

**PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO
2010 – 2020
CON PROYECTO DE EJECUCIÓN DE CENTRO DE
TRATAMIENTO
(REPÚBLICA DE CABO VERDE)**

gea21

GRUPO DE ESTUDIOS
Y ALTERNATIVAS

Pta. del Sol, 13
28080 Madrid
gea21@gea21.com



Escritor Azorín, 9
14004 Córdoba
info@agromed.es



**Documento elaborado por *gea 21*, S.L. y AGROMED Consulting S.L., a requerimiento de la
Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) a través de la OTC de
Praia, Cabo Verde
Madrid (España) - Santo Antão (Cabo Verde) Septiembre de 2010**

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO 2010-2020

INTRODUCCIÓN	1
A. FUENTES DE INFORMACIÓN	5
B. LEGISLACIÓN	7
1. LEGISLACIÓN DE CABO VERDE	7
2. LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA	8
3. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA	9
PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	12
I. CENSO DE RESIDUOS	13
1. Población	13
2. Generación de residuos	15
2.1. Sistema de pesadas	15
2.2. Resultados de las pesadas	18
<i>2.2.1. Campaña de otoño de 2009</i>	<i>19</i>
<i>2.2.2. Campaña de primavera de 2010</i>	<i>20</i>
3. Composición de los residuos	21
3.1. Metodología de análisis	22
3.2. Resultado de los análisis	23
<i>3.2.1. Campaña de otoño de 2009</i>	<i>23</i>
<i>3.2.2. Campaña de primavera de 2010</i>	<i>25</i>
4. Resultados finales de las dos campañas	28
4.1. Resultados de las pesadas por poblaciones	28
<i>4.1.1. Cantidades totales obtenidas</i>	<i>30</i>
4.2. Resultados finales de la composición de los residuos	30
<i>4.2.1. Resultados por poblaciones</i>	<i>31</i>
<i>4.2.2. Resultados totales en peso por fracciones</i>	<i>34</i>
5. Estimación de los residuos totales generados en Santo Antão	35
5.1. Planificación de la gestión en el centro de tratamiento	35
<i>5.1.1. Densidad de los residuos en vertedero</i>	<i>36</i>
5.2. Etapas y escenarios en la explotación del vertedero	36
<i>5.2.1. Etapa I</i>	<i>38</i>
<i>5.2.2. Etapa II</i>	<i>43</i>
II. CENSO DE INSTALACIONES EXISTENTES PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	44
1. Sistema de recogida	44

1.1. Parque de contenedores	44
1.2. Parque de vehículos	45
2. Sistema de tratamiento. Vertederos	48
III. MAPA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO	52
1. Mapa de los residuos sólidos urbanos generados en la isla de Santo Antão	53
2. Mapa de los vertederos en la isla de Santo Antão	54

SEGUNDA PARTE: PROPUESTA DE ACTUACIÓN	55
--	-----------

I. PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO	56
--	-----------

<i>Introducción</i>	56
---------------------	----

1. Consideraciones generales previas	57
1.1 Criterios de ahorro	57
1.1.1. <i>La durabilidad de los productos</i>	57
<i>La Garantía de buen funcionamiento</i>	57
<i>La reparación y remodelación</i>	58
1.1.2. <i>Segunda mano</i>	58
1.1.3. <i>Leasing y renting</i>	59
1.1.4. <i>El ahorro en el consumo de agua y energía</i>	59
1.2. Criterios de compra	60
1.2.1. <i>Criterios ambientales</i>	60
1.2.2. <i>Criterios de responsabilidad social</i>	61
<i>El comercio justo</i>	62
<i>La inversión socialmente responsable</i>	62
<i>Los fondos de inversión</i>	63
2. Sub-programa para la prevención de los residuos peligrosos domésticos	63
2.1. Cantidades y naturaleza de estos residuos	64
2.2. Los productos de limpieza	65
2.2.1. <i>La peligrosidad de los productos de limpieza</i>	66
2.3. Los insecticidas	67
2.4. Las pinturas y barnices	67
2.5. Las pilas eléctricas	68
3. Sub-programa de prevención de los residuos de envases	69
3.1. Medidas para la reducción de los envases utilizados actualmente	69
3.1.1. <i>Compras a granel</i>	69
3.1.2. <i>Envases de vidrio</i>	70
3.1.3. <i>Otros envases</i>	71
3.2. Medidas para la prevención futura de los residuos de envases	71

II. PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO	73
<i>Introducción</i>	73
II-1. SUBPROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ANIMAL CONTROLADA	74
<i>Introducción</i>	74
1. Estrategia de actuación	74
1.1. Cantidades de residuos y de ganado alimentado	74
1.2. Sistemas de recogida de residuos de alimentos	76
1.3. Garantías para el mantenimiento y mejora de este sistema de aprovechamiento de los residuos de alimentos	77
II-2. SUBPROGRAMA DE COMPOSTAJE	79
<i>Introducción</i>	79
1. La recogida selectiva de los residuos orgánicos fermentables	81
1.1. La organización de la recogida selectiva	81
<i>1.1.1. Las campañas para conseguir la correcta separación en origen de estos residuos</i>	82
<i>1.1.2. La labor institucional</i>	83
<i>El equipo dinamizador</i>	83
<i>El objetivo de la comunicación</i>	84
<i>1.1.3. Los sistemas de presentación recogida y transporte</i>	85
2. El tratamiento de los residuos orgánicos fermentables. Condiciones de partida	85
2.1. Condiciones necesarias previas para garantizar el proceso de compostaje en la planta	86
<i>La disponibilidad de material estructurante de origen vegetal</i>	86
<i>Mantenimiento de la humedad</i>	86
2.2. Los restos orgánicos para compostar	87
3. La planta de compostaje	88
3.1. Operatividad de la planta	88
3.2. El sistema de compostaje	89
3.2.1. El control del proceso de compostaje	90
<i>Constitución de las pilas</i>	92
<i>Volteo y riego de las pilas</i>	92
3.3. Descripción de la instalación	93
3.3.1. Dimensionamiento de la planta	94
3.3.2. Zonas operativas	94
<i>Zona de recepción y acopio de materiales</i>	94
<i>Área de compostaje</i>	94
<i>Edificios y zona de almacenamiento del compost</i>	95
3.3.3. Instalaciones auxiliares y maquinaria	96
<i>Báscula</i>	96
<i>Captación de pluviales y balsa de lixiviados</i>	96
<i>Maquinaria</i>	97

II-3. SUBPROGRAMA DE FORMACIÓN PARA EL COMPOSTAJE 98

***Introducción* 98**

1. Curso de formación del maestro compostador 99

1. Introducción general	101
1.1 Nociones sobre compostaje	101
<i>Residuos susceptibles de ser compostados</i>	<i>101</i>
<i>Reducción de residuos</i>	<i>101</i>
<i>Las claves: Conocimiento del proceso y conocimiento de los residuos</i>	<i>102</i>
1.2. Algunos aspectos microbiológicos y bioquímicos	102
1.3. Los parámetros de control del proceso de compostaje	104
<i>El pH</i>	<i>105</i>
<i>La población microbiana</i>	<i>105</i>
<i>El balance de nutrientes</i>	<i>106</i>
<i>Textura y tamaño de partícula</i>	<i>106</i>
<i>La temperatura</i>	<i>107</i>
<i>La humedad</i>	<i>110</i>
<i>Ventilación y nivel de oxígeno</i>	<i>111</i>
<i>Desprendimiento de CO₂</i>	<i>112</i>
<i>Desprendimiento y/o presencia de NH₃</i>	<i>112</i>
1.4. Mezclas de residuos y co-compostaje	113
1.5. La maquinaria al servicio del proceso	116
1.6. Descripción de tecnologías	119
<i>1.6.1. Clasificación y breve descripción de las tecnologías disponibles</i>	<i>119</i>
<i>1.6.1.1. Sistemas abiertos</i>	<i>121</i>
<i>Disposición en pilas</i>	<i>121</i>
<i>Disposición en mesetas</i>	<i>124</i>
<i>Disposición en zanjas</i>	<i>125</i>
<i>1.6.1.2. Sistemas semicerrados</i>	<i>125</i>
<i>1.6.1.3. Sistemas cerrados</i>	<i>127</i>
<i>Reactores dinámicos</i>	<i>127</i>
<i>Reactores estáticos</i>	<i>128</i>
<i>Contenedores</i>	<i>128</i>
<i>Túneles o compostúneles</i>	<i>129</i>
1.7. El producto final: el compost	131
1.8. Bibliografía	134

2. Subprograma de formación para el compostaje	137
<i>Introducción</i>	137
2.1. Los sistemas de compostaje doméstico	138
2.2. El control del proceso de compostaje a escala doméstica	140
2.2.1. <i>Sobre la generación y almacenamiento del residuo</i>	140
2.2.2. <i>Sobre la mezcla de materiales y la “alimentación” del compostador</i>	141
2.2.3. <i>Sobre las operaciones de cuidado y mantenimiento</i>	143
2.2.4. <i>Sobre el tiempo de proceso</i>	144
2.2.5. <i>Sobre el compost final</i>	145
II-4. SUB-PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS INERTES RECICLABLES	146
<i>Introducción</i>	146
1. Los residuos inertes reciclables	146
2. La recogida selectiva de los residuos inertes reciclables	147
3. Los materiales celulósicos	148
4. Los plásticos, metales, vidrio y textiles	149
5. Un caso aislado: la población de Tarrafal	149
III. PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS NO APROVECHABLES	152
<i>Introducción</i>	152
IV. MODELO DE GESTIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS	154
ANEXO	156
1. Cesión de báscula electrónica portátil a la Asociación de municipios de Santo Antão. Documento de cesión y características de la báscula	156
2. Criterios de ahorro	159
<i>Ahorro de agua</i>	159
<i>Ahorro de energía</i>	160
<i>Los distintivos ecológicos de ámbito internacional</i>	163
3. Productos de limpieza no peligrosos	170
4. Pinturas y barnices. Prácticas y productos recomendados	174

5. Imágenes sobre el subprograma de alimentación animal controlada	177
6. Analíticas de las muestras de suelos tomadas en la ubicación del centro de tratamiento de residuos sólidos de Santo Antão proyectado	183

**PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO
2010-2020**

Presentación

El PLAN DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO, responde a una petición inicial formulada por la Associação dos municípios de Santo Antão (AMSA) a la Agencia española de cooperación internacional para el desarrollo (AECID), a través de su OTC de Praia, en la que solicitaban la construcción de un vertedero intermunicipal que sirviese a toda la isla. Representa, por tanto, una aportación española a la República de Cabo Verde en el marco de la Cooperación internacional.

