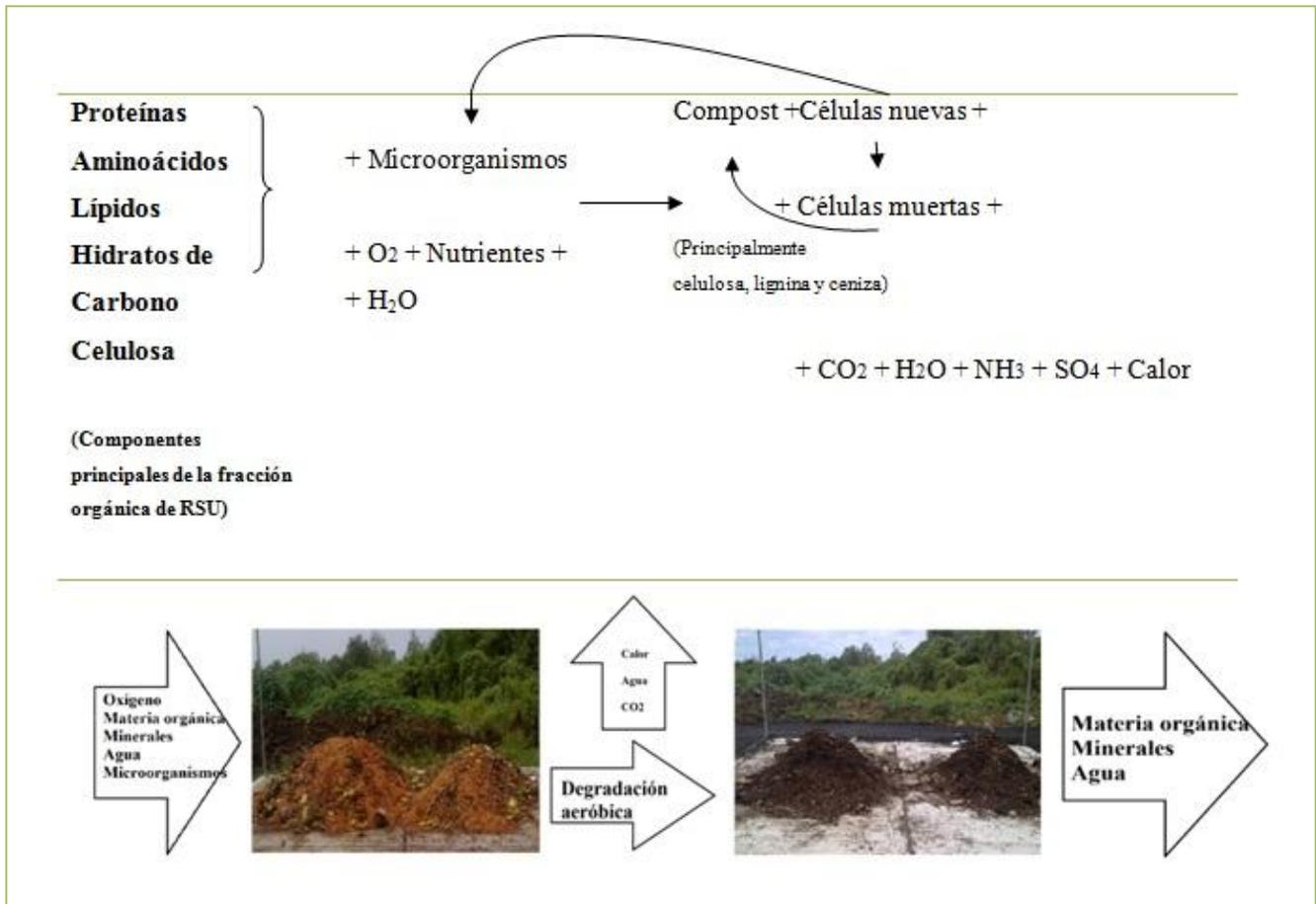


Figura 8.1. Esquema teórico del proceso de compost.

Además de suministrar los nutrientes adecuados, como se muestra en la figura, el proceso requiere de agua para iniciar las reacciones de hidrolisis. Para ello es necesario controlar el porcentaje de humedad. Para ello es común agregar agua a la pila de compostaje hasta conseguir un aspecto de tierra húmeda.

Como se muestra en la figura las nuevas células que se producen (principalmente hongos, bacterias y microfauna) se convierten en parte de la biomasa activa implicada en la conversión de materia orgánica y cuando se mueren se convierten en parte del compost.

Los objetivos generales del compostaje son 1) Transformar materiales orgánicos biodegradables en un material biológicamente estable y en el proceso reducir el volumen original de los residuos, 2) Destruir patógenos, huevos de insectos y otros organismos no deseados que pueden estar presentes en los RSU, 3) Retener el máximo contenido nutricional (nitrógeno, fósforo y potasio), 4) Elaborar un producto que se puede utilizar para aportar al crecimiento de plantas y como enmienda del suelo.

En general las características químicas y físicas del compost varían según la naturaleza del material original, las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo la operación de compostaje y la descomposición.

Cuando se añade compost al suelo se mejora la textura de los mismos, tanto compactos como arenosos, y se incrementa la capacidad de retención de agua en la mayoría de ellos.

La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos.

Este proceso requiere de oxígeno (aeróbico) y agua en cantidad suficiente; genera cierta cantidad de calor (proceso exotérmico), dióxido de carbono (CO_2) y vapor de agua. Los organismos implicados en el proceso son un conjunto de bacterias, hongos y microfauna.

El compostaje se asemeja a una sucesión ecológica, en la cual primero hay ciertos organismos que son paulatinamente reemplazados por otros y éstos, a su vez, sucesivamente por otros hasta el agotamiento de todos los nutrientes básicos. Al finalizar el proceso, el producto es estable y puede almacenarse largo tiempo sin perder sus propiedades.

El compost es un mejorador del suelo porque favorece el desarrollo de sus funciones. Al ser la versión acelerada y controlada del humus (o de los suelos con alta carga orgánica), requiere un control que permita elaborar un producto que no dañe al ambiente.

Una pila de compost se calienta rápidamente debido al calor generado por la actividad biológica de los microorganismos. Es común que en pocos días se alcancen temperaturas sobre los 40°C . A esta temperatura solamente los microorganismos termófilos (desarrollo óptimo a altas temperaturas) siguen degradando la materia orgánica. Cuando se consume el oxígeno y los nutrientes, se desacelera la actividad biológica. Para garantizar el proceso óptimo es necesario realizar un volteo periódico de la pila por el cual se oxigena y permite que se llegue a la temperatura adecuada.

Por lo expuesto, se debe tener en cuenta, que siendo Galápagos un ecosistema tan frágil y aquel donde se desarrollara el proyecto, los riesgos que se corren se magnifican, por ello las condiciones del proceso de compostaje deben estar sumamente controladas para que el producto obtenido no produzca ningún impacto negativo, como por ejemplo germinación de semillas y/o crecimiento de propágulos de especies invasoras.

Etapas del compostaje

Para esta sección se consultó el “MANUAL PARA LA ELABORACION DE COMPOST, BASES CONCEPTUALES Y PROCEDIMIENTOS” publicado por publicación de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), (Sztern & Pravia, 1996) y “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, (Tchobanoglous et al., 1996).

El compostaje, se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10-40°C) con etapas termogénicas (40-75°C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos, respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterótrofos y quimioautótrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Se distinguen en una pila dos regiones o zonas:

- la zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes, y
- la corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza.

Este proceso puede dividirse en períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura:

Etapas de latencia: es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura del material inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es muy variable y depende de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno, entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs.

Etapas mesotérmica (10-40°C): en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microbiota mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomicetos (aerobios estrictos), de importancia

por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de las pilas de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible a la relación óptima humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un aumento aún mayor y favorece el desarrollo de la microbiota termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable y depende también de numerosos factores.

Etapa termogénica (40-75°C): la microbiota mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, ocurre el control de patógenos, la destrucción de estos organismos es un elemento importante de diseño en el proceso de compostaje porque afectará al perfil de temperatura y el proceso de aireación. La tasa de mortalidad de patógenos está en función del tiempo y la temperatura, la mayoría de ellos serán destruidos rápidamente cuando toda las partes de la pila de compost están sometidos a una temperatura de aproximadamente 55°C, solamente unos pocos pueden sobrevivir a temperaturas de hasta 67°C durante un corto periodo de tiempo se pueden eliminar todo los microorganismos dejando que el material que está fermentándose, a una temperatura de 70°C durante al menos dos horas.

También se eliminan hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de huevos de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas (figura 8.2).



Figura 8.2. Gases que se difunden desde el núcleo a la corteza.

Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos intervinientes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

Enfriamiento y maduración: con el agotamiento de los nutrientes y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma alcanza valores iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las pilas. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente y el pH desciende ligeramente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso. Se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus.

Las etapas mencionadas no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje. Es necesario remover y voltear las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo. Estas remociones y reconfiguraciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descripta se presente por lo general más de una vez.

Desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de las poblaciones se haya hecho no viable.

Las características descriptas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), en cambio otras determinaciones se deben realizar en laboratorio.

Parámetros

Adaptado de “Tratamiento y disposición final situación actual y alternativas futuras; Ing. Gisela Laura González Área de Pensamiento Estratégico Diciembre 2010; Cámara Argentina de la Construcción” y de “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel A. Vigil. También se aportó información de la experiencia *in situ*.

Son muchos y muy complejos los factores que intervienen en el proceso biológico del compostaje, éstos se ven a su vez influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el tipo de técnica de compostaje empleada.

Temperatura. Los sistemas de compostaje aerobios pueden funcionar en ambas regiones de temperatura: o bien en mesofílico (30°C a 38°C) o bien en termofílico (55°C a 60°C). La subida de temperatura observada en los residuos en fermentación se produce por las reacciones exotérmicas asociadas con el metabolismo respiratorio.

Se consideran óptimas las temperaturas del intervalo 35-60°C. A temperaturas muy altas, muchos microorganismos interesantes para el proceso mueren y otros no actúan al estar esporados. La temperatura debería mantenerse hasta 55°C durante los primeros días y entre 55°C y 60°C para el resto del periodo de compostaje activo. Si la temperatura está por encima de 66°C la actividad biológica se

reduce significativamente. Pero para lograr la pasteurización y conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas se necesita llegar a 70°C durante 24hs.

Humedad. En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance unos niveles óptimos del 40-60 %. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico, es decir se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas. Para materiales fibrosos o residuos forestales gruesos la humedad máxima permisible es del 75-85 % mientras que para material vegetal fresco, ésta oscila entre 50-60%.

pH. Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).

Oxígeno. El compostaje es un proceso aeróbico, por lo que la presencia de oxígeno es esencial. La concentración de oxígeno dependerá del tipo de material, textura, humedad, frecuencia de volteo (este último previene el secado y encostramiento). El material que está compostándose debería ser mezclado y volteado regularmente.

Relación C/N equilibrada. El carbono y el nitrógeno son los dos constituyentes básicos de la materia orgánica. Por ello para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación C/N de 25-35 es la adecuada, pero ésta variará en función de las materias primas que conforman el compost. Si la relación C/N es muy elevada, disminuye la actividad biológica ya que el nitrógeno sería un nutriente limitante. Una relación C/N muy baja emite amoníaco, impide la actividad biológica. Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones C/N para obtener un compost equilibrado. Los materiales orgánicos ricos en carbono y pobres en nitrógeno son la paja, el heno seco, las hojas, las ramas, la turba y el aserrín o viruta. Los pobres en carbono y ricos en nitrógeno son los vegetales jóvenes, las deyecciones animales y los residuos de matadero.

Poblaciones microbianas. El compostaje es un proceso aeróbico de descomposición de la materia orgánica, llevado a cabo por una amplia gama de poblaciones de bacterias, hongos y actinomicetes. Los microorganismos aerobios, se alimentan de materia orgánica y desarrollan crecimiento celular a partir de nitrógeno, fósforo, algo de carbono y otros nutrientes necesarios. Gran parte del carbono sirve como fuente de energía para los organismos y se quema y se expulsa como dióxido de carbono (CO₂). Como el carbono orgánico puede servir como fuente de energía y como carbono estructural, entonces se requiere más carbono, que nitrógeno y otros elementos.

Tamaño de partícula. Influye en la densidad bruta, la fricción interna y las características del flujo y la fuerza de arrastre de los materiales. Un tamaño de partículas reducido aumenta la velocidad de las reacciones bioquímicas. Durante el proceso de compostaje aerobio el tamaño de partícula más deseable es menor de 5cm. Si bien se recomienda que no se supere este tamaño, en la presente experiencia, el hecho de que haya partículas irregulares, facilitó el proceso, se utilizó menos material estructurante y se logró mejor aireación, eliminando así el riesgo de apelmazamiento y anaerobiosis.

Diferentes sistemas de compostaje

A) Compostaje en Pila.