El PLAN DE GESTIÓN, consta de dos partes. La primera, ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL, contiene la información recogida y analizada sobre la situación actual de la recogida y tratamiento de los residuos sólidos urbanos. En la segunda parte, PROPUESTA DE ACTUACIÓN, se detalla una estrategia de prevención y aprovechamiento de los residuos reciclables, centrada en los orgánicos fermentables. Para los residuos no aprovechables se contempla su tratamiento y destino final mediante su depósito en vertedero controlado, instalación sobre la que se ha trabajado con el máximo detalle y sobre la que se presenta el correspondiente Proyecto de ejecución.

Para la elaboración del presente PLAN se ha procurado conocer las características ambientales y sociales de la isla de Santo Antão, el funcionamiento del actual sistema de recogida y tratamiento de los residuos, el aprovechamiento actual de algunos de éstos y, sobre todo, el impacto ambiental que está causando al entorno de la isla el sistema de vertido e incineración que se practica. Para todo ello hemos contado con la colaboración de los responsables municipales y en especial del coordinador del Gabinete técnico intermunicipal (GTI).

El trabajo realizado se ha centrado en dos objetivos fundamentales: el conocimiento de la situación actual de la generación y gestión de estos residuos que queda reflejado en el CENSO DE RESIDUOS y la propuesta de gestión futura que queda reflejada en los Programas de prevención y

aprovechamiento de los residuos y en él de tratamiento y destino final de los residuos no aprovechables.

Para la realización del CENSO DE RESIDUOS, se han llevado a cabo dos campañas de pesaje de los residuos recogidos y análisis de composición de los mismos, durante dos periodos distanciados en el tiempo (otoño de 2009 y primavera de 2010) con objeto de conocer, dentro de las posibilidades a nuestro alcance, la variabilidad de las cantidades recogidas y de su composición.

El cuidado y atención dedicados a la obtención de este objetivo, nos ha llevado, ante la inexistencia de medios de pesaje en la isla, a adquirir una báscula electrónica portátil para poder obtener datos fiables de las cantidades recogidas. Esta báscula adquirida, con cargo al presupuesto del trabajo, ha sido donada a la citada AMSA.

El Programa de prevención contiene un conjunto de medidas y recomendaciones que deberá ser contempladas a medio y largo plazo, para evitar la generación de residuos en el futuro, basadas todas ellas en la experiencia que en otros países más consumidores y generadores de residuos, se están llevando a cabo. El Programa contiene una serie de medidas para mantener hábitos existentes que permiten tanto la evitación como el aprovechamiento importante de residuos domésticos. Igualmente se ofrece un amplio abanico de posibilidades para disminuir y reducir el consumo de productos domésticos que pueden derivar en residuos peligrosos.

El Programa de aprovechamiento está centrado en los residuos orgánicos fermentables. Estos residuos tienen un extraordinario valor ecológico por su potencial de transformación en abono orgánico, compost, muy útil y necesario para los cultivos de la isla dada la extraordinaria escasez de materia orgánica en sus suelos, así como para combatir la erosión y desertificación. Dada la importancia que este aprovechamiento tiene para la isla y debido a que el proceso de compostaje es sencillo y de fácil realización siempre que se conozcan y se controlan debidamente los parámetros que en dicho proceso se presentan, se ha incluido un completo Curso de formación de maestros composteros. Igualmente, se incluye también una Guía del auto compostaje doméstico para facilitar la realización de este proceso en las propias viviendas, evitando así gastos de transporte y procesamiento de estos residuos en el CENTRO DE TRATAMIENTO.

Como complemento técnico necesario dentro del Programa de aprovechamiento de los residuos orgánicos fermentables, se incluye también un completo diseño de Planta de compostaje, el cual contempla tres sistemas de operación, con el objeto de que la instalación pueda adaptarse con facilidad a las necesidades de los residuos orgánicos fermentables que se obtengan para elaborar con ellos el correspondiente compost

El Programa de aprovechamiento enlaza, sin solución de continuidad, con el PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS NO APROVECHABLES. En este último Programa, se incluye el PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO que responde plenamente a la petición inicial de las Cámaras municipales.

El PROYECTO DE EJECUCIÓN DE CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO, situado en un espacio previamente designado por las autoridades locales, ha sido realizado bajo criterios del mayor respeto al paisaje y con el objetivo de poder tratar en el mismo el máximo posible de residuos para su aprovechamiento posterior y, en aquellos otros casos, su depósito en un vertedero controlado programado para 10 años y con posibilidades de ampliación para otros 10 (2010-2020).

El CENTRO DE TRATAMIENTO está situado en el Concejo de Porto Novo, al este de la población del mismo nombre y en la zona sur de la isla. Está dotado de los elementos necesarios para llevar a cabo la recepción, pesaje, selección o separación (en su caso) y depósito de los residuos sólidos urbanos o asimilables a urbanos generados. Se ha proyectado con la finalidad de ser la única instalación de tratamiento de los residuos de la isla. Las edificaciones se construirán con los criterios y materiales de la arquitectura local y el suministro energético regular se obtendrá a partir de una instalación de energía solar fotovoltaico. Dispondrá de una instalación sencilla pero eficiente y de bajo costo de mantenimiento para el compostaje de los residuos orgánicos fermentables.

Asimismo contará con un depósito para el vertido de los residuos no aprovechables, dotado de sistema de impermeabilización, recogida y tratamiento de lixiviados y gases de fermentación, contemplándose los trabajos necesarios para su clausura e integración en el paisaje. Para su

explotación, se ha elaborado un detallado calendario en el que se contemplan diferentes escenarios según sea la evolución futura de la demografía y de la situación económica, condicionantes de la generación de residuos, en la isla. El PROYECTO DE EJECUCIÓN contiene todas las especificaciones y documentación necesaria para su ejecución en un plazo estimado de 16 meses desde el inicio de las obras. El presupuesto total asciende a 1.229.713€.

A. FUENTES DE INFORMACIÓN

Introducción

A lo largo del desarrollo de este trabajo, hemos buscado información sobre diferentes aspectos de la isla de Santo Antão, tanto en lo referentes al medio natural y sus específicas características, como desarrollo de la vida social y económica en la isla. Para ello se ha requerido a las diferentes instituciones, tanto locales como del Gobierno Central, información sobre todos estos aspectos de la isla, así como de las previsiones de evolución futura. De forma más concreta, hemos recibido del Ministerio do Ambiente la información solicitada sobre la planificación y legislación en materia de residuos, así como de la evaluación del impacto ambiental de proyectos como el que aquí se incluye, por lo que aprovechamos para agradecer su ayuda.

Igualmente, se ha solicitado toda la información posible referente a la gestión de los residuos sólidos urbanos en la isla de Santo Antão. Esta información muy valiosa para los redactores de este Plan, ha sido suministrada fundamentalmente por las Cámaras municipales de Porto Novo, Paul y Ribeira Grande, así como por el Gabinete Técnico Intermunicipal – GTI y la Asociación de Municipios de Santo Antão – AMSA, instituciones a las que agradecemos no sólo el suministro y aporte de información, sino el apoyo concreto en numerosas actividades que no hubieran podido ser realizadas sin sus ayudas.

Por exigencias técnicas para la realización del PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO, ha sido necesario contar con estudios específicos sobre la geomorfología del espacio en el que se ha proyectado dicho CENTRO. Estos estudios son:

- **Levantamento topográfico de terreno destinado ao Aterro Sanitário.** Morro de Tubãrao. Santo Antão. Cabo Verde. TOPOGEC. LDA. Cidae do Portonovo. Santo Antão. Marzo 2010.
- **Vertedero en Cabo Verde. Análisis de suelos.** Determinación de los límites de ATTERBERG. Análisis granulométrico. Contenido de materia orgánica. Contenido de sulfatos solubles (cuantitativo). Contenido en sales solubles, Suelo permeabilidad. Laboratorio **Proctor** S.L. Control de calidad y geotecnia. Córdoba España. Mayo 2010

A continuación se incluye una relación de documentos de diversa índole y contenido que han sido tenidos en cuenta para la elaboración de este PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE SANTO ANTÃO.

- **PLANO DE GESTÃO DOS RESIDUOS SOLIDOS. Ministério do Ambiente Agricultura e Pesca/GEP/PANA II. Dezembro 2003**
- **Estudo de valorizacao de bacias hidrográficas de Santo Antão.** Estudos. Volume III. Ribeira das Patas.Associacao dos municípios de Santo Antão. Gabinete Técnico Intermunicipal. **PROCAVE.** Projectos e Consultadoria, Lda. Praia, Julho de 1998.
- **ANTEPROJECTO DA RE CONVERSÃO DA LIXEIRA MUNICIPAL DA RIBEIRA DE SÃO JULIÃO EM ATERRO SANITÁRIO CONTROLADO. SÃO VICENTE. CABO VERDE Setembro 2007, GRUPO SUMA**
- **ESTUDO DE IMPACTE AMBIENTAL. ANTEPROYECTO DA RE CONVERSÃO DA LIXEIRA MUNICIPAL DA RIBEIRA DE SÃO JULIÃO EM ATERRO SANITÁRIO CONTROLADO. SÃO VICENTE. CABO VERDE Setembro. RESUMO NAO TÉCNICO**
- **I Plano de Desenvolvimento de Santo Antão. 1998-2001. ASOCIAÇÃO DOS MUNICIPIOS DE SANTO ANTÃO/ GTI - GABINETE TÉCNICO INTERMUNICIPAL**
- **Dados Demográficos** Principais indicadores demográficos até 2010 Projeções Demográficas para a Ilha de 2000 à 2010 – Evolução de demográfica dos últimos 60 anos (1940 – 2000) **GTI - GABINETE TÉCNICO INTERMUNICIPAL**
- **Cape Verde Islands. Santo Antão, São Vicente, Sal, Fogo Thematic Maps 1 : 50 000 Explanatory Notes: Geology, Hydrology, Vegetation. Prepared under Contract of Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr (AGeoBW) / Geoinformation Office of the German Armed Forces**
- **Esquema Regional do Ordenamento do Território de Santo Antão (EROT). Fase 1 – Análise e Caracterização. RELATÓRIO DE CARACTERIZAÇÃO CESE/DIAMETRO**
- **Esquema Regional do Ordenamento do Território de Santo Antão (EROT) SÍNTESE DO DIAGNÓSTICO E LINHAS ORIENTADORAS. CESE/DIAMETRO**

B. LEGISLACIÓN

Introducción

En la elaboración del presente PLAN se han tenido en cuenta la legislación que, en materia de gestión de residuos y de construcción (edificaciones, carreteras,...), se encuentra vigente tanto en la República de Cabo Verde, como en la Unión Europea y en España.