Es la técnica más conocida y se basa en la construcción de una pila formado por las diferentes materias primas, y en el que es importante realizar una mezcla correcta, donde los materiales deben estar bien mezclados y homogeneizados, por lo que se recomienda una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación del compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los restos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva del montón lo que perjudica el proceso de compostaje. Por otro lado, la relación C/N debe estar equilibrada, ya que una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de nitrógeno ocasiona fermentaciones no deseables. La mezcla debe ser rica en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y restos de frutas). El nitrógeno es aportado por el estiércol, el purín, las leguminosas verdes y los restos de animales de mataderos. Por último, se debe formar el montón con las proporciones convenientes, que debe tener el suficiente volumen (para conseguir un adecuado equilibrio entre humedad y aireación) y deber estar en contacto directo con el suelo. Para ello se intercalarán entre los materiales vegetales algunas capas de suelo fértil.

La ubicación del montón dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y del momento del año en que se elabore. En climas fríos y húmedos conviene situarlo al sol y al abrigo del viento, protegiéndolo de la lluvia con una lámina de plástico o similar que permita la oxigenación. En zonas más calurosas conviene situarlo a la sombra durante los meses de verano.

Se recomienda la construcción de montones alargados, de sección triangular o trapezoidal, con una altura de 1,5m, con un ancho de base no superior a su altura. Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización del montón por parte de los microorganismos.

Una vez formado el montón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. El montón debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas del montón tengan una temperatura uniforme. La humedad debe mantenerse entre el 40 y 60%.

Si el montón está muy apelmazado, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. En general, un mantillo bien elaborado tiene un olor característico.

El manejo del montón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar.

Normalmente se voltea cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2-3 meses se obtendrá un compost joven pero que puede emplearse semienterrado.

B) Compostaje en silos.

Se emplea en la producción de compost poco voluminoso. Los materiales se introducen en un silo vertical de unos 2 o 3 metros de altura, redondo o cuadrado, cuyos lados están calados para permitir la aireación. El silo se carga por la parte superior y el compost ya elaborado se descarga por una abertura que existe debajo del silo. Si la cantidad de material es pequeña, el silo puede funcionar de forma continua: se retira el compost maduro a la vez que se recarga el silo por la parte superior.

C) Compostaje en superficie.

Consiste en esparcir sobre el terreno una delgada capa de material orgánico finamente dividido, dejándolo descomponerse y penetrar poco a poco en el suelo. Este material sufre una descomposición aerobia y asegura la cobertura y protección del suelo, sin embargo las pérdidas de nitrógeno son mayores, pero son compensadas por la fijación de nitrógeno atmosférico.

A través del control y el monitoreo de los cuatro factores mencionados, se puede favorecer, e incluso acelerar, el proceso de degradación. Los diversos grados de control llevan a varias técnicas de compostaje.

Para este estudio se eligió la estructura en forma de pila ya que ésta es muy versátil y permite adecuar el proceso según las necesidades del clima, la materia prima o los recursos económicos disponibles.

Proyecto *in situ*

El éxito depende en gran medida de la clasificación en origen, y a la vez esta depende de la educación y la comunicación ambiental a la que la sociedad está sujeta.

El 18 de abril de 2011 en la isla Isabela del archipiélago Galápagos, se implementó una Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU).

Como tal gestión comienza en origen, esto quiere decir en los domicilios, el municipio solicitó a la población mediante el siguiente tríptico (figura 8.3) que comience la tarea de clasificar los residuos domiciliarios.

TACHO AZUL - RECICLABLE Martes y Jueves 7:30am - 12:00pm	TACHO VERDE - ORGÁNICO Lunes, Miércoles, Viernes 7:30am - 12:00pm	TACHO NEGRO - NO RECICLABLE Martes y Jueves 1:00pm - 4:00pm
<p>En el tacho azul van todos los residuos reciclables que luego serán reutilizados en un nuevo producto.</p> <ul style="list-style-type: none">• Papel y cartón• Envases de vidrio, plástico y metal• Tetra Pak• Bolsas, juguetes, y tubos plásticos• Pilas y baterías (colocarlas dentro de una botella de plástico) <p>Recuerda que los envases deben estar lavados</p> 	<p>Deposita todos los desechos orgánicos de tu casa en el tacho verde.</p> <ul style="list-style-type: none">• Restos de comida, fruta, legumbres, cascarones de huevo• Desechos de jardinería• Restos de madera, aserrín, viruta <p>¿Sabías que con los residuos orgánicos se hace abono?</p> 	<p>Los artículos del tacho negro deben ir en una funda plástica y serán llevados al relleno sanitario de El Mango.</p> <ul style="list-style-type: none">• Papel higiénico y doméstico• Toallas sanitarias y pañales desechables• Papel carbón, fax• Papel aluminio• Papel chillón• Espuma flex• Envases sucios• Ropa, trapos y zapatos <p>Si tienes dudas de algún residuo, depositalo en este tacho</p> 

BENEFICIOS CLASIFICACIÓN	HORARIOS DE RECOLECCIÓN	
<p>Para entender mejor la estrategia del tratamiento de residuos, debemos poner en práctica las 3 Rs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducir: Mediante una buena clasificación desde la casa se puede reducir la cantidad de residuos contaminantes. • Reutilizar: Al reutilizar artículos con el mismo uso u otro diferente, protegemos los recursos materiales. • Rechazar: Se debe rechazar la producción y compra de productos no reciclables. • Reciclar: Algunos artículos pueden ser reciclados para convertirse en un nuevo producto. 	<p>Tacho Azul - Reciclable Martes y Jueves 7:30am - 12:00pm</p> <p>Tacho Verde - Orgánico Lunes, Miércoles, Viernes 7:30am - 12:00pm</p> <p>Tacho Negro - NO Reciclable Martes y Jueves 1:00pm - 4:00pm</p> <p>Malesa Lunes y Viernes - Todo el día</p> <p>Si tienes alguna duda o no pasó el camión recolector por tu casa, no dudes en contactar a la Dirección de Gestión Ambiental Municipal al 05 2529 002/461.</p> <p>Socios del Proyecto:</p> 	

Figura 8.3. Derecho y revés del tríptico informativo del Proyecto Manejo Integral de Residuos.

El proceso no sólo involucra el componente técnico sino que también requiere de la dimensión educativa y de conciencia ambiental. Para el éxito del proyecto resulta imprescindible la adquisición de responsabilidad desde la comunidad hacia el medio donde vive. Por otra parte, preocuparse por mantener la sustentabilidad de la isla, es tarea de todo el que pise suelo isabeleno, es decir no solo de los habitantes residentes permanentes sino también de los habitantes itinerantes. Por lo tanto la implementación de este proyecto implica múltiples desafíos.

Etapa de prueba

Un ambiente idóneo para la actividad microbiana que degrada la materia orgánica debe contener nitrógeno para la síntesis de proteínas, carbono como fuente de energía, oxígeno y agua.

Bajo este concepto la materia prima para el compost se la puede encontrar en una GIRSU. Los residuos con alto contenido de nitrógeno provienen principalmente de los restos de cocina (residuos de alimentos) y los residuos con alto contenido de carbono son principalmente las plantas secas.

A partir de la implementación del nuevo programa de GIRSU, se obtiene la materia prima para el proyecto “Diseño de un plan de manejo de los residuos sólidos urbanos orgánicos (RSUO) en la Isla Isabela, Archipiélago de Galápagos (Ecuador)”.

Clasificación en origen

Para la implementación del presente proyecto, la materia prima requerida se encuentra en el recipiente color verde (restos de comida, residuos de jardinería y madera). Dicho recipiente debe ser comprado el vecino, quien debe hacerse cargo de su cuidado, limpieza y mantenimiento. Además, el recipiente, que posee un número identificatorio y asignado por el municipio, debe ser colocado al frente de la vivienda.

Recolección

El material orgánico se recolecta con un camión, los días lunes, miércoles, viernes, por la mañana y sábados por la tarde.

Se realizó una prueba piloto para analizar el comportamiento de las pilas y el del método diseñado que se propone.

Descarga en la plataforma de separación de impropios

Se descargaron los residuos sobre la superficie plana del galpón de orgánicos, se hizo una cama de viruta de madera sin tratamiento; sobre esa cama, el personal con protección para vías respiratorias, pies y manos, realizó la separación de todos aquellos elementos que pueden ser tóxicos para el compostaje. Esta separación consistió en eliminar de la fracción orgánica, los elementos que no se degradan biológicamente y aquellos que pueden causar la contaminación de las operaciones biológicas. Así, se quitó todo residuo (desde ahora llamado impropio) tales como bolsas, papeles, tapas, vidrios, plásticos, entre otros.

El resto se admitió como materia prima y se lo cubrió con viruta (figura 8.4).



Figura 8.4. Arribo de los RSUO y separación de impropios.

Construcción de pilas experimentales

Se construyeron 2 pilas iniciales, (de 500 kg de RSUO cada una), en las cuales quedaron mezclados manualmente la viruta con la materia orgánica, con ayuda de palas y carretillas y se las dejó reposar (Figura 8.5).



Figura 8.5. Armado de las pilas iniciales.

Separación del desperdicio

Se utilizaron 100kg de material estructurante, 1000kg de material compostable y además se separaron 500kg de impropios (que posteriormente fueron depositados en el predio de disposición final).

Etapas del proceso de compostaje

La degradación es la biorreacción de los componentes orgánicos de la mezcla. Un conjunto diverso de organismos ataca los residuos, transformándolos bioquímicamente. Aquí se tiene en cuenta el control de temperatura, humedad y vectores.

Aireación

Para asegurar el suficiente oxígeno, se aireó la mezcla, de forma natural y manual, se incluyeron partículas de diferentes tamaños y se voltearon las pilas con palas, con frecuencia semanal (figura8.6).



Figura 8.6 Mezcla y volteado de los componentes para promover la aireación.

Humectación

Se proporcionó la humedad necesaria para la degradación, mediante riego semanal. El agua (20l por cada pila) provino de la red municipal y fue transportada desde el pueblo hasta la ubicación de las pilas,

ya que no se dispone de agua corriente en predio. Mediante canaletas construidas en la estructura se permitió el escurrimiento de lixiviado, evitando así el exceso de liquido. En esta etapa de prueba el lixiviado no tuvo tratamiento (Figura 8.7).



Figura 8.7. Humectación de las pilas de compost.

Medición o estimación de parámetros

Por falta de recursos, ciertos parámetros no pudieron ser medidos de manera metódica y sistemática (por ejemplo pH, humedad, temperaturas por encima de 42°C). En algunos casos por ejemplo se estimó organolépticamente.

La humedad es esencial para la supervivencia de los microorganismos que participan en el proceso de compostaje. Este parámetro se midió con el método del puño. Para ello, se toma una alícuota del material con la mano cubierta con guantes, se lo aprieta suavemente, y en caso de que salga líquido (gotea) se estima que hay exceso de agua. Si en cambio, el material está desagregado, el mismo se estima como seco. Si, finalmente, el material se mantiene unido, significa que la condición de humedad es la ideal.

Las operaciones centrales del compostaje son la degradación, la pasteurización y la maduración; éstas pueden identificarse por la temperatura de la mezcla, también según la cantidad de calor que irradia el sistema se puede medir sensorialmente. En el marco de la implementación del presente proyecto, se midió la temperatura con termómetro convencional en 3 puntos diferentes de la pila, a los cuales se accedió mediante el uso de un machete. Luego de estas mediciones, se calculó el promedio de la temperatura. En caso de observarse el desprendimiento de gases (probablemente CO₂ y H₂O, que se

manifestaba mediante la emanación de humo) se asumió que la pila superaba la temperatura límite del termómetro utilizado (40 °C).

El pH tiende a ser una medida que indica cómo avanza el proceso, conforme el tiempo se estabiliza el valor, para la actividad microbiana es entre 6 y 8. Como el pH no pudo ser medido ya que se carecía de instrumental *ad hoc*, se estimó mediante la precepción de olores.

Según el control de olores, se pueden identificar procesos, si es a putrefacción están ocurriendo procesos anaerobios; el olor a amoníaco significa que la relación C/N no es la correcta y está muy alta la proporción del Nitrógeno; si el olor es a levadura está ocurriendo el proceso de fermentación, que significa el comienzo de las altas temperaturas, cuando es dulce coincide con la etapa de pasteurización y luego comienza el olor a tierra mojada cuando se inicia la maduración.

Al cabo de 4 semanas se manifestaron los primeros indicios del apropiado funcionamiento del proceso de compostaje.

Cernido

Se realizó con una malla (1x1cm) de alambre. El proceso se efectuó manualmente. Mediante este procedimiento, el material que no atravesó la malla volvió a ingresar a pila futuras como material estructurante e inoculante, volviendo así al ciclo, lo cual es muy positivo ya que el mismo contiene una alta carga microbiológica (Figura 8.8).



Figura 8. 8. Cernido de las pilas del compost.

Secado

El material fue secado mediante energía calórica provista por el sol, lo que suma beneficios a este proceso, ya que no se requiere inversión de dinero ni de equipamiento específico (Figura 8.9).



Figura 8.9. Secado del producto final.

Empacado

El producto obtenido fue introducido en bolsas, las cuales se cosieron para evitar la pérdida del mismo. Si se considera que el objetivo de este plan de manejo de los RSUO consiste en reducir su cantidad, el mismo es altamente eficiente ya que se redujo un 90 % del peso inicial y se obtuvo un 10 % del peso original en producto final. (Figura 8.10).