A continuación se señalan aquellas disposiciones legislativas vigentes en los diferentes ámbitos antes indicados.

1. LEGISLACIÓN DE CABO VERDE

Se indica aquí la normativa que ha sido tenido en cuenta, ya sea ésta de ámbito local o nacional. En ambos casos, se trata de normativa de obligado cumplimiento. Entre dicha normativa cabe destacar la que a continuación se relaciona:

- **Lei n.º 86/IV/93, de 26 de Julho que define as Bases da Política do Ambiente.**
- **Decreto-Legislativo n.º 14/97, de 1 de Julho que desenvolve as Bases da Política do Ambiente**
- **Lei n.º 102/III/90, de 29 de Dezembro que Estabelece as Bases do património cultural e natural**
- **Decreto-Lei n.º 29/2006: Estabelece o regime jurídico da avaliação do impacto ambiental dos projectos públicos ou privados susceptíveis de produzirem efeitos no ambiente.**
- **Decreto-Lei n.º 3/2003, de 24 de Fevereiro que estabelece o Regime Jurídico das áreas protegidas**
- **Decreto-Lei n.º 40/2003, de 27 de Setembro que Estabelece o regime jurídico da reserva natural de Santa Luzia**
- **Decreto-Lei n.º 5/2003, de 31 de Março que define o Sistema nacional de protecção do mar.**
- **Decreto n.º 31/ 2003 de 1 de Setembro que Estabelece os requisitos essenciais a considerar na eliminação de resíduos sólidos urbanos, industriais e outros e respectiva fiscalização, tendo em vista a protecção do meio ambiente e a saúde humana**

-
- **Decreto-Lei n.º 6/2003, de 31 de Março que Estabelece o regime jurídico de licenciamento e exploração de pedreras**
 - **Decreto-Lei n.º 2/2002, de 21 de Janeiro que Proíbe a extracção e exploração de areias nas dunas, nas Praias e nas águas interiores, na faixa costeira e no mar territorial.**
 - **Decreto-lei nº 81/2005 de 5 de Dezembro que estabelece o Sistema de Informação Ambiental e o seu Regime Jurídico**
 - **Ministério de agricultura e pescas/Direcção Geral de Ambiente, Plano de acção nacional para o ambiente - PANA estratégico, Abril de 2002**
 - **Djibril Doucoure, Gestão de lixos hospitalares em Cabo Verde, Fevereiro de 2002 5/86**
 - **Ministério da Infra-estruturas e Transporte/Hidurbe-Gestão de Resíduos S.A., Conceção,**
 - **Conselho Nacional de Águas, Política Nacional de Saneamento, Janeiro 2003**
 - **Ministério das Finanças e do Planeamento, Plano Nacional de Gestão de Resíduos/Sistema de Gestão Ambiental, 2002**
 - **Tratamento de Óleos Usados – Relatório Final. República de Cabo Verde. Ministerio das Finanças e do planeamento. Unidade de Coordenação do Projecto de Privatização e reforço da Capacidade de Regulação Institucional.**
 - **Instituto Superior Técnico, Plano Energético Cabo Verde 2002-2012, Sistema integrado de gestão de resíduos - Valorização energética dos resíduos sólidos urbanos em Cabo Verde, Julho 2003**
 - **Ministério do Ambiente, Agricultura e Pescas, Methodos alternativos de controle e limitação da utilização de areia na construção civil e obras publicas, 2003**
 - **Ministere de l’Agriculture Alimentation et Environnement, Analyse de mitigation -residus solides urbains au Cap Vert, Outubro 1999**

2. LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA

En lo que respecta especialmente a los aspectos no específicos o generales, en la redacción del PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, se ha considerado la normativa europea que afecta a las actuaciones a llevar a cabo, ya sea directamente o bien transpuesta al

ordenamiento jurídico español. Se cumplirá especialmente lo establecido en la siguiente normativa COMUNITARIA:

- **Directiva del Consejo 75/442/CEE, de 15 de julio de 1975, relativa a los residuos (con las modificaciones de la Directiva del Consejo 91/156/CEE, de 18 de marzo de 1991).**
- **Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas.**
- **Directiva 1999/31/CE, del Consejo, de 26 de abril, relativa al vertido de residuos.**
- **Decisión 2003/33/CE del Consejo de 19 de diciembre de 2002 por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE [Diario Oficial L 11 de 16.1.2003].**
- **Información sobre islas y poblaciones aisladas excluidas por los Estados miembros de conformidad con el artículo 3, apartado 4, de la Directiva sobre vertederos [Diario Oficial C 316 de 13.12.2005].**
- **Comunicación de la Comisión de 21 de diciembre de 2005: “Un paso adelante en el consumo sostenible de recursos - Estrategia temática sobre prevención y reciclado de residuos”.**
- **Decisión 2000/738/CE de la Comisión de 17 de noviembre de 2000 sobre el cuestionario para los Estados miembros acerca de la aplicación de la Directiva 1999/31/CE relativa al vertido de residuos [Diario Oficial L 298 de 25.11.2000].**
- **Directiva 2008/1/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de enero de 2008, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.**
- **Reglamento (CE) nº 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006, relativo a los traslados de residuos.**

3. LEGISLACIÓN ESPAÑOLA

- **Ley 10/1998, de 21 de abril de Residuos**
- **Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero**

-
- **Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos**
 - **Decisión 2003/33/CE, de 19 de diciembre, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos no peligrosos en los vertederos**
 - **Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la instrucción de hormigón estructural (EHE-08)**
 - **Real Decreto 105/2008 sobre la producción y gestión de los residuos de la construcción**
 - **Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (P.G.-4/88 del M.O.P.U.).**
 - **Instrucción de Carreteras I.C.-3.1 e Instrucción 6.1 y 2 IC de la D.G.C. sobre secciones de firmes**
 - **Real Decreto 776/1997 de 30 de Mayo (B.O.E. de 13 de Junio) por el que se aprueba la Instrucción para la Recepción de Cementos (RC-97).**
 - **7/86**
 - **Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para baja tensión y sus Instrucciones técnicas complementarias BT-01 a BT-51.**
 - **Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus Instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07.**
 - **Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente (NCSR-02) Norma Sismo-Resistente P.D.S-1 - 1.974 parte A, aprobada por Decreto 3.209/1.974 de 30 de Agosto (B.O.E. de 21 de Noviembre).**
 - **Orden Ministerial de 23 de mayo de 1989 por la que se aprobó la Instrucción 6.1 y 2- IC sobre Secciones de firme**
 - **Instalaciones de protección contra incendios R.P. 1942/1993**
 - **Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales**
 - **Norma UNE 104 300-99 para la fabricación de láminas de P.E.A.D. para la impermeabilización en Obra Civil**
 - **Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales**

-
- **Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo**
 - **Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre, por el que se implanta la obligatoriedad de inclusión de un estudio de Seguridad y Salud en los proyectos en los que se incluyan obras de construcción**
 - **Real Decreto 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia**

PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO 2010-2020

PRIMERA PARTE: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Introducción

La definición de la estrategia a llevar a cabo en la futura gestión de los residuos sólidos urbanos de Santo Antão, nos ha exigido desde el primer momento que comenzamos a trabajar en este proyecto, establecer un orden de prioridades en el trabajo. En este orden, como es lógico en este tipo de trabajos que llevamos largo tiempo desarrollando, se presenta como prioritario analizar el sistema actual de gestión de los residuos en la isla, tanto lo que concierne a la generación, presentación, recogida y destino final de los mismos.

La distancia, la escasez de información y la precariedad de medios para mejorarla, han sido inconvenientes que han alargado y en algunos aspectos complicado el trabajo, pero por otra parte, la voluntad de superarlos nos ha permitido conocer mejor la realidad de la isla y, lo más importante, conocer a las personas responsables de esta gestión que nos han ayudado en todo momento a realizar lo mejor posible nuestro trabajo.

En el ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL, nos hemos centrado, fundamentalmente, en el conocimiento de las cantidades y composición de los residuos que se generan. En esta labor se han realizado dos campañas de pesaje de los residuos recogidos y análisis de composición de los mismos, estimándose la generación total, de la que sólo tenemos datos de los residuos recogidos en la población que cuenta con este servicio, tanto en la actualidad como en un horizonte previsto de entre 10 y 20 años. Este trabajo queda expresado en el primer apartado denominado CENSO DE RESIDUOS. De acuerdo con estas previsiones, se ha establecido una estrategia de tratamiento de los mismos en dos etapas.

En la primera etapa, de duración entre 9 y 15 años, se han definido cuatro escenarios en función de la evolución económica y social de la isla. En la segunda etapa se completa el horizonte de hasta 20 años, se contempla una ampliación del vertedero controlado proyectado incluido en el PROYECTO DE EJECUCIÓN DE CENTRO DE TRATAMIENTO que, incluido en la segunda parte, se adjunta a este documento.

La necesidad de conocer también cómo se lleva a cabo la recogida y tratamiento de los residuos, aspecto importante de cara a su reorganización y centralización futura, ha sido la razón de la elaboración del segundo apartado denominado CENSO DE INSTALACIONES. En él se recogen las informaciones facilitadas sobre los vehículos de recogida, la frecuencia semanal de la misma, las poblaciones servidas y el destino de los residuos.

I. CENSO DE RESIDUOS

Introducción

Para la elaboración del censo de residuos sólidos urbanos y similares (en adelante residuos), se ha trabajado con dos fuentes de información: población generadora de residuos por un lado y cantidades generadas de residuos, así como la composición en diferentes fracciones de estos últimos.

Las cantidades de residuos generadas, tanto desde el punto de vista de su origen o localización geográfica, como de la composición de los mismos, resultan imprescindibles para el establecimiento y diseño de los sistemas de presentación, recogida y transporte, así como para establecer los programas de prevención, aprovechamiento y destino final de los residuos no aprovechables (vertedero controlado).

Las dificultades encontradas para obtener datos sobre la generación de residuos en Santo Antão, al no existir información alguna al respecto y no disponer en toda la isla de una báscula para el pesaje de camiones, llevaron a este equipo a la determinación de la adquisición de una báscula electrónica portátil para el pesaje de camiones que fue adquirida en España y transportada a Santo Antão para su posterior utilización en la isla. Esta báscula, fue entregada por gea21 S.L. tras la correspondiente explicación de sus funciones de pesaje, a la Asociación de municipios de Santo Antão en marzo de 2010 como aportación española a la cooperación para el desarrollo de la República de Cabo Verde. El documento de cesión de la báscula se encuentra en el Anexo.