Figura 8.10 Empaquetado del producto final.

Resultados obtenidos

Por cada 1000 kg de RSUO de una densidad de 0.7 tn/m³ se obtuvieron 100 kg de compost de una densidad promedio de 0.956 tn/m³.

Cada pila de aproximadamente 0.7m³ de RSUO pesó 500 kg. Tras 3 meses de tratamiento, se produjeron 50 kg de compost que ocuparon un volumen aproximado de 0,0523 m³.

En síntesis:

Luego de 3 meses de trabajo empírico, continuo, con presencia diaria en el predio, llevando a cabo personalmente las diferentes tareas involucradas (armado de pila, separación de materiales impropios, agregado de material estructurante, humectación, medición de parámetros y volteo, cernido, secado y empaquetamiento) se concluye que el proceso redunda en beneficios y que acompaña a la GIRSU recientemente implementada en la isla Isabela. La reducción del peso de los RSUO fue del 90 %, en tanto que la reducción del volumen de los RSUO fue del 93 %.

El éxito de la prueba piloto, en situaciones de escasos recursos materiales y humanos, alentó la iniciativa de compostar todos los residuos orgánicos generados por la población de la isla Isabela.

IX. Posibilidades técnicas

Sobre la base de la experiencia piloto realizada, se analizó la posibilidad de implementar a escala real, la producción de compost a partir de los RSUO obtenidos de la GIRSU iniciada a principios del 2011 en la isla Isabela. Para esto se cuenta no sólo con la información empírica sino que también resulta necesario analizar la proyección general del trabajo en campo.

Proyección de producción de RSU

De acuerdo a diferentes cálculos efectuados por la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de Isabela, es posible realizar una estimación en la evolución de las masas y los volúmenes de RSU desde el año 2009 y proyectado por 20 años más (tabla 9.1). La proyección realizada en este documento considera un crecimiento poblacional de 6% estable. De igual modo este documento estima una densidad de basura que se dispone en el relleno de $0.5\text{tn}/\text{m}^3$.

Tomando como referencia los informes y estadísticas del CEAMSE, la porción orgánica de los RSU varía entre el 40-50% del total. Además en la experiencia de la ciudad de Loja, Ecuador, se explica “Con la utilización de plantas de compostaje, la cantidad de basura destinada para la disposición final en un relleno o botadero se puede reducir a un 50 %.” (Manual de Compostaje Para Municipios, Eva Röben; DED/ Ilustre Municipalidad de Loja; Loja, Ecuador; 2002).

Por ello, sobre la base de la información provista en la tabla 9.1, se generó una columna donde se calcula la reducción de la porción orgánica al 50%, ya que se toma en cuenta el extremo más alto del porcentaje, es decir el valor de máxima.

Tabla 9.1. Cálculo de proyección demográfica y de evolución de la cantidad de RSU, Isabela (tomado de Romero Ordoñez A. E. 2009. Recomendaciones Para El Manejo Del Botadero De Basura Sector El Mango. Pto. Villamil. Gobierno Municipal del Cantón Isabela. Dirección de gestión Ambiental Municipal. Informe Inédito. 57 pp.) (columnas 1 a 8). En la columna 9 se expresa la estimación de RSUO con los que se trabaja teóricamente en el presente proyecto.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Año	Población	Producción de basura (tn/día)	Producción de basura biodegradable (tn/día)	Basura al relleno (tn/día)	Basura al relleno (tn/año)	Basura al relleno (m ³ /año)	Vol. necesario (m ³ /año)	Reducción de RSUO (tn/día) estimada en el presente proyecto
2009	2111	2,39	0,49	2,39	873	1746	2270	1,195
2010	2238	2,53	0,51	2,53	924	1848	2402	1,265
2011	2372	2,68	0,55	2,68	978	1956	2543	1,34
2012	2514	2,84	0,58	2,84	1037	2074	2696	1,42
2013	2665	3,01	0,61	3,01	1099	2198	2857	1,505
2014	2825	3,19	0,65	3,19	1164	2328	3026	1,595
2015	2995	3,38	0,69	3,38	1234	2468	3208	1,69
2016	3175	3,59	0,73	3,59	1310	2620	3406	1,795
2017	3366	3,80	0,77	3,80	1387	2774	3606	1,9
2018	3568	4,03	0,82	4,03	1471	2942	3825	2,015
2019	3782	4,27	0,87	4,27	1559	3118	4053	2,135
2020	4009	4,53	0,92	4,53	1653	3306	4298	2,265
2021	4250	4,80	0,98	4,80	1752	3504	4555	2,4
2022	4505	5,09	1,04	5,09	1858	3716	4831	2,545
2023	4775	5,40	1,10	5,40	1971	3942	5125	2,7
2024	5062	5,72	1,16	5,72	2088	4176	5429	2,86
2025	5366	6,06	1,23	6,06	2212	4424	5751	3,03
2026	5688	6,43	1,31	6,43	2347	4694	6102	3,215
2027	6029	6,81	1,39	6,81	2486	4972	6464	3,405
2028	6391	7,22	1,47	7,22	2635	5270	6851	3,61

En la Isla Isabela los residuos sólidos han sido vertidos en 3 lugares diferentes, de los cuales se detalla los siguientes:

Botadero El Manzanillo

Fue utilizado por la municipalidad de Isabela desde los años 80. El cual se encuentra localizado a 5 km de Puerto Villamil en un campo de lava de tipo pahoe-hoe de gran permeabilidad, lo cual genera una fuente permanente de contaminación de las aguas subterráneas. En época del fenómeno del Niño donde existen grandes precipitaciones este sitio no sufría ningún tipo de inundaciones debido a su alta capacidad de permeabilidad. Por esta razón se pensó hace unos 7 años atrás cambiar de sitio, para lo cual se quemó la basura que se pudo y la mayor parte de los restos fueron transportados al nuevo basurero ubicado a 12 km de Puerto Villamil, muy cerca de la zona de Uso Agropecuario.

La toma de agua para abastecer a la población se encuentra en línea recta a 1km de distancia de este basurero a cielo abierto, con lo cual se corre riesgo de que se esté expendiendo agua contaminada. (Ing. Romero Ordoñez; 2009).

Botadero del Planchón del Perro

Este predio está ubicado a 6 km de Puerto Villamil en un campo de lava. En el pasado se evaluó la posibilidad de su uso como relleno sanitario, pero no tuvo aceptación por razones técnicas, aunque por su cercanía con la zona urbana, es utilizado como sumidero de desperdicios como escombros, chatarras y restos de carpintería, lo cual produce impacto visual para los turistas que transitan por esta zona.

Botadero de El Mango

Este predio de manejo de RSU es el sitio donde se deposita la mayor parte de residuos que se genera en Puerto Villamil, el mismo que se encuentra localizado a 1 km de la zona de Uso Agropecuario y a escasos 20 m de la carretera turística que conduce hacia el volcán Sierra Negra (figura 9.1).

La zona del vertedero actual se encuentra ubicada a 12 Km de Puerto Villamil en una zona de transición. Los residuos domiciliarios recolectados de las diferentes actividades antrópicas así como los hospitalarios son vertidos finalmente en la zona del botadero actual sin un previo tratamiento y clasificación.

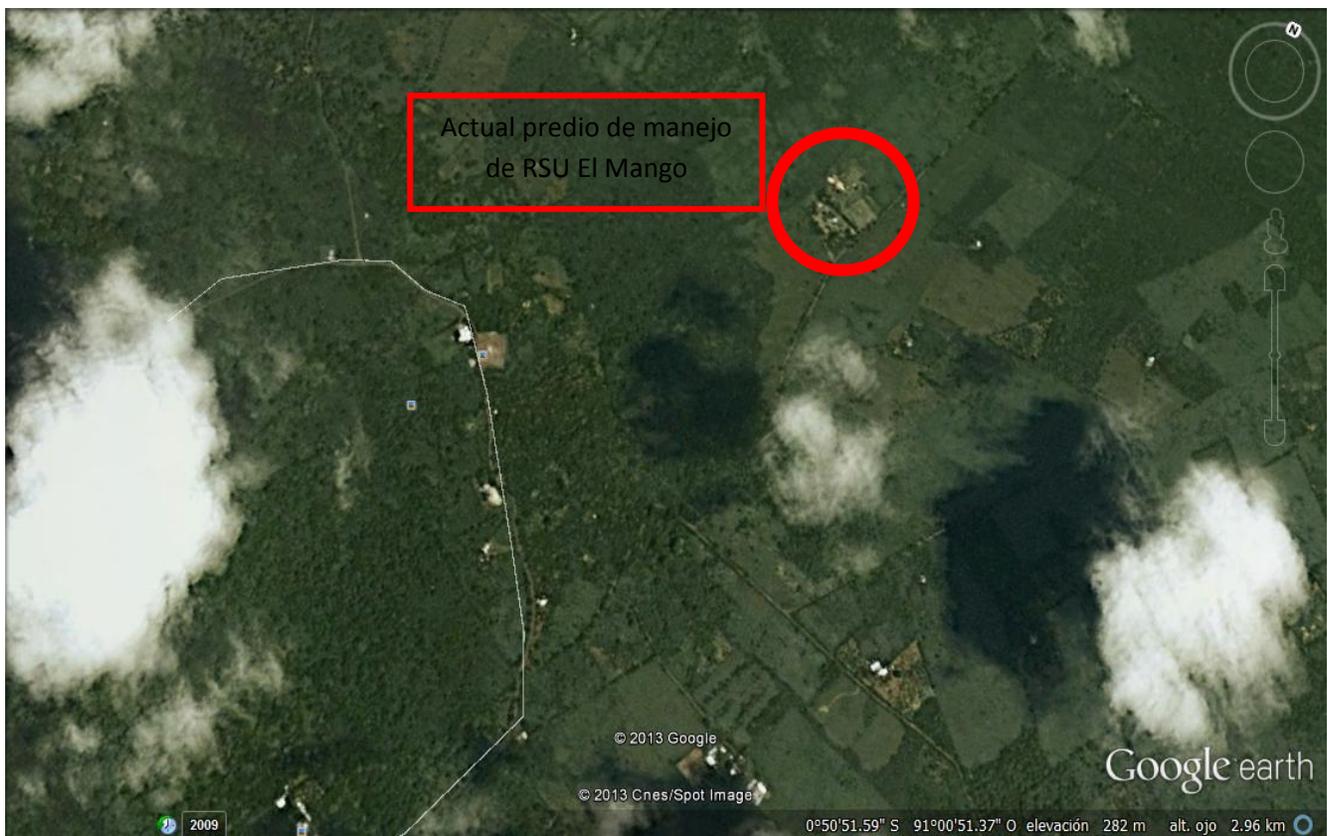


Figura 9.1. Imagen Satelital de la zona de vertedero de residuos actual.

Situación del predio El Mango antes de la Gestión de RSU

En una etapa previa a la GIRSU este predio constituía un basural a cielo abierto y era el único botadero legal de la isla Isabela.

Actualmente, acorde con las estimaciones realizadas en relación con la producción de residuos, se considera que en el predio hay acumuladas aproximadamente 7000 toneladas de residuos.

Por la constante descomposición de residuos y dada la cercanía a los dos asentamientos poblacionales, se genera malestar en la población cercana.

Debido a la acumulación de residuos a lo largo de 5 años se estima que su radio de afectación es de 2 km. En la zona se registra la presencia de animales silvestres como gallinas y gatos, así como también la presencia de ganado vacuno perteneciente a la zona rural. Existe gran cantidad de roedores, insectos, aves y especies endémicas. Todos estos animales se han convertido en vectores de enfermedades al llevar entre sus extremidades residuos contaminantes, las aves endémicas han cambiado sus hábitos alimenticios y se ha determinado que existe filtración de lixiviados en el subsuelo (Romero Ordoñez, 2009).

Existe una gran cantidad de semillas provenientes de los desechos, las cuales eventualmente germinan, por lo que pueden encontrarse verduras, legumbres, árboles frutales, etc. Este tipo de vegetación puede ser bioacumuladora de sustancias contaminantes y podría estar afectando a la población (Romero Ordoñez; 2009), ya que es cosechada y comercializada en el mercado central para posterior consumo humano (Vescovi, obs. pers.).

Asimismo, los residuos hospitalarios se mezclan con los demás, lo que puede ocasionar impactos ambientales negativos sinérgicos con afectaciones a las personas que disponen los residuos en este lugar.

Los destrozos de cultivos debido al incremento masivo de roedores, y las molestias generadas por la elevada presencia de insectos en lugares cercanos de vivienda y recreación de la población constituyen un impacto social y económico negativo.

Los residuos acumulados, en términos generales, se han convertido en un potencial foco infeccioso de enfermedades. La acumulación de gas metano puede conducir a la ignición de materiales, lo que podría perjudicar severamente a los ecosistemas circundantes, de manera devastadora e irreversible.

Propuesta de implementación del proyecto a escala real

Como ya se ha mencionado, actualmente en el municipio de Isabela se genera un total de 2,68tn/día RSU los cuales 1.34tn/día son materia orgánica, que constituye el 50% del total del material disponible a reciclar.

Para el Manejo Integral de los RSU en la isla Isabela, tres organizaciones trabajaron unidas, el Gobierno Municipal de Isabela, el PNG y FUNDAR-Galápagos, a la vez que se contó con la financiación de la Unión Europea.

El proyecto comprende la construcción y operación de un Centro de Reciclaje de Residuos a localizarse en un área de 6Ha., concedida por el PNG. El terreno presenta una topografía inclinada de pendiente regular con alturas que van desde los 108 a los 136 m.s.n.m. y una cobertura vegetal propia de la denominada Zona de Transición (Guayaba, Maracuyá, entre otras).



Figura 9.2. Cobertura vegetal de la Zona de Transición.

El predio se sitúa en el kilómetro 12, muy próximo a la carretera que une Puerto Villamil con la Zona Rural Tomás de Berlanga y adyacente al actual vertedero de basura a cielo abierto, que es la forma en la cual el municipio actualmente dispone la basura que genera.

Al estar en un lugar despoblado, el sitio carece de algunos servicios básicos como los de provisión de agua, energía y conexión a la red de alcantarillado.

Se trata de la construcción de una infraestructura que pretende prestar servicios en el ámbito del saneamiento ambiental, para responder a la necesidad de un correcto manejo de los residuos.

En el marco de la implementación de la GIRSU, se ve la necesidad de darle un tratamiento a los residuos orgánicos previamente clasificados en origen, que a la vez sea apropiado a la realidad de la Isla, teniendo en cuenta sus recursos y restricciones.

Teniendo en cuenta la problemática planteada, este proyecto final pretende aportar una solución a la comunidad de la isla Isabela. Así, se propone compostar **la totalidad** de los RSUO generados.

Se realizará un aporte que formará parte de un todo (la GIRSU), a efectos de mejorar, extender y completar la idea de una buena práctica (que se iniciaría con la clasificación en origen), para que las actividades antrópicas generen las menores perturbaciones posibles en el medio ambiente.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

La información de base será obtenida de bibliografía local y corroborada con mediciones *in situ*.

La implementación de esta propuesta ya cuenta con el ensayo preliminar y a escala piloto, lo que permite desarrollar acciones eficientemente.

Se considerarán los niveles actuales de producción de RSU. El aumento de la capacidad de producción de RSU será contemplado según estándares internacionales de aumento de población.

La normativa considerada será la de las Islas Galápagos, y en caso de no disponer de normativa particular se considerarán estándares internacionales.

Se asume que las posibilidades técnicas de implementación de este proyecto, son altas ya que ya que la región geográfica y las condiciones ambientales imperantes son altamente propicias y favorecen la actividad biológica (hongos, bacterias, invertebrados descomponedores) involucrada en la degradación de los RSUO.

Además se cuenta con un ambiente idóneo para el desarrollo de la vida, debido a las condiciones ambientales necesarias (principalmente temperatura y humedad) y de un material estructurante que también es considerado residuo del aserradero municipal, como es la viruta, se aclara que no se le realiza ningún tratamiento, esto quiere decir que está libre de sustancias que pueden dañar el producto final.

Como ya se ha mencionado, existen varias técnicas de compostaje, pero para la implementación de este proyecto se eligió la estructura en forma de pila ya que ésta es muy versátil y permite adecuar el proceso según las necesidades del clima, la materia prima o los recursos económicos disponibles.

X. Actividades básicas de la planta de compostaje

En este apartado se describen las operaciones de la planta de compostaje propuesta y se diseña cada actividad independientemente.

Se tienen en cuenta sólo las labores: separación de residuos, formación de las pilas, transporte, aireación, humectación, cernido y empaque.

Modelo de Ficha técnica:

Se especifica:

Nombre: identificador de la operación unitaria.

Descripción: función dentro del proceso de compostaje.

Consideraciones y observaciones: son aquellos aspectos importantes a tener en cuenta.

Método manual: estrategia que permite realizar una operación manual (sin motores) con apoyo únicamente de herramientas.

Maquinaria: equipo electromecánico que se propone emplear para llevar a cabo la operación.

Se puede iniciar con operaciones de método manual y con el paso del tiempo ir aplicando tecnología.

Separación de residuos

Descripción: La separación consiste en eliminar de la fracción orgánica, los componentes que no se degradan biológicamente y aquellos que pueden causar la contaminación de las operaciones biológicas.

Consideraciones y observaciones: Debería efectuarse en el lugar mismo donde se generan los residuos, es decir en origen (vivienda familiar, edificios de destino gastronómico, turístico, hospitales, etc...) pero la población aún no clasifica adecuadamente los desechos, por lo cual es necesaria la implementación de una campaña de educación ambiental.

Método manual: Se descargan los residuos sobre una superficie plana, y el personal con protección para vías respiratorias, pies y manos, realiza la separación de todos aquellos materiales impropios (por ejemplo, pañales, bolsas, plásticos, vidrios, metales, entre otros).

Maquinaria: Bandas de selección manual

Separadores magnéticos, separadores vibratorios, separadores por densidad, separadores ópticos

Cribas

Formación de la pilas

Descripción: Construcción de la pila con la adición de diferentes tipos de residuos orgánicos y material estructurante, que facilitan el compostaje.

Consideraciones y observaciones: Falta de material estructurante, es necesario una picadora de maleza, para no depender de los aserraderos.

Método manual: Construcción de pilas por capas con ayuda de palas, carretillas y rampas de madera.

Maquinaria: Retroexcavadora, bobcat

Picadora de maleza

Transporte

Descripción: Cambio de lugar de los materiales desde el interior de la planta, al punto donde se dejarán reposar las pilas.

Consideraciones y observaciones: Espacio insuficiente, se hace un cambio de la distribución o espacio de la planta

Método manual: Utilizando principalmente carretillas, palas y rampas de madera

Maquinaria: Retroexcavadora, bobcat

Camiones de volteo

Bandas de transportación

Equipo de aireación y transporte combinado.

Aireación

Descripción: Proporcionar suficiente oxígeno para la degradación de los residuos, para evitar la anaerobiosis y consecuentemente la producción de malos olores. Asimismo, la provisión de oxígeno favorece el proceso de compostaje. La aireación puede llevarse a cabo por convección natural o forzada.

Consideraciones y observaciones: Sellado de los canales de aireación, cuando la pila está muy humectada

Si hay disminución de la temperatura antes de tiempo minimizar el periodo de volteo

Método manual: En la construcción de la pila se incluyen partículas de diferentes tamaños, para generar canales que contribuyen a la difusión de oxígeno.

Volteo manual.

Maquinaria: Retroexcavadora

Volteadora de tiro por tractor y volteadora autopropulsada.

Tubería horizontal y compresores en pilas

Aspersores, tubería y compresores en tanques

Hidratación

Descripción: Proporcionar la humedad necesaria para la degradación, evitando la inundación o la resequeidad de la mezcla.

Consideraciones y observaciones: Se tiene en cuenta el escurrimiento de lixiviados, encharcamiento en la base y resequeidad de la mezcla.

Se debe tener en cuenta las estaciones del año, en que se encuentre el proceso.

La solución según el caso, puede ser el volteo o perforación de nuevos canales de aireación, disminución de la humectación y adecuación del drenaje.

Aumento de la humectación, volteo, protección del sol.

Cambiar la pendiente de la pila, adecuación del drenaje.

Método manual: Con ayuda de recipientes (cubetas, tambos) o tubería flexible (manguera). El agua es traída por camiones cisterna o tanqueros.

Maquinaria: Sistema de irrigación con aspersores

Tubería

Bombas

Equipo combinado de aireación y humectación.

Cernido

Descripción: Esta operación separa el compost en dos partes: una primera fracción más fina que esta lista para su comercialización, y otra fracción de impurezas y residuos de lenta degradación (por ejemplo, huesos), estos últimos van a ser reutilizados en las nuevas pilas.

Consideraciones y observaciones: El tamaño de la malla depende del uso final, utilizar los residuos de lenta degradación como material estructurante.

Método manual: Utilizando mallas montadas en marcos de acero o madera, pala y carretilla.

Maquinaria: Cribas circulares especializadas

Cribas vibratorias

Secado

Descripción: Esta operación reduce la cantidad de agua en el producto final. Su principal propósito es aumentar la estabilidad biológica del producto. El secado se realiza incrementando la temperatura del compost, ya sea con calor solar o calentando artificialmente con empleo de combustible.

Consideraciones y observaciones: Se recomienda utilizar energía solar. (exposición al sol)

Método manual: En una superficie plana de color oscuro se coloca la composta con ayuda de rastrillos y se seca al sol. Hay que retirarla por las noches o cubrirla con material impermeable para que el rocío no la humedezca.

Maquinaria: Secadores de túnel

Secadores en lote (horno de muy baja temperatura)

Cambio de temperatura y humedad en reactores y naves cerradas

Empacado

Descripción: Acondicionamiento final para su comercialización. Protección del producto del sol y la humedad excesivos durante el transporte y el almacenamiento. Facilita el transporte y comercialización. Incluye el pesaje del producto.

Consideraciones y observaciones: Ruptura de los sacos

Método manual: Llenado y pesado de sacos con ayuda de pala y balanza El saco puede ser cerrado con un simple lazo manualmente.

Maquinaria: Cosedora portátil de sacos

Sistema automatizado de llenado, pesaje y costura de sacos.

XI. Diseño de una planta de compostaje

Aspectos cualitativos

Es importante caracterizar adecuadamente los residuos que se dispondrán a compostar, de acuerdo a los criterios y parámetros establecidos oportunamente. De existir alguna dificultad en los balances de nutrientes, se deberán identificar localmente fuentes de desechos que permitan realizar las correcciones necesarias. De acuerdo a cada caso se instrumentarán los procedimientos necesarios que deberán realizarse previos al proceso de compostaje.

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es asegurarse que los residuos estén libres de contaminantes químicos, en particular de metales pesados, ya que estos contaminarían el producto final.

Aspectos cuantitativos

La cuantificación de los volúmenes y los pesos de RSUO que se dispondrán para compostar puede ser variable, de acuerdo a la bibliografía que sea utilizada como referencia. En términos estratégicos, se ha decidido referir siempre el peor de los escenarios. Por esta razón, y porque la prevención es la mejor estrategia a adoptar, se decidió considerar valores intermedios de todos los encontrados en la bibliografía. Así, Sztern & Pravia (1996) indican que la densidad de los RSUO promedio es de $0,5 \text{ tn/m}^3$. Sin embargo, este autor indica que se incluye el uso de estiércol bovino seco. Entretanto Röben (2002) indica que la densidad de los RSUO es de 0.7 tn/m^3 . En el marco del presente proyecto, se decidió considerar esta densidad de los RSUO que arriban al predio, ya que los datos se corresponden con las costumbres de las poblaciones humanas de otras regiones de Ecuador. De todas maneras, en el presente diseño, y considerando la posibilidad de una subestimación de los volúmenes, oportunamente se proponen espacios de amortiguación en la planta de compostaje, tal que se puedan manejar situaciones de arribo de RSUO con densidades diferentes a las proyectadas.

La cuantificación de los volúmenes y los pesos de RSUO que se dispondrán para compostar, así como la frecuencia de ingreso de los mismos, es un dato de gran importancia, ya que permitirá calcular la necesidad de área de compostaje y determinar la Unidad de Compostaje.

Durante 1 mes se obtuvieron los volúmenes y los pesos de los RSUO recibidos diariamente en el predio. De esta manera, se pudo calcular la densidad o el peso específico de los mismos. Se pudo asumir que 1m^3 de RSUO pesa aproximadamente 700kg (Vescovi, obs. pers).

Diseño de la pila

Se eligió el compostaje en pilas porque es el sistema más sencillo y menos costoso; el objetivo es aprovechar al máximo tiempo, espacio y energía.

Después de haber separado todo material impropio (materiales no biodegradables) del material orgánico, éste se coloca en pilas, intercalando material estructurante y materia orgánica.

El tamaño de las pilas es muy importante para el proceso de compostaje. Al término de la semana, luego de voltear todo el material y dejando sólo una pila, se registraron las medidas de cada pila. Esto se realizó sistemáticamente durante 3 meses, es decir, que se midieron 12 pilas, y el cálculo del promedio de sus medidas arrojó los siguientes resultados:

Ancho= 3.4m

Largo = 3.8m

Alto =1.6m

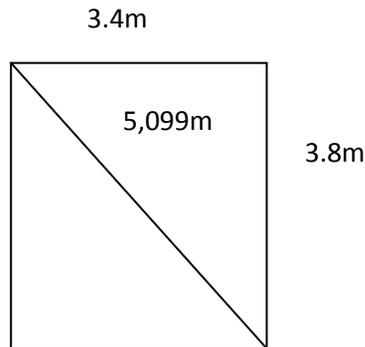
Se considera que estas medidas están dentro del máximo aceptable para una buena calidad de compost, ya que se toma como altura máxima 1.7m, aunque la altura teórica recomendada es de 1.5m. Si se llegara a superar significativamente esta altura, se impediría la aireación natural y consecuentemente se favorecerían condiciones anaeróbicas, lo que es perjudicial en esta primera etapa del proceso de compostaje. Además, se aconseja armar pilas con una base mayor a 2m, ya que las fluctuaciones de temperatura en estos pequeños volúmenes son muy bruscas.