1. POBLACIÓN

Para el estudio de la población actual y su evolución, se ha tomado la documentación suministrada en octubre de 2009 por las Cámaras municipales de Santo Antão. En esta documentación figura un detallado censo por cada una de las poblaciones, detallando la población residente, visitante, presidente y por sexos. Información que también contiene la evolución detallada desde 1940 hasta 2008 y su proyección, o estimación, hasta 2010. Sobre esa base de datos se ha trabajado para poder estimar la generación de residuos en un horizonte de 10 años, periodo para el que se ha proyectado el uso del vertedero controlado.

No obstante, también hemos podido constatar más recientemente que, en el avance del censo aún no finalizado, que el Instituto Nacional de Estadística de Cabo Verde (<http://www.ine.cv>) está realizando para 2010, la población de la isla ha disminuido. En este caso, las previsiones establecidas en los escenarios contemplados para el futuro de Santo Antão en el Proyecto de

Centro de tratamiento de los residuos, en el que se incluye el citado vertedero controlado, se ampliarían en el tiempo y a la capacidad del vertedero.

Por estas razones se han mantenido las previsiones sobre los datos aportados en octubre de 2009 por las Cámaras municipales: los datos existentes sobre el censo de población de 2000 y las proyecciones realizadas sobre el mismo para el año 2010. Se ha trabajado con los datos de población rural y urbana en cada uno de los tres municipios, tomándose como población real la residente presente más las visitas. A esta cifra correspondiente a la población en el año 2000, se le ha añadido o restado el porcentaje de aumento o disminución estimado en la proyección hecha para todo Santo Antão hasta 2010.

Según esta proyección, de 1940 a 2010, la población de Santo Antão ha aumentado de 35.977 a 49.695 habitantes (38%) y desde 2000 a 2010 la evolución ha sido de 47.170 a 49.695 habitantes (5%). La población urbana se estima que en 2010 es de 16.271 habitantes y la rural de 33.424, lo que equivale al 67% del total. La población urbana ha pasado en 10 años del 30% al 33%, con un aumento del 10% y la rural ha descendido del 70 al 67% (-4,2%).

Éstas variaciones correspondientes a toda la isla han sido aplicadas a las poblaciones señaladas en el censo de 2000 para cada una de las cámaras municipales, tanto su población rural como urbana.

La cifra resultante es la que se ha considerado en cada municipio como población generadora de residuos y con ella se han establecido las cantidades de residuos sólidos urbanos generados en los períodos de tiempo considerados: kilogramos/habitante/día (kg/hab/día) y cantidades totales generadas anualmente.

Los habitantes tenidos en cuenta son los siguientes:

- **Paul.** La población de Paul que figura en el censo de 2000 es el de 8.385 habitantes de los cuales la población urbana representa el 21% del total con 1.761 habitantes. La población rural asciende a 6.624 habitantes y el 79% del total. Teniendo en cuenta la proyección de la población para 2010, en la cual la población urbana de Santo Antão aumenta un 10%, se ha considerado que la población urbana actual de Paul tiene en 2010, 1.937 habitantes ($1761 + 10\% = 1937$). Esta es la población considerada para obtener la cifra de generación de residuos por habitante y día en la población urbana en 2010. Sin embargo, el sistema de recogida de residuos abarca también población no urbana, sin haber obtenido datos exactos y a

cuántos habitantes afecta, por lo que la cifra de los residuos que se recogen por habitante y día de todo Paul (kg/hab/día), no se puede obtener.

- **Porto Novo.** Según el censo de 2000, la población residente total es de 17.191 habitantes, de los cuales el 45%, 7.736, se considera población urbana y el 55%, 9.455 habitantes, rural. Aplicando el criterio anterior sobre el crecimiento de la población urbana para 2010 en un 10%, obtenemos una posible población urbana actual de 8.500 habitantes ($7.736 + 10\% = 8.509,6$; con redondeo = 8.500). Esta es la población considerada para obtener la cifra de generación de residuos por habitante y día en la población urbana. Respecto a la zona rural, nos encontramos con la misma carencia de información en el caso anterior de Paul, por lo que la cantidad de kg/hab/día, no puede establecerse.
- **Ribeira Grande.** Los datos del censo de 2000 consultados muestran cifras distintas según documentos suministrados. La cifra total de población en unos casos es de 21.133 y en otros asciende a 21.594. Hemos tomado la cifra mayor de población total de 21.594 habitantes, de los cuales la población urbana representa el 21% con 4.470 habitantes y la población rural, 17.724 habitantes (79%). Aplicando el criterio indicado anteriormente Sobre el crecimiento de la población urbana para 2010 en un 10%, obtenemos una posible población urbana actual de 4.917 habitantes ($4.470 + 10\% = 4.917$). Esto es la población considerada para establecer la cantidad de residuos por habitante y día en la población urbana. Para la población total de Ribeira grande, nos encontramos con las mismas dificultades en las dos poblaciones anteriores.

2. GENERACIÓN DE RESIDUOS.

El conocimiento de la generación de residuos en Santo Antão ha resultado una labor complicada por dos razones: la inexistencia de datos al respecto y la imposibilidad de su conocimiento real. Dada la importancia que supone el conocimiento de este factor fundamental para la realización del trabajo, se estimó necesario llevar a cabo una serie de actividades para conocer, al menos de la forma más aproximada posible dentro de las limitaciones que este tipo de trabajo ha tenido, las cantidades de residuos que se generan diariamente en la isla así como el origen y la naturaleza de los mismos.

2.1. Sistema de pesadas

Se consideró necesario contar con información sobre cantidades de residuos sólidos urbanos recogidas en la isla durante al menos dos períodos de tiempo diferenciados. Por esta razón se procedió al pesaje de camiones procedentes de los tres municipios en otoño de 2009 y primavera de 2010.

El sistema de pesadas en octubre de 2009 resultó ser excesivamente laborioso debido a la inexistencia de báscula para pesar camiones, por lo que tuvimos que acudir al pesaje de los mismos mediante un sistema complejo y lento que además no ofrecía ni posibilidades de continuación ni excesiva fiabilidad en los resultados obtenidos.

Gracias a la ayuda local pudimos disponer de una balanza electrónica que permitía efectuar pesadas mediante la suspensión de la báscula en altura y hasta un máximo de 1.000 kilos. Por esta razón, se procedió a depositar la carga de residuos de los camiones seleccionados en el suelo del vertedero correspondiente y, mediante la pala mecánica existente en el mismo, se procedió al llenado de sacos de 1,5 m³ de capacidad, denominados *big-bag*, que fueron colgados de la parte inferior de la báscula para conocer el peso de los residuos contenidos (figura 1). Por esta razón, los pesos obtenidos en la campaña de pesaje de otoño de 2009, se obtuvieron mediante este complejo sistema que llegó a requerir el uso de un generador eléctrico para alimentar la balanza.

Figura 1.- Diversas imágenes de la primera campaña de cuantificación y caracterización de residuos en Santo Antão. Superior izquierda: llenado de los big-bags; superior derecha: pesaje de los big-bags en la báscula; inferior izquierda: separación de las distintas fracciones para su caracterización; inferior derecha: pesaje de las fracciones caracterizadas.



Por estas dificultades se decidió que era necesario contar con una báscula que permitiera, con mayor precisión y rapidez, pesar el contenido de residuos de los camiones. Se encargó a la empresa *Servicios industriales de pesaje automatismos control S.L.*, el suministro de una báscula electrónica portátil, marca DINI ARGED, de fabricación italiana compuesta por dos plataformas modelo WWSC-10T de 500 x 400 mm y un indicador electrónico modelo DFWKR con maletín de transporte (figura 2).

Figura 2.- Componentes de la báscula electrónica DINI ARGED empleada en la segunda campaña y donada a la Asociación de Municipios de Santo Antão. Izquierda, indicador electrónico modelo DFWKR con maletín de transporte; derecha, las dos plataformas modelo WWSC-10T colocadas para pesar el eje de un camión.



Esta báscula adquirida en España nos permitió realizar en la campaña de primavera, las pesadas de los camiones con carga y en vacío con una precisión de ± 5 kg, lo que agilizó y perfeccionó el sistema de pesaje de los residuos generados.

Parecidas limitaciones tuvimos para llevar a cabo las pesadas de las diferentes fracciones en las que se dividió la muestra de residuos (materia orgánica fermentable, papel y cartón, plásticos, vidrio,...), para conocer la composición de los mismos. Ante la falta de una báscula de precisión para pesar fracciones que pueden no alcanzar el kilogramo, se nos ofreció la posibilidad de transportar las diferentes bolsas con las fracciones desde el vertedero hasta la báscula de un comercio, gracias a lo cual pudimos pesar las diferentes fracciones. Por estas razones, se optó, al igual que en el caso anterior, por adquirir en España una báscula electrónica de precisión alemana con gancho para colgar, marca *LACOR*, con una precisión de ± 5 g. Con esta báscula se trabajó en la campaña de pesajes de 2010.

No obstante, a pesar de la cesión de la báscula para pesar camiones a la *Asociación de municipios de Santo Antão*, no hemos recibido nuevas pesadas de camiones, por lo que, aunque este aspecto queda abierto para mejorar el conocimiento de los residuos que se generan en Santo Antão, las deducciones sobre lo que actualmente se está generando, se han basado en los datos obtenidos en las dos campañas de paisajes aquí señaladas.

A continuación, se expresan los resultados de las pesadas efectuadas en las campañas llevadas a cabo durante el otoño de 2009 y primavera de 2010.

2.2. Resultados de las pesadas

Las primeras pesadas se realizaron en octubre de 2009 mediante el sistema de pesaje antes señalado y las segundas se llevaron a cabo en marzo de 2010. A continuación se expresa de forma detallada los trabajos realizados en las dos campañas de pesaje para poder conocer con algún grado de detalle la generación de residuos en la isla. No obstante las labores llevadas a cabo de pesaje de los camiones de recogida de residuos sólo aportan datos de la generación de residuos en aquellas poblaciones que cuentan con un sistema de recogida, siendo mayoritarias las personas que no cuentan con este servicio, básicamente las que viven en el medio rural y de las que no tenemos información de la cantidad y tipo de residuos que puedan estar generando.

Ante la precariedad de medios en que nos encontramos en la campaña de otoño de 2009, como ya ha sido especificado anteriormente, se decidió adquirir por parte de *gea21* medios de pesada más eficientes para la campaña de primavera de 2010.

Estas incertidumbres derivadas de la falta de datos más abundantes y periódicos de las cantidades de residuos generadas y, sobre todo, de aquellas procedentes del medio rural, han sido la causa principal de optar, no sólo por la adquisición de la báscula electrónica, sino por la cesión de la misma a las autoridades municipales de la isla con la intención o el deseo de que con esta herramienta de precisión y fácil utilización, pudieran seguir pesando y analizando los residuos de las diferentes poblaciones para contar así con datos más abundantes y precisos. A la hora de dar por finalizado este trabajo no contamos con nuevos datos que los obtenidos por nosotros mismos y que están señalados en este capítulo señalados.

Por estas razones, nos hemos visto obligados a elaborar diferentes hipótesis para poder estimar de la forma más precisa posible, no sólo las cantidades y

composición de residuos que actualmente se generan, sino la evolución que dichas cifras podrán tener en un horizonte de 10 a 15 años, cifras que resultan imprescindibles a la hora de establecer las características y dimensiones de los sistemas de recogida, aprovechamiento y depósito en el vertedero controlado.

2.2.1. Campaña de otoño de 2009

Gracias a la colaboración de las autoridades locales, se pudo establecer, a pesar de las limitaciones en parte ya señaladas, un sistema de pesadas de la carga de camiones con residuos procedentes de los tres municipios, en los dos vertederos existentes en la isla. Igualmente con la ayuda local, se pudieron precisar las fracciones de los residuos para poder establecer los porcentajes de los diferentes componentes de los mismos.

En total, en esta campaña se pesaron 6.336 kg de residuos de un día de recogida y procedentes de los tres municipios generados por una población total estimada en 17.000 habitantes, lo que nos da una generación de 0,372 kg/hab/día y por extensión, 2.312 t anuales. Esta cifra resulta de considerar que la población a la que se ha recogido es exactamente la indicada y que todos los días se efectúa la recogida de la misma forma.

- **Residuos procedentes de Paul.** Se pesó todo el contenido del camión de caja abierta a que recogió los residuos del día 16 octubre. El camión de recogida traía los residuos de Ribeira de Fanela, Pontinha de Janela, Tarefe, Penedo de Janela, Ribeira das Pombas, Barraca, Vila y alrededores y Eito. Los residuos contenidos en el camión de recogida eran de naturaleza doméstica y también contenían restos de jardines municipales, depositados en 84 contenedores de 240 l y en bolsas de plástico equiparables a otros 10 contenedores, correspondientes a una población estimada, según fuentes locales, de 4.000 habitantes.

Los residuos se introdujeron en cinco *big-bag* de 1,5 m³ de capacidad y se pesaron por el sistema antes explicado obteniéndose un total de 1.106 kg (153 + 129 + 249 + 278 + 267 + 30). Esta cantidad nos da la cifra para un total de 4.000 habitantes, de una generación de residuos de 0,277 kg/hab/día y una cantidad de 404,4 t anuales.

- **Residuos procedentes de Porto Novo.** Se pesó todo el contenido del camión compactador que recogió la mañana del 15 octubre el núcleo principal de Porto Novo, con una población estimada de 8.500 habitantes. Los residuos contenidos en el camión se vaciaron en el suelo del vertedero y con ayuda de la pala mecánica existente en el mismo, se fueron introduciendo en nueve *big-bag* de 1,5 m³ de capacidad, procediéndose a continuación a suspenderlos del enganche de la báscula para obtener su peso. Los resultados de las pesadas suman un total de 2.668 kg (230 + 232,5 + 372 + 374 + 302 + 321 + 326,5 + 299 + 311). Reduciendo el volumen por déficit de llenado un 10% ($9 \times 1,50 = 13,5$; $13,5 - 10\% = 12,5$), obtenemos una densidad de 219,59 kg/m³ en los *big-bag*.

La cantidad de 2.668 kg corresponden a una población estimada de 8.500 habitantes, equivale a una generación de 0,314 kg/habitante/día para la población urbana con recogida de residuos de Porto Novo. Se exceptúa lo recogido en Tarrafal de Monte Trigo, población de la que carecemos de datos concretos de generación y recogida por razones de extrema dificultad (distancia, imposibilidad de efectuar pesadas) y reducida población (867 habitantes), habiendo estado en ella para conocer su sistema de recogida y el vertedero incontrolado existente.

La información obtenida de las pesadas, nos permite estimar que el total recogido anualmente en Porto Novo, asciende a 974,2 toneladas.

- **Residuos procedentes de Ribeira Grande y de Punta do Sol.** Se pesó el contenido del camión compactador que recogió la mañana del 16 de octubre el núcleo principal de Ribeira Grande más el de Punta do Sol, correspondiente a una población estimada, según fuentes locales, en 4.500 habitantes. Los residuos se introdujeron en 10 *big-bag* de 1,5 m³ de capacidad, pesándose a continuación por el mismo sistema indicado anteriormente. De esta forma, se obtuvo un total de 2.562 kg (312 + 132 + 250 + 260 + 237+ 214 + 172 + 320 + 356 + 309). Considerando la población indicada de 4500 habitantes obtenemos la cifra de 0,569 kg/hab/día para la población urbana de 4.500 habitantes con recogida de residuos de Ribeira Grande. Según estas cifras, la generación anual alcanzaría las 934,6 t.

2.2.2. Campaña de primavera de 2010

En esta segunda campaña se pudo disponer de mejores medios para efectuar las pesadas gracias a la adquisición y utilización de las básculas antes señaladas y de una mayor disponibilidad de personal del servicio de recogida de basuras y colaboración con diferentes técnicos de los ayuntamientos. Los resultados obtenidos ofrecen una mayor fiabilidad no sólo por un mayor número de pesadas sino por el sistema en que éstas se efectuaron y por la precisión de las balanzas utilizadas.

Figura 3.- Pesadas de camiones en la campaña de primavera de 2010.



En esta ocasión pudimos pesar cada camión con carga y sin ella (figura 3), lo que nos permitió, mediante su diferencia, conocer con exactitud la carga de residuos que transportaban, aunque el pesaje con la báscula electrónica nos obligó a buscar un suelo plano y lo más horizontal posible para garantizar el buen funcionamiento de la misma. A su vez, la precisión de las dos básculas nos permitió conocer con exactitud el peso de los residuos analizados, tanto los transportados por el camión correspondiente, como los relativos a las fracciones en que se dividió la muestra tomada para analizar la composición de los mismos.

En total, se realizaron 22 pesadas de camiones, 11 cargados y otros tantos en tara, que transportaban 23.310 kg de residuos, lo que nos da una media de 2.119 kg por camión y día de recogida. No obstante esta cifra debe contrastarse con los valores máximos y mínimos de carga transportada: 4.640 kg de Ribeira Grande (9 marzo 2010) frente a 900 kg de Paul (8 marzo 2010). En ningún caso se nos pudo garantizar el tamaño de la población objeto de la recogida de residuos, por esta razón no se ha efectuado una aproximación a la generación de residuos en kg/hab/día.

- **Residuos procedentes de Paul.** Se llevaron a cabo tres pesadas de diferentes camiones, (el primero de ellos procedente de Janela con 1.930 kg) los días lunes 8 y martes 9 de marzo, obteniéndose los pesos netos siguientes en kilogramos: 1.930, 900 y 1.055. En total se pesaron 3.885 kg.
- **Residuos procedentes de Porto Novo.** Se efectuaron cuatro pesadas de camiones procedentes de Porto Novo y una quinta de Ribeira las Patas, los días 2, 3, 4 y 6 de marzo. El total de residuos pesados ascendió a 11.225 kg. Las cifras obtenidas son: 3.060, 3.450, 2.350, 2.365 y 1.350 kg.
- **Residuos procedentes de Ribeira Grande.** Durante los días 8 y 9 marzo se llevaron a cabo tres pesadas de camiones que nos dieron un total de 6.850 kg de residuos recogidos. Las tres pesadas nos dieron las siguientes cifras 1.190, 4.640 y 1.020 kilogramos.

3. COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

El objetivo del análisis de composición de los residuos consiste en conocer los diferentes tipos de residuos que se encuentran en los contenedores o bolsas de basura procedentes del sistema de recogida municipal. El interés de este análisis procede de la necesidad de conocer qué materiales y en qué estado componen los residuos sólidos urbanos de la isla de cara a su posible aprovechamiento o evaluación de su impacto ambiental una vez depositados en el vertedero controlado proyectado. Se procedió a su análisis pormenorizado de los mismos, estableciendo once tipos de residuos

diferentes y, tras tomar una muestra significativa, ir seleccionando de forma manual cada uno de estos tipos diferentes. Depositados por separado en sus correspondientes bolsas, se procedió al peso de las mismas para poder establecer el porcentaje de cada una de estas fracciones en el conjunto de la muestra analizada (figura 4).

Figura 4.- Operaciones de caracterización y pesaje de los residuos municipales.



3.1. Metodología de análisis

Se procedió al análisis pormenorizado de los mismos, estableciéndose diferentes categorías de residuos según su naturaleza, potencial de aprovechamiento y de contaminación. Estas categorías responden a cuatro tipos de residuos: los constituidos por materia orgánica fermentable susceptibles de ser objeto de compostaje o en su defecto de depósito en el Vertedero controlado, los residuos inertes potencialmente reciclables (papel y cartón, plásticos, metales, vidrio), los de naturaleza peligrosa (hospitalarios, baterías, insecticidas) y un *resto* constituido por materiales de difícil identificación, muy fragmentados y mezclado, compuesto mayoritariamente por tierra (50%) y pequeñas fracciones difíciles de identificar.

La caracterización de los residuos se llevó a cabo tomando una muestra significativa del contenido de los propios camiones de recogida. Los residuos, se fueron seleccionando de forma manual y depositando por separado en sus correspondientes bolsas, tras lo cual se procedió al pesaje de las mismas para poder establecer el porcentaje de cada una de estas fracciones en el conjunto de la muestra analizada.

En el cálculo de las cantidades de residuos que se recogerían de cada fracción de las caracterizadas, se ha utilizado la media ponderada en vez de la media aritmética, pues se dieron importantes diferencias en cuanto a las masas netas que cada camión portaba al vertedero y a partir de las cuales se realizaron las caracterizaciones.

Para el cálculo de las medias ponderadas de cada fracción y cada localidad se toma en el numerador el sumatorio de las masas de cada día multiplicadas cada una por la masa total caracterizada de ese día. En el denominador figurará el sumatorio de las masas totales caracterizadas cada día. La fórmula sería la siguiente:

$$Media = \frac{\sum(m_1 \cdot M_1) + (m_2 \cdot M_2) + (m_3 \cdot M_3) + \dots + (m_n \cdot M_n)}{\sum(M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_n)}$$

Siendo:

m_1 es la masa caracterizada de una determinada fracción en el día 1

M_1 es la masa total caracterizada el día 1 considerando todas las fracciones

M_2 es la masa caracterizada de una determinada fracción en el día 2

M_2 es la masa total caracterizada el día 2 considerando todas las fracciones

m_n es la masa caracterizada de una determinada fracción en el día n

M_n es la masa total caracterizada el día n considerando todas las fracciones

3.2. Resultados de los análisis de composición

Se especifican a continuación los detalles del modo de proceder y los resultados obtenidos en las dos campañas de análisis de composición de los residuos. Como se puede observar, existen considerables diferencias en los resultados obtenidos, lo que nos ha obligado a establecer diferentes hipótesis para poder acercarnos a la verdadera composición de los residuos que se generan en la isla.