Cálculo de volumen de la pila

La figura que más se acerca a la pila a compostar es el cono, pero la base es rectangular.

Si se considera que existe una circunferencia dentro del rectángulo, donde las medidas de ancho y largo de este último, mediante la fórmula de Pitágoras se obtiene la hipotenusa de dos triángulos:

$H = \sqrt{L^2 + A^2}$, lo que da el diámetro de dicha circunferencia.



Para el caso de estudio dicho diámetro es de 5,099m, entonces el radio de esa circunferencia es 2,5495m.

Área en base rectangular: 12.92m².

Volumen:
$$V = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot h}{3}$$

$$(3,1415 \times 6,4999 \times 1,6) / 3 = 10,8907 \text{m}^3$$

Cada pila tiene un volumen promedio de 11 m³

Confirmada por material compostable y material estructurante

Por otra parte, y en base a resultados obtenidos de manera preliminar, ingresan al predio aproximadamente 7000 kg de RSUO/semana.

Este peso ocupa un volumen aproximado de 10m³, como ya se ha mencionado, lo que confirma que la densidad elegida como promedio (0,7 ton/m³) es apropiada.

El Tiempo de Compostaje

Se entiende por Tiempo de Compostaje (T_c), el transcurrido desde la conformación de la pila hasta la obtención del producto Compost.

El T_c , varía según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, % de humedad relativa, etc.); manejo físicoquímico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. En el caso bajo estudio, la transformación de RSUO en compost, en condiciones de mínima inversión (es decir, a temperatura ambiente, y con requerimiento de agua y de aireación) requirió de 3 meses.

Área de Compostaje

El área donde se conforman las pilas y se lleva a cabo el proceso se denomina patio de maduración del compostaje. En el momento de seleccionar el área destinada a las canchas debemos considerar los siguientes factores:

En lo posible estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno. Nunca se ubicarán en depresiones del mismo. Es necesario que el área de las canchas presente un declive superior al 1 % hacia las cotas menores del predio, de esta forma es posible evacuar las aguas pluviales y coleccionar los lixiviados que se generan durante el proceso.

La impermeabilidad del suelo se debe concretar con geomembrana, para evitar la posible contaminación de las aguas subterráneas. Debe recordarse que los suelos del área del presente proyecto son gravillosos, y por lo tanto de alta permeabilidad.

Preparación del patio

Una vez seleccionada el área de acuerdo a los criterios mencionados, se procederá a retirar de la misma, malezas, arbustos u otros elementos que interfieran con la operación del sistema. Posteriormente, se realizará la compactación y nivelación del terreno. Es conveniente que el área esté rodeada por una canaleta perimetral, donde desembocarán las canaletas inter-parvas, necesarias para la evacuación y posterior colecta de los lixiviados. El diseño del sistema de drenajes, admite diversas

alternativas y dependerá de las características topográficas del predio y dimensiones del área de compostaje.

Dimensión

La dimensión del patio de compostaje estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) que en el caso de estudio es una pila (aproximadamente 11 m^3 , aproximadamente 7.7 ton).

Tiempo de Compostaje (Tc). Se asume un $T_c = 3$ meses, como ya se ha mencionado. El armado de las pilas se realiza en forma semanal, es decir semanalmente se ocupará un área de base de pila de $3,4\text{m} \times 3,8\text{m} = 12,92\text{m}^2$. En 3 meses, se calculan 12 pilas (ya que son 4 pilas por mes), entonces el área necesaria para la instalación de las pilas es de $12,92\text{m}^2 \times 12 = 155,04\text{m}^2$.

Se debe considerar además el espacio necesario entre pilas, los que se denominan pasillos. Las dimensiones del mismo estarán sujetas a la forma en que se realicen las operaciones de remoción y aireación. Si la operativa es manual, el ancho del pasillo podrá oscilar de 2 a 2,5m.

Si la operación, en cambio, es mecanizada (pala cargadora, tractor con pala, bobcat, retroexcavadora), los pasillos deberán tener el ancho suficiente para que las máquinas puedan empalar perpendicularmente las pilas.

Si se asume que para el ejemplo que se está manejando, la operación se realiza con un tractor con pala, entonces el ancho del pasillo no podrá ser menor a los 4 m.

En 3 meses, considerando que se conforman 12 pilas, se propone un circuito de movimiento en zigzag de las mismas, tal que se favorezca la aireación, El patio deberá tener una entrada que reciba los RSUO provenientes del puesto de la separación de impropios y una salida que desemboca al espacio de cernido y secado del compost. Si se consideran 4 pilas horizontales con 3 pasillos ($n^\circ \text{ pilas} - 1$) y 3 pilas verticales con 2 pasillos ($n^\circ \text{ pilas} - 1$) además se le sumarán un pasillo de cada lado para maniobras. Esto dará el área general del patio de compostaje.

$$((3.8+4)\text{m} \times 3) \times ((3.4+4)\text{m} \times 4) = 23.4\text{m} \times 29.6\text{m} = 692.64\text{m}^2$$

La unidad de patio deberá contar con aproximadamente 700 m^2 .

Esta unidad de patio deberá duplicarse acorde a las proyecciones realizadas en relación con la producción de RSUO en la isla Isabela para los próximos 20 años.

Distribución de las pilas y dinámica del patio de compostaje

A partir de la fecha 17 de septiembre de 2011 se comenzó a aprovechar todo el RSUO de la Isla Isabela.

Los RSUO que se recogen, son ubicados en 2 pilas (prepilas) donde ya empieza el proceso de compostaje, las cuales contienen el material recibido a lo largo de una semana y se los ubica en el primer puesto (figura 11.1).

Cada día de recolección de RSUO de la semana, se realiza la misma operación, colocando el material sobre las prepilas. Transcurrida 1 semana, e iniciando los lunes, se unen las prepilas y se voltean hacia el segundo puesto, quedando sólo una pila por semana. Esto es esencial para airear y homogeneizar el material. De esta forma queda libre el primer puesto para comenzar a trabajar en las prepilas de la siguiente semana.

Cada vez que comienza una semana se corren las pilas un puesto, así a medida que va ocurriendo el proceso de compostaje se va acercando la pila que va madurando hacia la salida, donde se cernirá.

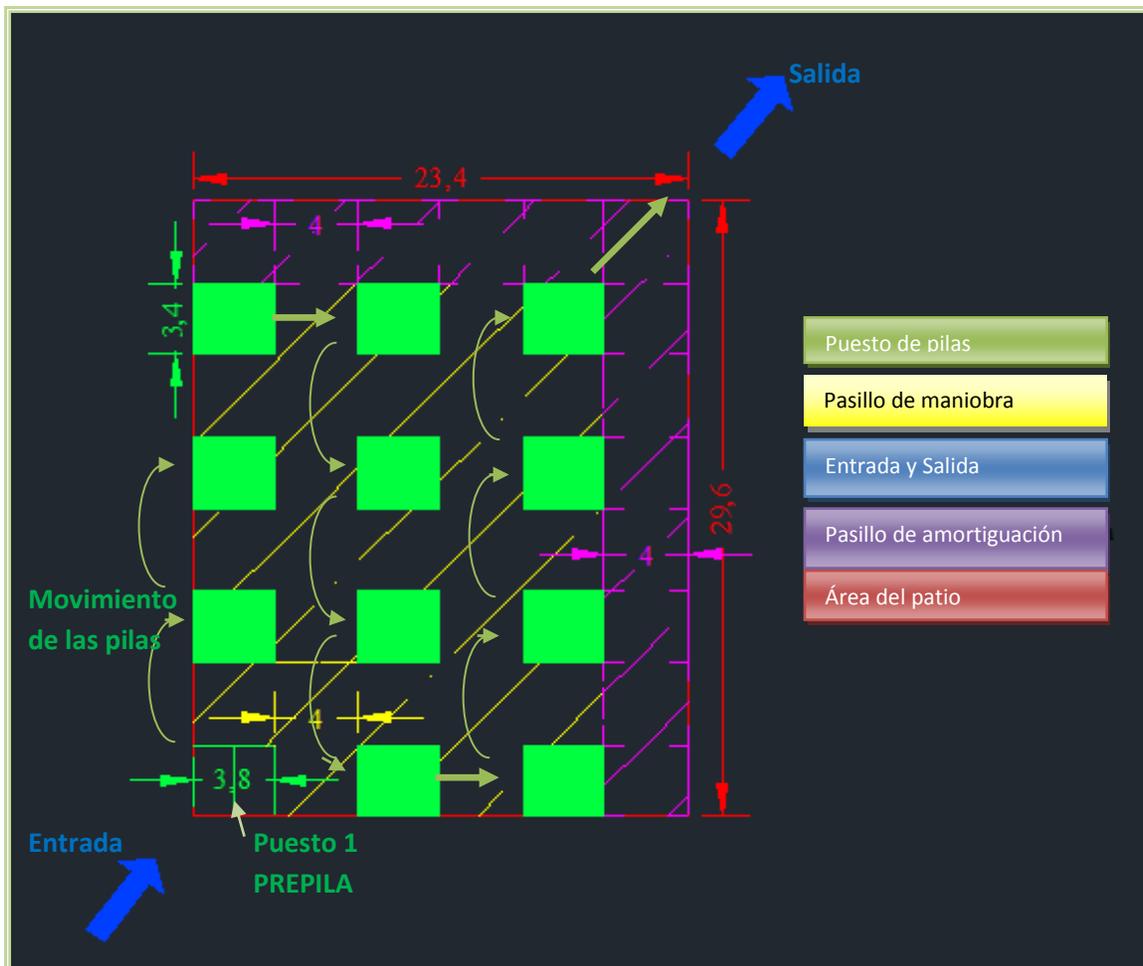


Figura 11.1. Distribución y dinámica del patio de compostaje (diseño realizado en AUTOCAD).

Como se puede apreciar en la figura 11.1, cuando la pila cumple con $T_c = 12$ semanas se retira y el espacio queda disponible para recibir una nueva, estableciéndose a partir del tercer mes un ciclo productivo semanal con la salida del sistema del producto maduro, correspondiente a la pila 1 y así sucesivamente.

El diseño proyectado para el patio de compostaje fue parcialmente aceptado y utilizado como modelo para la construcción del mismo (figura 11.2.).



Figura 11.2. Imágenes de la futura planta de compostaje recientemente construida, sobre la base de lo propuesto en este proyecto final.

Puesto que el peso inicial de la pila incluye su estado humectado y el 100 % de la materia orgánica original de los RSUO, se ha confirmado experimentalmente que al final del recorrido por el patio de compostaje, se obtiene la mitad del volumen inicial de la materia, y al momento del cernido se obtiene un 10 % del volumen de la pila original. Por lo tanto, el producto obtenido que será empaquetado, es de aproximadamente el 10 % del peso original.

En definitiva, por cada pila inicial de RSUO (7000 kg) se obtienen unos 700 kg de compost.

Material estructurante e hidratación

Según la experiencia, se utilizó como material estructurante para iniciar el ciclo, viruta sin tratamiento del aserradero municipal. Se propone que sea un 10% del total del peso del RSUO inicial a compostar.

Cuando se va obteniendo compost luego de cernir, toda materia que no se composta se vuelve a ingresar al sistema como material estructurante e inoculante.

Para regar las pilas la cantidad de agua empleada fue de alrededor del 4% del total del peso de las mismas. El porcentaje podrá verse modificado de acuerdo a la estación del año en Galápagos que a diferencia de las de nuestras latitudes son sólo dos (estación seca o húmeda, ambas con elevadas temperaturas que oscilan entre los 19 y 32 °C). Cuando la planta esté en funcionamiento, se recomienda utilizar el lixiviado tratado como líquido de riego.

Cernido

Por cada pila inicial de RSUO se obtiene al finalizar el proceso el 10% del peso de la materia prima en producto.

La textura es semejante a la del humus.

Zonas recomendadas

Además del patio de compostaje (proyectado y en construcción), se han propuesto al municipio de Isabela otras zonas involucradas en la gestión de RSUO, cuyas características no se han caracterizado aún:

- ✓ Área de descarga
- ✓ Área de separación de impropios
- ✓ Cernido
- ✓ Secado
- ✓ Empacado
- ✓ Área de pesaje y registro de compost
- ✓ Vivero
- ✓ Bodega
- ✓ Laboratorio
- ✓ Vestuarios
- ✓ Laguna de lixiviado

Proyecciones

Para el año 2028, se proyecta la producción 25.270kg RSUO/semana, lo que exige la formación de más de 3 pilas/semana. Asumiendo entonces esta información proyectada a casi 20 años, se puede planificar la construcción de un patio de iguales dimensiones que las detalladas para la presente situación. Es necesario tener en cuenta que cada pila a lo largo de su trayecto por el patio de compostaje (recorrido durante 3 meses) pierde en simultáneo peso y volumen. Así, es posible proyectar que a futuro las pilas “mellizas” puedan unirse en la última etapa, en la que poseen aproximadamente el 50% de su volumen y peso inicial, y en la cual ocurre casi exclusivamente la maduración del material y en la cual no hay requerimientos especiales de temperatura y humedad.