3.2.1. Campaña de otoño de 2009

Se consideraron 13 componentes distintos de los residuos y un *resto* compuesto mayoritariamente por tierra (50%) y pequeñas fracciones difíciles de identificar.

Estos 13 componentes fueron: materia orgánica fermentable (MOF), papel y cartón, envases *brik*, residuos bio-sanitarios, plástico polietilen-tereftalato (PET), plástico polietileno de baja densidad (PEBD), plástico polietileno de alta densidad (PEAD), plástico de otros componentes (mix), vidrio, metales, gomas y cuero, textil y tierra. La especificación de diferentes tipos de plásticos se hizo por razones de una posible futura comercialización de los mismos, para lo cual es muy importante conocer la composición (polímeros) de este tipo de residuos, tanto por su diferente valor en el mercado de los plásticos usados, como por la posibilidad de su separación por grupo de plásticos o familias para su mejor comercialización.

Los análisis de composición se realizaron a partir de las muestras procedentes tanto de Porto Novo como de Ribeira Grande. No pudo llevarse a cabo el análisis de composición de los residuos procedentes de Paul por razones de horario y disponibilidad del personal del sistema de recogida.

Del total de los residuos pesados, 6.336 kg, se tomaron para analizar 140,43 kg (2,2%). La disparidad de los datos obtenidos es muy grande en lo que respecta a la materia orgánica fermentable (MOF) con una diferencia, en porcentaje, que oscilan entre el 23,6% para los residuos de Porto Novo (tabla 1) y el 49,0% para los de Ribeira Grande y Porto do Sol (tabla 2). En este último caso, la MOF estaba compuesta mayoritariamente por restos vegetales agrícolas y ornamentales. En todos los casos, no se encontró apenas en esta fracción fermentable, restos de comida y similares.

Tabla 1.- Resultados de la caracterización de residuos de Portonovo en la campaña de otoño de 2009.

	kg	%
Papel Cartón	7,48	20,8
MOF	8,48	23,6
Biosanitarios	2,52	7,0
PET	0,76	2,1
METALES	1,46	4,1
TEXTIL	2,38	6,6
PEBD	1,28	3,6
Plast. MIX	2,78	7,7
VIDRIO	2,32	6,4
BRICK	0,38	1,1
PEAD	0,44	1,2
RESTO	5,7	15,8
SUMA	35,98	100

Tabla 2.- Resultados de la caracterización de residuos de Ribeira Grande y Porto do Sol en la campaña de otoño de 2009.

	kg	%
Papel Cartón	4,2	5,6
MOF	36,5	49,0
Gomas y cueros	3,05	4,1
PET	1	1,3
METALES	3,95	5,3
TEXTIL	5,5	7,4
PEBD	2,5	3,4
Plast. MIX	2	2,7
VIDRIO	7,15	9,6
BRICK	0,3	0,4
PEAD	0,8	1,1
RESTO	7,5	10,1
SUMA	74,45	100,0

3.2.2. Campaña de primavera de 2010

Al igual que en la campaña anterior, los análisis de composición o caracterización de los residuos, se efectuaron los días de pesadas de los camiones (2, 3, 4, 6, 8 y 9 de marzo) en los dos vertederos de la isla. De los 23.310 kg de residuos pesados, se tomaron 10 muestras para analizar su composición con un peso total de 574,09 kg, lo que representa un promedio del 2,7% del peso del total de residuos sólidos urbanos recogidos.

Los componentes analizados se redujeron a diez frente a los trece considerados en la campaña anterior debido a la mayor proximidad a la composición de los residuos y operatividad de la analítica.

Se expresan a continuación los resultados obtenidos de los análisis de composición llevados a cabo a partir de las muestras tomadas de la carga pesada de los camiones procedentes de diferentes municipios. El porcentaje expresado corresponde a la media ponderada de todos los análisis de las muestras tomadas en cada caso.

En general, los porcentajes obtenidos para cada uno de los componentes no ofrecen una excesiva dispersión de la media, correspondiendo a la fracción de materia orgánica fermentable (MOF) el porcentaje más elevado seguido del de papel y cartón. A estas abstracciones les suceden, en porcentajes, los correspondientes al vidrio y plásticos. El resto de las fracciones tienen menor importancia porcentual. Cabe señalar la casi inexistencia de residuos voluminosos, bio-sanitarios y, en general, residuos peligrosos, ya que sólo se encontraron tres pilas eléctricas tipo AA, entre los 574 kilos de residuos sólidos urbanos analizados detalladamente.

Los resultados de estos análisis de composición según poblaciones son los siguientes:

- **Paul.** De un total de 3.885 kg de residuos pesados de tres camiones distintos, se tomó una muestra de cada uno de ellos. El peso total de las tres muestras analizadas, fue de 114,17 kg, lo que representa el 2,9% en peso, del total de residuos sólidos urbanos recogidos en esos dos días.

Los resultados obtenidos, expresados en % de cada uno de los componentes de los residuos, han sido calculados a partir de la media ponderada de los tres análisis realizados.

Tabla 3.- Resultados de la caracterización de residuos de Paul en la campaña de primavera de 2010, calculados a partir de la media ponderada de tres análisis.

Componente	Media Ponderada (%)
MOF	43,8
Papel y cartón	12,7
Plásticos	8,5
<i>envases</i>	4,5
<i>otros</i>	4,0
Vidrio	16,9
Metales	3,3
Textil	6,5
Otros	8,4
Sanitarios	-
Voluminosos	-
Total	100

- **Porto Novo.** De un total de 11.225 kg pesados en los tres días de análisis, se tomaron tres muestras de 8.875 kg, ya que de uno de los camiones, con 2.350 kg, no se pudo realizar análisis de composición. En total las tres muestras sumaron 229,39 kg, equivalentes al 2,6%, el peso, del total de los residuos sólidos recogidos.

Los resultados obtenidos, expresados en % de cada uno de los componentes de los residuos, han sido calculados a partir de la media ponderada de los tres análisis realizados.

Tabla 4.- Resultados de la caracterización de residuos de Porto Novo en la campaña de primavera de 2010, calculados a partir de la media ponderada de tres análisis.

Componente	Media Ponderada (%)
MOF	21,2
Papel y cartón	23,4
Plásticos	17,4
<i>envases</i>	3,3
<i>otros</i>	14,2

Vidrio	17,4
Metales	4,2
Textil	3,3
Otros	5,8
Sanitarios	-
Voluminosos	7,0
Total	100

- **Ribeira das Patas.** Se tomó una muestra de 33,43 kg de la carga de un camión con 1350 kg de residuos, equivalente al 2,5% del peso del total recogido. En este caso los resultados que se expresan corresponden directamente a la analítica practicada.

Tabla 5.- Resultados de la caracterización de residuos de Ribeira das Patas en la campaña de primavera de 2010, calculados a partir de un análisis.

Componente	Media Ponderada (%)
MOF	33,7
Papel y cartón	12,1
Plásticos	6,0
<i>envases</i>	2,1
<i>otros</i>	3,9
Vidrio	29,9
Metales	1,6
Textil	2,4
Otros	14,2
Sanitarios	-
Voluminosos	-
Total	100

- **Ribeira Grande.** Durante dos días se tomaron tres muestras que sumaron 574,09 kg de un total de 6.850 kg de residuos, lo que equivale al 2,7%, el peso, del total de residuos sólidos urbanos recogidos en esos dos días. La fracción de MOF contenía mayoritariamente restos vegetales (caña de azúcar) que se presentaban atados como gavillas procedentes de las frecuentes podas que se realizan en primavera (marzo a junio), según nos informaron. Por esta razón, en la muestra tomada el día 9 de marzo, el porcentaje de MOF alcanzó el 66,4% en peso.

Los resultados obtenidos, expresados en % de cada uno de los componentes de los residuos, han sido calculados a partir de la media ponderada de los pesos de las tres muestras analizadas.

Tabla 6.- Resultados de la caracterización de residuos de Ribeira Grande en la campaña de primavera de 2010, calculados a partir de la media ponderada de tres análisis.

Componente	Media Ponderada (%)
MOF	45,3
Papel y cartón	20,9
Plásticos	9,9
<i>envases</i>	4,1
<i>otros</i>	5,9
Vidrio	9,6
Metales	4,4
Textil	1,6
Otros	8,2
Sanitarios	0,04
Voluminosos	-
Total	100

4. RESULTADOS FINALES DE LAS DOS CAMPAÑAS DE PESADAS Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS

Se presenta aquí el balance final de la información obtenida en las campañas de pesaje y análisis de composición de los residuos sólidos urbanos, realizadas en otoño de 2009 y en la primavera de 2010. Los resultados obtenidos nos permiten establecer, con bastante aproximación a la realidad, un promedio de los residuos recogidos diariamente así como de su composición cualitativa, aunque sería necesario continuar, al menos durante un año consecutivo, la realización de estos controles de peso y composición, para poder conocer mejor la variabilidad a lo largo del año.

Sin embargo, la falta de datos fiables respecto a la población que cuenta con recogida periódica de residuos, no nos ha permitido establecer con cierta fiabilidad la relación entre la generación de residuos y el número de habitantes, esto es, los kg/hab/día.

A continuación se expresan los resultados de estas dos campañas agrupados entre sí, tanto para indicar los pesos como la composición de los residuos en cada población.

4.1. Resultados finales de las pesadas por poblaciones

Considerando conjuntamente los datos obtenidos de las pesadas realizadas en la campaña de octubre de 2009 y de marzo de 2010, obtenemos los

siguientes resultados sobre las cantidades de residuos sólidos urbanos de Santa Antão:

- **Paul.** Considerando que existen dos circuitos de recogida, uno que afecta al núcleo principal de población con recogida seis días a la semana y un segundo circuito que recoge, alternativamente dos días a la semana, a un conjunto de núcleos según días: Ribeira de Janela, Pontinha de Janela, Tarefe, Panedo de Janela, Ribeira das Pombas, Barraca, Vila y Eito.