Tratamiento de lixiviados

Se puede definir lixiviado como el líquido procedente de los RSU (en el caso de este proyecto RSUO), resultante de un proceso de degradación de los mismos, que se filtra desde ellos y que arrastra materiales disueltos o en suspensión. El lixiviado consiste en cualquier líquido y sus componentes en suspensión, que ha percolado o drenado a través de la masa de residuos (Atlas Ambiental de Buenos Aires, Ley Nacional 24051, Art 69 anexo 1).

Para recoger el lixiviado se utilizarán canaletas y drenajes alrededor de los puestos destinados a las pilas, con una pendiente tal que escurran hasta una localización central para su tratamiento, el cual no sería necesario si el mismo estuviera recién generado. El lixiviado recogido se conducirá por una serie de piscinas diseñadas para el proyecto, que se utilizarán para su tratamiento. Será necesario un estudio de la composición de estos lixiviados para implementar su adecuado manejo y posterior ingreso al ciclo. De ser necesario, se implementará un tratamiento de los mismos.

Los lixiviados se producen especialmente durante las primeras semanas del compostaje (pre-fermentación y comienzo de la fermentación intensiva), debido al alto contenido de agua de los desechos sólidos y al riego necesario para mantener la humedad adecuada.

Si se compostan desechos biodegradables domiciliarios, tal como en este caso de estudio, se puede estimar una cantidad de lixiviados entre 15-35lts/tn basura cruda. Si se cuenta con un terreno bastante grande, se recomienda una piscina de sedimentación que permita aplicar un tratamiento biológico en una laguna poco profunda, para evitar condiciones anaeróbicas, lo cual además es la alternativa más económica y sencilla, en la cual los lixiviados puedan permanecer unos 30 días.

Para optimizar la eficiencia del proceso en laguna somera, se puede realizar un tratamiento con plantas. El fondo de la laguna somera se debería cubrir con una mezcla de humus y arena (1/1) de espesor de 10 cm. La misma planta de compostaje puede suministrar el humus. El tratamiento se puede realizar con plantas acuáticas, seleccionadas para este caso, dependiendo del clima y de la flora local.

Los lixiviados producto de este proyecto, una vez analizados y conocida su inocuidad, es decir, en caso de no requerir ningún tratamiento, podrán ser utilizados para el riego de las pilas, tal que este líquido residual ingrese al ciclo de compostaje, proveyendo no sólo de agua sino también de microbiota activa y también de materia orgánica disuelta susceptible de ser degradada en el proceso.

XII. Resultados de la implementación del proyecto a escala real

Los resultados que se exponen a continuación fueron aportados por Cristhian W. Cabrera Suárez Técnico Ambiental, Jefe de la Unidad de Residuos Sólidos de la Dirección Ambiental del Municipio Autónomo Descentralizado de Isabela Galápagos.

Año 2011

Durante los últimos 2 meses del 2011, se pesaron los RSUO ingresados al predio, los cuales oscilaron entre 42 ton y 48 ton (tabla 12.1). De éstos, se separó aproximadamente un porcentaje cercano al 8% de materiales impropios. Además, de estos RSUO, aproximadamente entre 1/3 y 1/2 pudieron ser retirados para ser utilizados como alimento de ganado porcino, principalmente. Es de destacar la constancia en el peso del ítem alimento (no sólo presentado en la tabla 12.1 sino también en las siguientes que muestran este dato) se debe a que este es un promedio que proviene de los valores registrados diariamente tomados durante un mes.

También merece destacarse que las cantidades de OC son el resultado de una escasa o nula clasificación en origen, ya que este es el período del inicio de la implementación de la GIRSU, la cual constituye una etapa de adquisición de práctica, tanto de los operarios como de la población.

Tabla 12.1. Pesos de los RSUO ingresados al predio y su discriminación entre orgánico susceptible de ser compostado (OC), alimento de animales e impropios.

Mes	11	12	Total
OC (kg)	26585	32230	58815
Material Impropio (kg)	3540	3812	7352
Alimento (kg)	12000	12000	24000
Total	42125	48042	90167

De esta manera, se calcularon los promedios, mensuales y semanales, para facilitar el manejo numérico de la información (tabla 12.2).

Tabla 12.2 Promedios semanales y mensuales de los pesos de los RSUO.

Promedio	Mes	Semana
Peso OC (kg)	29408	7352
Alimento (kg)	12000	3000
Total (kg)	41408	10352

También se midieron las temperaturas de las pilas formadas, con una semana de diferencia entre ellas (tabla 12.3), cada una de las cuales requirió de aproximadamente 4 semanas para alcanzar la etapa termogénica (figura 12.1), con temperaturas que oscilaron entre 71 y 73 (valores resaltados en rojo).

Tabla 12.3 Temperaturas de las tres pilas monitoreadas. Las temperaturas del aire registradas durante el periodo de estudio correspondiente a la formación de las pilas que se informan oscilaron entre 19 y 27 °C.

Formación	19/09/11	26/09/11	03/10/11
Fecha	Pila 1 (°C)	Pila 2 (°C)	Pila 3 (°C)
19/09	35		
23/09	35		
26/09	37	35	
30/09	45	37	
03/10	50	39	36
07/10	53	45	42
10/10	65	46	48
14/10	71	55	60
17/10	67	65	63
21/10	65	66	65
24/10	63	72	66
28/10	55	68	67
31/10	50	65	73
04/11	37	55	66
07/11	35	53	63
11/11	36	48	55
14/11	35	36	49
18/11	35	35	38
21/11	35	35	36

25/11	33	35	35
28/11	35	36	35
02/12	35	35	35
05/12		35	36
09/12		35	35
12/12		35	35

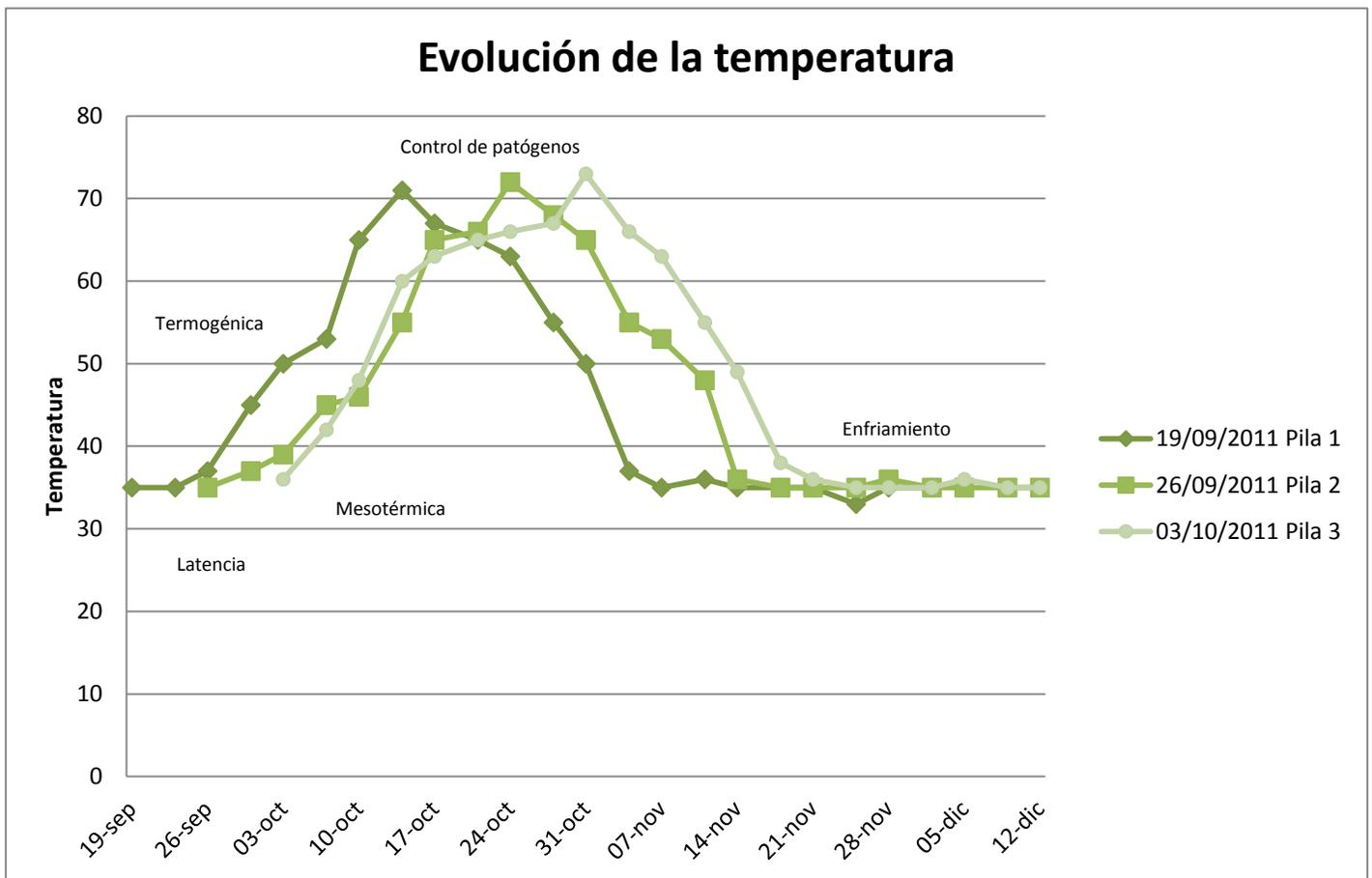


Figura 12.1. Evolución de la temperatura (°C) en las pilas formadas.

Año 2012

Durante el 2012, se pesaron los RSUO ingresados al predio, los cuales oscilaron entre 23ton y 36ton (tabla 12.4). Se puede observar que las cantidades recibidas son menores a las correspondientes al 2011, ya que se redujeron entre un 30 y un 50%.

De éstos, se separó aproximadamente un porcentaje cercano al 6% de materiales impropios.

Además, de estos RSUO, aproximadamente más de la mitad pudieron ser retirados para ser utilizados como alimento de ganado porcino, principalmente.

Estos resultados plantean diferentes hipótesis, algunas de las cuales se exponen:

- ✓ Cambio de hábitos alimenticios, es posible que la población esté ingiriendo alimentos empacados o enlatados (industrializados), en reemplazo de alimentos frescos que se manifiestan en la disminución de restos de comidas.
- ✓ Disminución del turismo, que resulta en una disminución de los RSUO que llegan al predio.
- ✓ Vuelta a malos hábitos de clasificación en origen, (tal vez por falta de un programa de educación continua).
- ✓ Es posible que los habitantes hayan estado invirtiendo su tiempo en la separación específica de aquellos RSU rentables económicamente, los que se acopian en el tacho azul (ver tríptico sección 8)

Tabla 12.4. Pesos de los RSUO ingresados al predio y su discriminación entre orgánico susceptible de ser compostado (OC), alimento de animales e impropios.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
OC (kg)	15315	12375	10215	17365	18300	13905	22735	17275	18685	21040	19280	20075	206565
Material Impropio (kg)	1925	1500	1325	2210	1800	1900	2025	2555	2475	2465	2215	2300	24695
Alimento (kg)	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	144000
Totales	29240	25875	23540	31575	32100	27805	36760	31830	33160	35505	33495	34375	375260

Tabla 12.5 Promedios semanales y mensuales de los pesos de los RSUO.

Promedio	Mes	Semanal
Peso Orgánico (kg)	17213.75	4303.43
Alimento (kg)	12000	3000
Total (kg)	29213.75.	7303.43

También se midieron las temperaturas de las pilas formadas, con una semana de diferencia entre ellas (tabla 12.6), cada una de las cuales requirió de aproximadamente entre 3 y 5 semanas para alcanzar la etapa termogénica (figura 12.2), con temperaturas que oscilaron entre 71 y 73 (valores resaltados en rojo).

Tabla 12.6. Temperaturas de las seis pilas monitoreadas. Las temperaturas del aire registradas durante el periodo de estudio correspondiente a la formación de las pilas que se informan oscilaron entre 21 y 30 °C. En rojo se señalan los picos de temperatura a los cuales ocurre el control de patógenos.

Creación	22/06/2012	29/06/2012	06/07/2012	13/07/2012	20/07/2012	27/07/2012
Fecha	Pila N° 1 (°C)	Pila N°2 (°C)	Pila N°3 (°C)	Pila N°4 (°C)	Pila N°5 (°C)	Pila N°6 (°C)
09/07	65	60	47			
30/07	65	66	55	60		
01/08	70	65	60	63	56	41
03/08	73	63	75	65	68	46
06/08	67	72	70	66	72	52
08/08	71	65	67	72	73	53
13/08	68	65	68	66	63	55
15/08	65	63	65	70	63	57
17/08	66	60	63	68	59	60
20/08	63	65	59	65	58	62
22/08	61	63	57	63	58	65
24/08	55	58	52	60	57	67
27/08	50	53	48	56	56	69
29/08	42	47	36	47	53	69
31/08	41	52	39	49	50	75
03/09	43	46	37	51	56	66
05/09	35	44	35	45	50	64
07/09	35	41	37	47	48	61
10/09	34	37	35	47	44	63
12/09	34	36	35	47	46	60
14/09	34	38	36	48	47	64
17/09	31	38	32	44	41	68

19/09	42	36	40	42	52	64
21/09	39	36	44	45	49	60
24/09	36	35	46	48	45	63
26/09	37	35	41	47	51	60
28/09	32	35	37	42	44	50

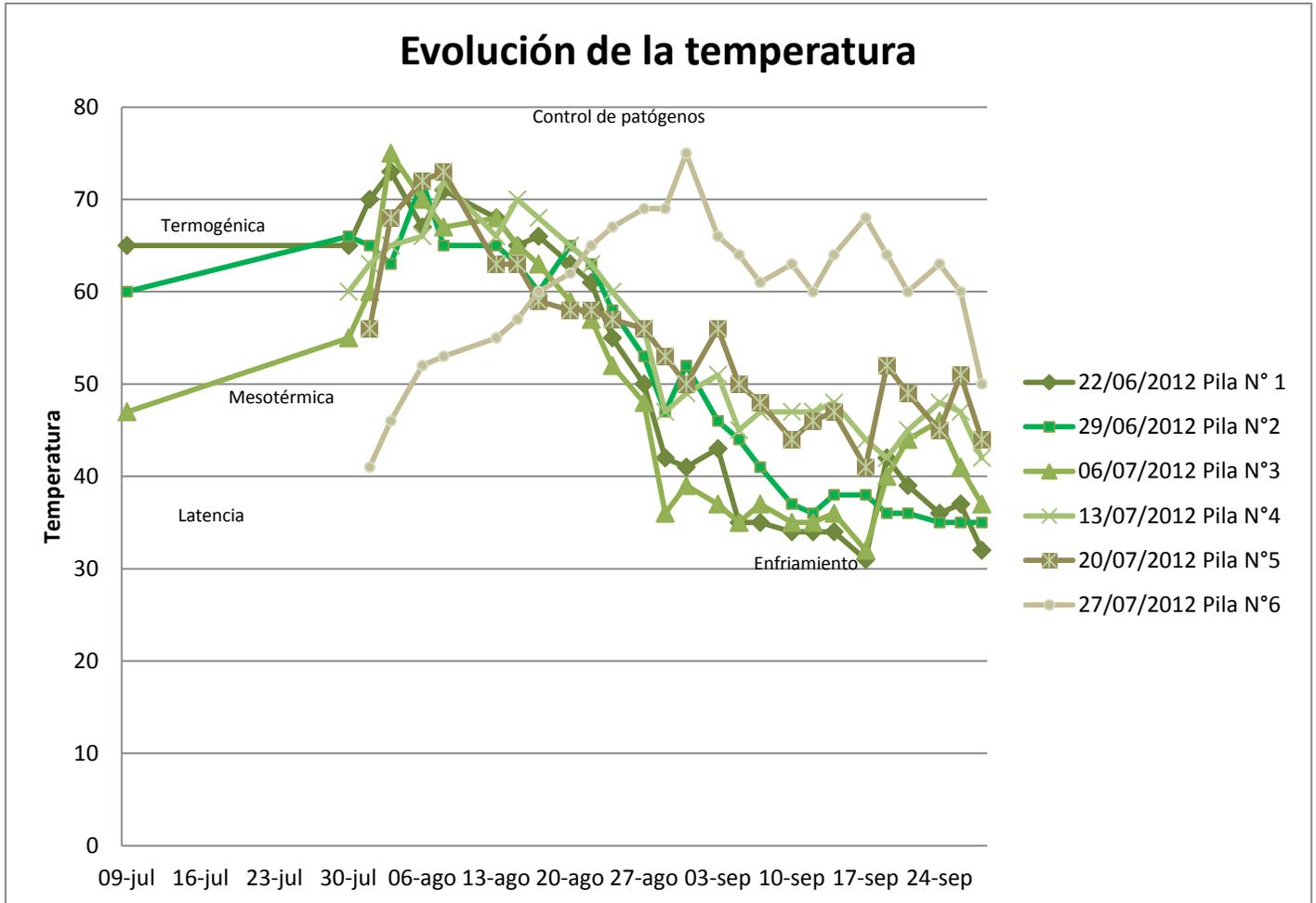


Figura 12.2. Evolución de la temperatura (°C) en las pilas formadas.

Año 2013

Durante el 2013, se pesaron los RSUO ingresados al predio, los cuales oscilaron entre 24ton y 34ton (tabla 12.7). Asimismo se calcularon los promedios mensuales y semanales (tabla 12.8), considerando que los son del período enero-octubre 2013, ya que los mismos fueron recibidos a principios de noviembre.

Se puede observar que las cantidades no variaron sustancialmente respecto al 2012.

De éstos, se separó aproximadamente un 17% de materiales impropios. Esto permite suponer que la población no separó adecuadamente los RSUO y/o que hubo un manejo más eficaz del material por parte de los operarios.

Además, de estos RSUO, aproximadamente más de la mitad pudieron ser retirados para ser utilizados como alimento de ganado porcino, principalmente.

Tabla 12.7. Pesos de los RSUO ingresados al predio y su discriminación entre orgánico susceptible de ser compostado (OC), alimento de animales e impropios.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL
OC (kg)	15855	11160	11475	10395	15620	13220	20470	19175	13400	13290	N/D	N/D	144060
Material Impropio (kg)	1950	1400	1800	2550	2425	1875	2350	3615	3355	3345	N/D	N/D	24665
Alimento (kg)	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	N/D	N/D	120000
Total (kg)	29835	24560	25275	24945	30045	27095	34820	34790	28755	28635	N/D	N/D	288725

Tabla 12.8. Promedios semanales y mensuales de los pesos de los RSUO.

Promedio	Mes	Semana
OC (kg)	14406	3601.5
Alimento (kg)	12000	3000
Total (kg)	26406	6601.5

Resumen

Durante el período de estudio se obtuvieron los datos de la tabla 12.9

Tabla 12.9. Cantidades promedio de RSUO recibidas durante tres años de monitoreo.

Año	2011	2012	2013
Promedio mensual de OC	29408	17213.75	14406
Cantidad semanal	7352	4303.43	3601.5

Relación material estructurante (ME) y agua

Como se explicó en otras secciones se recomienda utilizar el 10% del de OC en material estructurante y 4% de OC en agua para riego semanal. En la tabla 12.10 se muestran valores propuestos y utilizados para la estructuración e hidratación de las pilas

Tabla 12.10. Valores para estructuración e hidratación de las tres pilas ensayadas.

Porcentajes	Cantidad (kg)		
	2011	2012	2013
Pilas 100%	7352	4303,43	3601.5
ME al 10%	735,2	430,343	360,15
Agua (4%)	294	258	216

XIII. Otras técnicas de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos

A partir del aprovechamiento de los RSUO, lo que antes era desecho, se puede reinsertar en el mercado económico, puede ser reutilizado o transformado en otro producto, con valor comercial.

La maximización del aprovechamiento de los residuos generados y en consecuencia la minimización de los desechos, contribuye a conservar y reducir la demanda de recursos naturales, disminuir el consumo de energía, preservar los sitios de disposición final y reducir sus costos- Asimismo, también reduce la contaminación ambiental al disminuir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final o que simplemente son dispuestos en cualquier sitio, contaminando el ambiente.

Este aprovechamiento debe realizarse siempre y cuando sea económicamente viable, técnicamente factible y ambientalmente conveniente.

Las normas y acciones orientadas hacia los residuos aprovechables deben tener en cuenta lo siguiente:

- Se trata de materia prima con valor comercial, en consecuencia sujeta a las leyes del mercado y consideradas como insumo (Soto, 2003).
- Su destino es el aprovechamiento ya sea de manera directa o como resultado de procesos de tratamiento, reutilización, reciclaje, producción de bioabono, generación de biogás, compostaje, incineración con producción de energía, entre otros.
- La calificación de residuo aprovechable debe darse teniendo en cuenta que exista un mercado para el residuo, en el cual están comprometidos los generadores de las materias primas y de los productos finales.
- Deben ser objeto del establecimiento de incentivos de toda índole, en especial económicos y tributarios.

Teniendo en cuenta que el análisis del impacto de un producto o proceso debe ser integral, los incentivos que se otorguen deben considerar el proceso productivo en su integridad, de modo que no se distorsionen los objetivos de la gestión ambiental que consisten no sólo en disminuir un impacto ambiental específico - postconsumo -, sino todo lo que se genera durante el proceso productivo.

- La población que actualmente está realizando las actividades de recuperación debe tener reconocimiento y espacio para su trabajo.

Elección del proceso biológico

Según “Gestión Integral de Residuos Sólidos”, George Tchobanoglous, Hilary Theisen, Samuel A. Vigil (1996)

Tanto los procesos aerobios como anaerobios tienen cabida en la gestión de residuos sólidos. Cada proceso ofrece distintas ventajas. En general el funcionamiento de los procesos anaerobios es más complejo que el de los procesos aerobios. Sin embargo los anaerobios ofrecen el beneficio de la recuperación de energía en forma de gas metano y por lo tanto son productores netos de energía. Por otra parte, los procesos aerobios son consumidores netos de energía porque hay que suministrar oxígeno para la conversión de residuos, pero ofrecen la ventaja de un funcionamiento relativamente sencillo, y si se operan correctamente, pueden reducir significativamente el volumen de la porción Orgánica de los RSU.

Otros procesos de transformación

Además de los procesos de compostaje aerobio y la digestión anaerobia, la hidrólisis enzimática y la fermentación después de la hidrólisis ácida o enzimática, entre los diferentes procesos biológicos de transformación de RSU (tabla 13.1) son los procesos biológicos que han recibido más atención.

Tabla 13.1. Principales procesos biológicos utilizados para la transformación de la fracción orgánica de los RSU.

Proceso	Producto de conversión	Procesamiento
Conversión aeróbicas	Compost, acondicionador del suelo	Separación de la fracción orgánica reduciendo de tamaño de las partículas
Digestión anaerobia en vertedero	Metano y dióxido de carbono	Ninguno excepto colocación en celdas de contención
Digestión anaerobia sólidos en baja concentración 4 al 8% en sólidos	Metano y dióxido de carbono sólidos digeridos	Separación de la fracción orgánica reducción de tamaño de partículas
Digestión anaerobia (sólidos en altas concentraciones del 22 al 35 % en sólidos)	Metano y dióxido de carbono, sólidos digeridos	Separación de la fracción orgánica reducción de tamaño de partícula
Hidrólisis enzimática	Glucosa a partir de celulosa	Separación de los materiales que contienen celulosa
Fermentación (después de la hidrólisis enzimática)	Etanol proteína de célula sencilla	Separación de la fracción orgánica reducción de tamaño de partícula hidrólisis acida o enzimática para producir glucosa

Alimentación animal

Principalmente en las zonas rurales, algunos pobladores separan la fracción orgánica generada, para la alimentación de animales, en su mayoría ganado porcino (figura 13.1).

Los residuos orgánicos tienen un alto contenido en humedad lo que implica dificultades para el almacenamiento, el consumo debe ser rápido con el fin de evitar problemas de fermentación o descomposición del mismo. Para incorporar el producto orgánico como complemento importante en la alimentación animal, es necesaria una correcta planificación en la que se tenga en cuenta: de qué productos se dispone, en qué cantidades y en que periodos de tiempo.



Figura 13.1. Recolección de RSUO para la alimentación de animales.

Lombricultivo

Es una biotecnología que utiliza una especie domesticada de lombriz, como una herramienta de trabajo que recicla todo tipo de materia orgánica obteniendo como fruto de este trabajo humus, carne y harina de lombriz.

Se trata de una actividad zootécnica que permite perfeccionar todos los sistemas de producción agrícola.

Consiste en la cría de lombrices en cautiverio, logrando obtener una rápida y masiva producción, en espacios reducidos, utilizando para su alimentación materiales biodegradables de origen agrícola, pecuario, industrial y casero, produciendo como resultado la transformación de los desechos en biomasa y humus (abono orgánico) de alta calidad¹⁶.

También se tiene una producción importante de lombrices con el 60% de proteínas en peso seco, un recurso valioso para la economía, la cual tiene que sustituir progresivamente la compra de concentrados para nutrición animal en razón de sus costos.

Las heces de la lombriz son ricas en nutrientes, ya que contienen cinco veces más nitratos que el suelo, 11 veces más potasio, 7 veces más fósforo intercambiable y 3 veces más magnesio intercambiable, lo que favorece notablemente la asimilación de los nutrientes por las plantas.

Las lombrices requieren condiciones ambientales óptimas para su buen desarrollo, uno de estos factores es la humedad, dado que la lombriz requiere de un buen nivel para la alimentación y la respiración. Las humedades superiores al 80% les generaría la muerte. En la misma medida se encuentra la temperatura, la cual presenta un rango muy limitado entre 20 y 33 °C.