Las cuatro pesadas efectuadas en las dos campañas, tanto del núcleo de Paul como de las otras poblaciones, correspondientes a los días de recogida, han servido de base para efectuar el cálculo. La media de estas cuatro pesadas (la suma de ellas dividido por dos) se ha considerado la cantidad de residuos recogidos diariamente. Multiplicando esa cantidad por seis días de recogida y dividiendo por siete días de la semana, obtenemos una cantidad de 2.139 kg/día, lo que nos arroja una cifra de 781 t/año de residuos sólidos recogidos en Paul.

Esta cantidad tomada como estimación de los residuos recogidos, debe ser corregida a medida que se realicen más pesadas que permitan establecer valores realmente representativos de la generación de residuos sólidos urbanos de toda la población de Paul.

- **Porto Novo.** Tomando la media de las cinco pesadas efectuadas en las dos campañas (2.780 kilos) y estimando que esa es la cantidad media diaria por seis días de recogida, se obtiene un promedio de 2.382 kg por cada uno de los siete días de la semana y 870 t anuales.

A esta cantidad debe sumarse la correspondiente a los residuos procedentes de Ribeira das Patas y Montes de Porto Novo.

- **Ribeira das Patas** cuenta con recogida dos días a la semana y en la pesada efectuada en marzo, se registraron 1.350 kilos, lo que equivale a una media de 386 kilos diarios y 141 t anuales.
- **Montes de Porto Novo**, con un día de recogida la semana y del cual no tenemos datos de pesadas, estimando una cantidad de 1.000 kilos semanales, lo que equivaldría a 143 kilos diarios y 52 t anuales.

Aceptando esta hipótesis de recogida total de residuos de Porto Novo, se alcanzaría la suma de 1.063 toneladas al año.

- **Ribeira Grande.** De acuerdo con la descripción de los técnicos municipales que nos aportan una relación pormenorizada de circuitos de recogida de residuos, se deduce que tres días a la semana llega el camión lleno y cuatro días medio lleno. Tomando por lleno la pesada del 9 marzo en la que se obtuvo 4.640 kilos y por medio lleno la mitad de la misma, obtenemos una media de 1.989 y 1.314 kg/día, respectivamente.

Con menor frecuencia se recogen otras poblaciones. Cada 15 días se recoge Garça de Cima, llegando el camión lleno, lo que equivale a 331 kg/día. Todas las cuartas feiras (miércoles) se recoge con camión de caja abierta la zona de Vale, Chã d'Pedras, Joao Afonso, Figueiral, Caibros, Ribeirão y R. de Duque, cuyo residuos alcanzan un total de 40 m³/mes, lo que equivale, estimando una densidad de 100 kg/m³, a 4.000 kilos mensuales y 133 kilos diarios. Por último, con vehículos de caja abierta, diferentes particulares recogen residuos en los núcleos de Corda, Pinhão, Lombo Branco y Fontabias, por un total de 18.000 m³ al mes, lo que equivale a 60 kilos diarios.

El total de estas cantidades ($1.989 + 1.314 + 331 + 133 + 60 = 3.827$) nos da la cantidad estimada de residuos recogidos diariamente y que equivale a 3.827 kilos, lo que representa un total de 1.397 t anuales.

4.1.1. Cantidades totales obtenidas

Tal como se ha explicado anteriormente, contamos con una primera aproximación a las cantidades totales de residuos sólidos urbanos recogidos en Santa Antão. Las cantidades obtenidas son: 8.880 kg/día y 3.241 t anuales.

4.2. Resultados finales de la composición

Considerando conjuntamente los datos obtenidos de los diferentes análisis de composición realizados en la campaña de octubre de 2009 y de marzo de 2010, obtenemos los siguientes resultados sobre la composición de los Residuos sólidos urbanos de Santa Antão.

4.2.1. Resultados por poblaciones

- **Paul**

Se aprecia una cantidad elevada de residuos orgánicos fermentables que se aproxima, en peso, a la mitad de los residuos, siendo esta población la que ofrece la fracción de materia orgánica fermentable con más peso de las cuatro analizadas.

La fracción papel y cartón, alcanza un porcentaje relativamente parecido al de las otras poblaciones y está constituido básicamente por cartones procedentes de envases de productos de consumo doméstico. No se encontraron residuos bio-sanitarios ni voluminosos.

Tabla 7.- Composiciones de los residuos generados en Paul y estimación de las cantidades generadas anualmente.

Componente	% en peso	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	43,8	341,9
Papel y cartón	12,7	99,3
Plásticos	8,5	66,1
<i>envases</i>	4,5	35,0
<i>otros</i>	4,0	31,1
Vidrio	16,9	131,7
Metales	3,3	25,6
Textil	6,5	51,0
Otros	8,4	65,4
Sanitarios	-	0,0
Voluminosos	-	0,0
Total	100	781,0

Considerando la cantidad total de residuos anuales, 781 t, obtenemos las cantidades que de cada una de las fracciones indicadas, se estima que se generan anualmente en Paul (columna de la derecha de tabla 7).

- **Porto Novo**

Se observa una menor cantidad de materia orgánica fermentable (tabla 8), la menor proporción de todos los análisis realizados, así como la mayor cantidad de la fracción de papel cartón, básicamente, cartón. Se encontró el objeto voluminoso de mayor tamaño y peso (restos de un frigorífico) y una bolsa específica de residuos sanitarios con estos residuos dentro.

Tabla 8.- Composiciones de los residuos generados en Porto Novo y estimación de las cantidades generadas anualmente.

Componente	% en peso	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	21,3	185,4
Papel y cartón	23,3	202,4
Plásticos	17,3	150,4
<i>envases</i>	3,4	29,7
<i>otros</i>	13,9	120,6
Vidrio	16,9	147,1
Metales	4,2	36,9
Textil	3,4	29,7
Otros	6,3	54,6
Sanitarios	0,3	2,8
Voluminosos	7,0	60,8
Total	100	870

- **Ribeira das Patas**

Tabla 9.- Composiciones de los residuos generados en Ribeira das Patas y estimación de las cantidades generadas anualmente.

Componente	% en peso	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	33,7	47,5
Papel y cartón	12,1	17,1
Plásticos	6,0	8,5
<i>envases</i>	2,1	3,0
<i>otros</i>	3,9	5,5
Vidrio	29,9	42,2
Metales	1,6	2,3
Textil	2,4	3,4
Otros	14,2	20,1
Sanitarios	-	-
Voluminosos	-	-
Total	100	141

Procedentes estos residuos de ámbito mayoritariamente rural respecto al núcleo anterior de población, se observa una mayor proporción de materia orgánica fermentable y una menor de papel-cartón y plásticos (tabla 9). No obstante, el porcentaje de vidrio (envases) es el mayor, con diferencia, de todas las poblaciones.

- **Montes de Portonovo**

Al no haber realizado analítica de los residuos de esta población, se ha aplicado el porcentaje obtenido en los análisis de composición realizados para los residuos de Ribeira das Patas.

Tabla 10.- Composiciones de los residuos generados en Montes de Portonovo obtenidos a partir de los análisis de composición realizados para Ribeira das Patas.

Componente	% en peso	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	33,7	17,5
Papel y cartón	12,1	6,3
Plásticos	6,0	3,1
<i>envases</i>	2,1	1,1
<i>otros</i>	3,9	2,0
Vidrio	29,9	15,5
Metales	1,6	0,8
Textil	2,4	1,2
Otros	14,2	7,4
Sanitarios	0,0	0,0
Voluminosos	0,0	0,0
Total	100	52

- **Ribeira Grande**

Los residuos recogidos de las diferentes poblaciones de Ribeira Grande equivalen, según las estimaciones realizadas y aquí expresadas (tabla 11), al 43%, en peso, de todos los residuos sólidos urbanos que se recogen en Santo Antão, lo que hace especialmente importante el control de la generación y de su composición. Ofrece el porcentaje mayor de residuos fermentables con casi un 40% en peso, constituidos, según pudimos observar en la segunda campaña, los residuos agrícolas (caña de azúcar) como ya se ha señalado anteriormente.

El tonelaje de los residuos fermentables generados debería controlarse con más precisión durante los meses de poda y poder evaluar así las posibilidades de aprovechamiento de los mismos mediante su compostaje. Contar con un censo de estos residuos, no sólo los procedentes de Ribeira Grande, sino los de toda la isla, y de la frecuencia y concentración de su generación, es determinante para poder establecer un programa de compostaje sencillo pero eficiente.

Tabla 11.- Composiciones de los residuos generados en Ribeira Grande y estimación de las cantidades generadas anualmente.

Componente	% en peso	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	46,3	647,1
Papel y cartón	16,8	235,4
Plásticos	9,6	133,4
<i>envases</i>	4,5	63,3
<i>otros</i>	5,0	70,1
Vidrio	9,6	133,9
Metales	4,6	64,5
Textil	3,1	43,7
Otros	9,9	138,7
Sanitarios	0,03	0,4
Voluminosos	0,0	0,0
Total	100	1.397,0

4.2.2. Resultados totales en peso por fracciones

Tabla 12.- Estimación de las cantidades de residuos municipales generadas anualmente en Santo Antão.

Componente	cantidades anuales (en toneladas)
MOF	1.207,6
Papel y cartón	543,7
Plásticos	375,6
<i>envases</i>	154,6
<i>otros</i>	221,0
Vidrio	371,0
Metales	212,7
Textil	127,2
Otros	373,3
Sanitarios	18,6
Voluminosos	11,3
Total	3.241,0

Aceptando como hipótesis de partida las cantidades totales y por fracciones de los residuos recogidos en Santo Antão y considerando, como se ha indicado anteriormente, el aumento estacional de los residuos vegetales, la incógnita se sitúa en la evaluación de los residuos que se generan en las poblaciones que no poseen aún sistema de recogida. Esta incógnita se irá revelando a medida que el sistema de recogida se vaya extendiendo, progresivamente a toda la población, aspecto que se ha tenido en cuenta

para el cálculo de las necesidades de depósito de estos residuos en el Proyecto de Vertedero y que se detalla en el siguiente apartado (punto 5).

5. ESTIMACIÓN DE LOS RESIDUOS TOTALES GENERADOS EN SANTO ANTÃO Y SU EVOLUCIÓN FUTURA

Para poder dimensionar la capacidad de depósito y el Plan de explotación del vertedero controlado proyectado, es necesario partir de unas cifras concretas sobre el volumen, naturaleza y densidad de todos los residuos a tratar. Con los trabajos realizados, reflejados en este Censo, sólo hemos podido estimar los residuos que se recogen en la actualidad (2010) que, aún siendo la mayoría de los que se generan no lo son todos, quedando sin evaluar los generados en aquellas poblaciones que no cuentan con sistema de recogida.

Por estas razones ha sido necesario establecer una previsión de la generación, tanto en lo que respecta al peso y volumen como a su composición, de los residuos sólidos urbanos de toda la isla.