Para el caso de las islas Galápagos, no es conveniente ya que la lombriz que se emplea en estas prácticas no es nativa ni endémica, por lo tanto no estaría bajo las normas y leyes establecidas sobre la introducción de especies.

¹⁶ UNICEF – Colombia, Ministerio de Desarrollo Económico, Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial, Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios et al. Instalación, manejo y comercialización de la lombricultura y el compostaje.

Biocombustibles

Biocombustible es cualquier tipo de combustible líquido, sólido o gaseoso, proveniente de la biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal). Este término incluye:

- ✓ Bioetanol (o alcohol carburante)
- ✓ Metanol
- ✓ Biodiesel
- ✓ Diesel fabricado mediante el proceso químico de Fischer-Tropsch
- ✓ Combustibles gaseosos, como metano o hidrógeno.

Bioetanol, o alcohol carburante: se define como compuesto orgánico líquido, de naturaleza diferente a los hidrocarburos derivados de petróleo, gas natural o carbón, que tiene en su molécula un grupo hidroxilo (OH^-) enlazado a un átomo de carbono. El etanol anhidro obtenido a partir de la biomasa, tiene un contenido de agua inferior a 0.7% en volumen.

La obtención de alcohol carburante (bioetanol) resulta de tres procesos diferentes:

- ✓ Fermentación de los compuestos orgánicos, acompañada de un proceso de destilación y secado. Este proceso es el que se utiliza con materias primas como la caña de azúcar o remolacha azucarera.
- ✓ Segregación molecular, proceso en el que se fragmenta la biomasa separando las proteínas del almidón, la fibra, etc. El almidón, convertido en azúcar fermentable puede producir alcohol. Mediante este proceso se obtiene bioetanol a partir de distintas materias primas, como yuca, maíz, papa.
- ✓ Hidrólisis de la celulosa, este proceso permitiría utilizar cualquier materia que contenga celulosa, por ejemplo desechos o residuos agrícolas. El proceso está en investigación en muchas partes del mundo y se calcula que será económicamente viable muy pronto.

Metanización: “En los rellenos sanitarios, al existir materia orgánica, se produce gas metanizado en el proceso de fermentación anaeróbica, debido a la descomposición de la materia orgánica, actividad que tiene lugar durante toda la vida del relleno y una vez tapadas las capas que diariamente se extienden para su compactación y almacenamiento. Este gas, fundamentalmente metano (50% al 60%) y CO_2 (35% al 45%), debe ser extraído para su eliminación, quemado en antorcha o utilizado como combustible en motores de combustión interna. Esta alternativa empieza a ser rentable a partir de una cantidad de RSU dispuesta no inferior a 100.000 tn/año que, con una producción 1 kg./hab./día, supone 275.000 habitantes con un porcentaje de materia orgánica en el residuo del 40% al 45%. Si no se

recupera el gas del relleno, se contribuye al efecto invernadero.” (Jaramillo Henao y Zapata Márquez (2008).

Biodiesel: es un combustible para motores diesel, que puede ser producido partiendo de materias primas agrícolas (aceites vegetales y/o grasas animales), aceites o grasa de fritura usados y metanol o etanol, que también pueden obtenerse a partir de productos agrícolas.

La producción de aceites vegetales puede realizarse a partir de más de 300 especies diferentes, sin embargo las condiciones edafoclimáticas, el rendimiento, el contenido en aceite y la necesidad de mecanizar la producción, limitan actualmente el potencial de obtención de aceites vegetales a unas pocas especies, dentro de las cuales la palma, la colza, el girasol y la soja son las más utilizadas.

El proceso de producción se basa en la transesterificación, en la cual al agregar al aceite un alcohol (metanol o etanol) y un catalizador (por ejemplo hidróxido de potasio, KOH), se obtiene biodiesel y como productos adicionales glicerina, agua y residuo que puede utilizarse como fertilizante. Aunque el proceso químico es relativamente sencillo, para producir un biodiesel de calidad deben optimizarse las variables del proceso, tales como el exceso y catálisis de metanol, la desactivación del catalizador, la agitación, la temperatura y, en general, todas las condiciones del proceso (Orjuela et al. 2011).

Beneficios Ambientales de los biocombustibles

Los biocombustibles son biodegradables, el 85% se degrada en aproximadamente 28 días.

El etanol es un componente libre de compuestos aromáticos, de benceno y azufre, por lo tanto la mezcla produce menos humo (partículas) y genera menores emisiones. Al utilizar una mezcla del 10% de etanol se produce una reducción de emisiones de CO entre 22 y 50% en vehículos de carburador, así como una disminución de hidrocarburos totales entre 20 y 24%.

El biodiesel es biodegradable, no tóxico y libre de azufre y compuestos aromáticos, sin importar el origen del aceite utilizado en su producción reduce la emisión del hollín en 40-60% y de monóxido de carbono entre 10 y 50%.

XIV. CONCLUSIONES

- Se propuso un plan de manejo de RSUO en la isla Isabela, Archipiélago de Galápagos (Ecuador) que involucró la producción de compost y permitió reducir significativamente los volúmenes de disposición final en el relleno sanitario (93 %). El éxito este plan se manifiesta en la reducción del 90 % del peso inicial de los RSUO, y del 93 % del volumen inicial de los mismos
- Se diseñó un método de compostaje a partir de los RSUO apropiado para la isla Isabela, y para los recursos disponibles en el territorio involucrado, que permitió reducir los insumos y la energía a invertir en el proceso.
- El proceso estudiado en teoría fue puesto a prueba a escala piloto y a escala real, en la práctica e *in situ*, por la autora de este proyecto final, lo que lo jerarquiza, ya que no es común que un trabajo de estas características sea puesto a prueba antes de su implementación en condiciones reales.
- El producto final es un material muy escaso en la isla, ya que los suelos de origen volcánico son jóvenes y se encuentran en plena evolución.
- El compost producido abre las puertas a la generación de empleo, que también es escaso en la isla.

XV. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Aldaz, I. 2008. Manual de especies nativas y endémicas de Galápagos para la restauración ecológica en la zona agropecuaria. FUNDAR, Galápagos.
- ✓ Atkinson R., A. Guezon & P. Jaramillo. 2009. Siémbreme en tu Jardín – Plantas nativas para jardines en Galápagos- Fundación Chales Darwin. Puerto Ayora, 151 pp.
- ✓ Borja, R. 2007. La difícil relación entre lo demográfico y lo ambiental, en: Galápagos. Migraciones, economía, cultura, conflictos y acuerdos, Quito, Corporación Editora Nacional, 59 pp.
- ✓ Cayot, L. & F. Cruz. 1998. Manual para la Evaluación de la Eficiencia de Manejo del Parque Nacional Galápagos.
- ✓ CEPAL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. www.cepal.org
- ✓ Cerón, C. 1993. Manual de Botánica Ecuatoriana, Sistemática y Métodos de Estudio, Escuela de Biología. Quito – Ecuador.
- ✓ CGREG (2013) *Principales Características Demográficas de Galápagos – Resultados del Censo 2010*, Talleres gráficos del CGREG, Puerto Baquerizo Moreno, Galápagos-Ecuador. *Diciembre de 2011; Última edición Febrero de 2013; Galápagos - Ecuador*
- ✓ CITES 2008. Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
- ✓ Código ecuatoriano de la construcción. 2000. Zonificación sísmica del Ecuador.
- ✓ D’Ercole, R. & M. Trujillo. 2003. Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgos en el Ecuador. EKSEPTION. Ecuador-Quito.
- ✓ Demoraes, F. & R. D’Ercole; 2001. Cartografía de Riesgos y Capacidades en el Ecuador.
- ✓ ECOLAP y MAE. 2007. Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. ECOFUND, FAN, DarwinNet, IGM. Quito, Ecuador, 14 pp.
- ✓ Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la construcción, operación y cierre del Proyecto “Centro de Reciclaje para el Cantón Isabela”; FUNDAR-Galápagos; Gobierno Municipal de Isabela; Responsable estudios ambientales: Ing. Amb. Luis Bravo; Especialista Social: Arq. Jaime Ortiz Frías; Especialista aspectos bióticos: Agr. Iván Aldaz; 2011.
- ✓ Fundación Charles Darwin (FCD), Parque Nacional Galápagos (PNG) y Consejo de Gobierno de Galápagos (CGG), 2010. Informe Galápagos, 2009-2010. Puerto Ayora, Galápagos, Ecuador.
- ✓ Fundación Charles Darwin. Lista de especies de Galápagos. www.darwinfoundation.org/datazone/checklists
- ✓ FUNDAR-Galápagos; Gobierno Municipal De Isabela; 2011. Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para la Construcción, Operación y Cierre del Proyecto “Centro de Reciclaje para el Cantón Isabela. 135 pp.
- ✓ González, G.L. 2010. Tratamiento y disposición final, situación actual y alternativas futuras, Área de Pensamiento Estratégico. Cámara Argentina de la Construcción. 63 pp.
- ✓ Granizo, T., C. Pacheco, M. Rivadeneira & B. Guerrero. 2002. Libro Rojo de Aves del Ecuador. SIMBIOE – CI – ECOCIENCIA – MAE.
- ✓ Grenier, C. 2007. Conservación contra natura. Las Islas Galápagos, Quito, Abya Yala.
- ✓ Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. www.inec.gob.ec
- ✓ Jackson, M.H., 1985. Galapagos, A Natural History Guide. The University of Calgary Press. Calgary. 283 pp.
- ✓ Jaramillo Heano, G. y L.M. Zapata Márquez. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. Universidad de Antioquia. Facultad de Ingeniería, Posgrados de Ambiental, Especialización en Gestión Ambiental.
- ✓ Mc Mullen C. 1999. Flowering Plants of the Galapagos. London. 370 pp.

- ✓ Ogura, A., & Soares Macedo, E. (2005). Procesos y riesgos geológicos. *Division of Geology Institute for Technological Research of São Paulo-IPT. tic. uis. Edu co/aula2, 1.*
- ✓ Orjuela JA, I Huertas, JC. Figueroa, D Kalenatic y K Kadena. 2011. Potencial de Producción de Bioetanol a partir de caña panelera: Dinámica entre contaminación, seguridad alimentaria y uso del suelo. *Ingeniería (16,1): 6-26.* Universidad distrital Francisco José de Caldas, Colombia.
- ✓ Ospina, P. 2006. Galápagos. Naturaleza y sociedad. Actores sociales y conflictos ambientales, Quito, Corporación Editora Nacional.
- ✓ Parra, A. y J. González. 2005. Proyecto Integral Galápagos Ecuador AECI – Parque Nacional Galápagos. Galápagos Conservación y Desarrollo en las Islas Encantadas.
- ✓ Peck, S., 1990. Eyeless Arthropods of the Galapagos Islands, Ecuador. Composition and origin of the Cryptozoic Fauna of a Young, Tropical Ocean Archipelago. *Biotropica 22 (4): 366 – 381.*
- ✓ PRONAREG INGALA, PRONAREG & ORSTOM. 1989. Inventario cartográfico de los recursos naturales, geomorfología, vegetación, hídricos, ecológicos y biofísicos de las Islas Galápagos, Ecuador. INGALA, Quito.
- ✓ Röben, E. 2002. Manual de Compostaje Para Municipios. DED/ Ilustre Municipalidad de Loja. Ecuador. 68pp.
- ✓ Romero Ordoñez A. E. 2009. Recomendaciones Para El Manejo Del Botadero De Basura Sector El Mango. Pto. Villamil. Gobierno Municipal del Cantón Isabela. Dirección de gestión Ambiental Municipal. Informe Inédito. 57 pp.
- ✓ Silva V., P. López M., P. Valencia A. 1999. Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje; Escuela de Ingeniería de los Recursos Naturales y del Ambiente (EIDENAR), Universidad del Valle-Facultad de Ingeniería. Cali-Colombia.
- ✓ Soto, G. 2003. El proyecto NOS de CATIE/GTZ, el centro de investigaciones agronómicas de la Unidad de Costa Rica de insumos agropecuarios no sintéticos. En: Taller de abonos orgánicos. Costa Rica, 22 pp.
- ✓ Swash, A. & R. Still. 2006. Birds, Mammals and Reptiles of the Galápagos Islands. Second Edition.
- ✓ Sztern, D. & M.A. Pravia. 1996. Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Oficina de Planeamiento y Presupuesto. Unidad de Desarrollo Municipal. Organización Panamericana de la Salud, Uruguay 69pp.
- ✓ Tchobanoglous G., H. Theisen & S. A. Vigil. 1996. Gestión Integral de Residuos Sólidos. Tomos. I y II, Mc-Graw-Hill. 1125 pp.
- ✓ Tirira, D. (Ed). 2011. Libro Rojo de Mamíferos del Ecuador. 2da edición. SIMBIOE/Ecociencia/Ministerio del Ambiente/UICN.
- ✓ UICN. 2000. IUCN Red List of Threatened Animals. International Union for Conservation of Nature & Natural Resources. Cambridge, UK.
- ✓ UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. www.unesco.org
- ✓ Wiggins, I. & D. Porter. 1971. Flora of the Galapagos Islands. Stanford University Press, California.