Para poder llevar a cabo esta evolución de la generación y de la recogida de residuos en Santo Antão, se han establecido unas hipótesis de partida relativas a la generación de residuos en relación con la población y la evolución posible en un horizonte futuro de entre 10 – 20 años, concretado en cuatro escenarios previsibles en función de diferentes variables: demografía, situación económica, generación de residuos y evolución de la recogida de los mismos.

Se parte de la cifra estimada de residuos recogidos en la actualidad, 3.241 t anuales (ver tabla 12), a la que se aplica un margen de seguridad del 13%, lo que nos da una cantidad inicial de partida, sujeta a variación según los escenarios establecidos, de 3.650 t/año ó 10.000 kg/día.

5.1. Planificación de la gestión en el centro de tratamiento

De acuerdo con lo indicado en el apartado anterior, se señalan aquí los criterios que han presidido la planificación de la gestión del Centro de tratamiento de los residuos de Santo Antão. Estos criterios básicos nos han llevado a establecer, en primer lugar, la densidad que alcanzarán los residuos en el vertedero, aspecto fundamental para determinar la vida útil del mismo y el establecimiento de dos grandes etapas en la explotación del mismo. La primera o **Etapa I**, contempla cuatro hipótesis o escenarios

distintos, según evolucionen los diferentes parámetros considerados, en la cual el vertedero proyectado tendría una duración de entre 9 y 15 años. En la **Etapa II**, que alcanza un horizonte de hasta 20 años, la capacidad del vertedero podría prácticamente duplicarse.

5.1.1. Densidad de los residuos en vertedero

Para determinar el volumen de los residuos en vertedero y el grado de llenado del mismo, debemos establecer la densidad que alcanzan estos residuos depositados. Además, dado que se plantea un vertedero con recubrimiento, debemos considerar el volumen ocupado por el material utilizado para este recubrimiento.

El vertedero proyectado es de media densidad, para los que se establecen densidades entre 800 y 1.000 kg/m³. Los residuos depositados se reparten en el vaso de vertido en capas sucesivas y el peso propio de los residuos y la acción de la maquinaria sobre ellos los va compactando.

En cuanto al recubrimiento con tierra, dada la escasa potencia del vaso de vertido, planteamos un recubrimiento intermedio y el recubrimiento de sellado final, lo que supone una escasa ocupación del volumen de vertedero por el material de recubrimiento.

En conclusión, tomaremos como densidad media del total de materiales depositados en el vertedero la cifra inferior del intervalo citado: 800 kg/m³.

5.2. Etapas y escenarios en la explotación del vertedero

La topografía del Centro de Tratamiento de Residuos incluye una vaguada que permite dedicarla a depósito de residuos con unas mínimas necesidades de acondicionamiento. El relleno de esta vaguada, de 65.000 m³ de capacidad, es la opción elegida para el vertedero de residuos en lo que definimos como **Etapa I**, cuya duración se analiza en el apartado siguiente.

La evolución de la producción de residuos y la cantidad de estos que deben ir a vertedero está sujeta a diversas variables sobre cuyo comportamiento difícilmente podemos avanzar más que a corto plazo:

- La evolución de la población servida (con servicio normalizado de recogida de residuos) responde a la correspondiente variación de la población residente (censo de población) y a su distribución espacial,

en especial a la distribución entre población rural y urbana. Además deben considerarse las variaciones en la población transeúnte, ligada fundamentalmente al desarrollo económico de la isla, especialmente al sector turístico.

Pero en una isla con un fuerte componente de población rural, mucha de ella sin servicio normalizado de recogida, la evolución de la población servida dependerá en mucho de la capacidad de los organismos públicos para atender la recogida de los residuos producidos por esta población dispersa.

- La evolución en la producción de residuos por habitante está ligada a las normas y hábitos de producción y de consumo. En tanto el consumo crece con el desarrollo económico y la capacidad adquisitiva de la población, cuánto de ese mayor consumo deviene en incremento de residuos, depende además de las normas y estrategias de producción y de importación, ya que estas afectan a la presentación de estos productos de consumo: envasado y empaquetado, normalización de envases, etc... y por supuesto de los ciclos de vida de los envases antes de convertirse en residuo.
- La normativa en cuanto gestión y destino final de los residuos condiciona la cantidad de residuos producidos que finalmente deban ir a vertedero.

La tendencia hacia una regulación que favorezca la reutilización y el reciclaje, así como la exigencia de responsabilidad del productor de bienes de consumo en la generación e impacto ambiental de los residuos asociados a esos productos, trae consigo la aparición de circuitos de reutilización y reciclaje de residuos con soporte suficiente para hacerlos viables económicamente, reduciéndose por tanto la cantidad de residuos producidos destinados a vertedero.

En conclusión, existe una cantidad de variables e incógnitas que hace de la predicción a corto plazo un ejercicio complejo y a largo plazo muy arriesgado.

El presente trabajo utiliza la metodología de escenarios posibles para estimar la producción de un volumen de residuos limitado: la capacidad de la vaguada (**Etapa I** de explotación del vertedero), con un grado de aproximación que garantice su utilidad en un margen de tiempo del orden de 10 años, y se dejan establecidos los procedimientos técnicos de construcción y explotación para una ampliación de este volumen hasta triplicar la capacidad inicial (**Etapa II** de explotación).

5.2.1. Etapa I

En esta primera etapa, para calcular la evolución de los residuos recogidos planteamos diversos escenarios en relación con la generación por habitante y al número total de los mismos a los que se presta el servicio de recogida.

- E0. Escenario de crecimiento cero

Corresponde al planteamiento base en que se mantienen los parámetros iniciales y el volumen de residuos en vertedero se obtiene por la suma diaria de cantidades idénticas.

Para este escenario consideramos los siguientes ratios (tabla 13) obteniendo la estimación de evolución de generación de residuos mostrada en la tabla 14.

Tabla 13.- Ratios de evolución de la generación de residuos y crecimiento de la población para el escenario de crecimiento 0.

Ratios de evolución	
Ratio crecimiento residuos	1,00
Ratio crecimiento habitantes	1,00
Crecimiento combinado	1,000

Tabla 14.- Cuadro E0. Previsión de la evolución del vertedero en 15 años bajo una perspectiva de crecimiento cero de los residuos.

Año	kg/día	t/año	m ³ /año	m ³ acum.
1	10.000	3.650	4.563	4.563
2	10.000	3.650	4.563	9.125
3	10.000	3.650	4.563	13.688
4	10.000	3.650	4.563	18.250
5	10.000	3.650	4.563	22.813
6	10.000	3.650	4.563	27.375
7	10.000	3.650	4.563	31.938
8	10.000	3.650	4.563	36.500
9	10.000	3.650	4.563	41.063
10	10.000	3.650	4.563	45.625
11	10.000	3.650	4.563	50.188

12	10.000	3.650	4.563	54.750
13	10.000	3.650	4.563	59.313
14	10.000	3.650	4.563	63.875
15	10.000	3.650	4.563	68.438

Sobre un volumen del vaso de vertido de 65.000 m³, supondría una vida útil de 14 años.

- E1. Escenario de crisis

Se plantea una evolución en dos etapas:

- **Primera etapa: 5 años.** La crisis mundial y sus repercusiones locales congelan la producción de residuos por habitante. La población servida aumenta al 1% anual.
- **Segunda etapa:** Crecimiento moderado de los índices.

Tabla 15.- Ratios de evolución de la generación de residuos y crecimiento de la población para el escenario de una primera etapa de crisis y una segunda etapa de crecimiento moderado.

Ratios de evolución			
1ª Etapa: Período de crisis		2ª Etapa: Período de crecimiento	
Ratio crecimiento residuos	1,00	Ratio crecimiento residuos	1,02
Ratio crecimiento habitantes	1,01	Ratio crecimiento habitantes	1,05
Crecimiento combinado	1,010	Crecimiento combinado	1,071

Tabla 16.- Cuadro E1. Previsión de la evolución del vertedero en 15 años bajo una perspectiva de una etapa de crisis de 5 años seguida de una etapa de crecimiento moderado.

Año	kg/día	t/año	m ³ /año	m ³ acum.
1	10.000	3.650	4.563	4.563
2	10.100	3.687	4.608	9.171
3	10.201	3.723	4.654	13.825
4	10.303	3.761	4.701	18.526
5	10.406	3.798	4.748	23.273
6	11.145	4.068	5.085	28.358

7	11.936	4.357	5.446	33.804
8	12.784	4.666	5.833	39.637
9	13.691	4.997	6.247	45.883
10	14.663	5.352	6.690	52.573
11	15.704	5.732	7.165	59.739
12	16.819	6.139	7.674	67.412
13	18.014	6.575	8.219	75.631
14	19.293	7.042	8.802	84.433
15	20.662	7.542	9.427	93.861

Sobre un volumen del vaso de vertido de 65.000 m³, supone una vida útil de 11 años.

- E2. Crecimiento moderado

Este escenario contempla el crecimiento continuo de los índices en el periodo, aumentando al 2% anual la cantidad de residuos por habitante y al 5% los habitantes atendidos.

Tabla 17.- Ratios de evolución de la generación de residuos y crecimiento de la población para el escenario de crecimiento moderado.

Ratios de evolución	
Ratio crecimiento residuos	1,02
Ratio crecimiento habitantes	1,05
Crecimiento combinado	1,071

Tabla 18.- Cuadro E2. Previsión de la evolución del vertedero en 15 años bajo una perspectiva de una etapa de crecimiento de la población y la generación de residuos.

año	kg/día	t/año	m ³ /año	m ³ acum.
1	10.000	3.650	4.563	4.563
2	10.710	3.909	4.886	9.449
3	11.470	4.187	5.233	14.682
4	12.285	4.484	5.605	20.287
5	13.157	4.802	6.003	26.290
6	14.091	5.143	6.429	32.719

7	15.092	5.508	6.886	39.605
8	16.163	5.900	7.374	46.979
9	17.311	6.318	7.898	54.877
10	18.540	6.767	8.459	63.336
11	19.856	7.247	9.059	72.395
12	21.266	7.762	9.703	82.098
13	22.776	8.313	10.391	92.489
14	24.393	8.903	11.129	103.619
15	26.125	9.536	11.919	115.538

Sobre un volumen del vaso de vertido de 65.000 m³, supone una vida útil de 10 años.

- E3. Desarrollo intenso

Se plantea una evolución de mayor crecimiento y continua en el periodo, de los índices de producción y de habitantes. El ratio de crecimiento combinado supera el 10% anual.

Tabla 19.- Ratios de evolución de la generación de residuos y crecimiento de la población para el escenario de desarrollo intenso.

Ratios de evolución	
Ratio crecimiento residuos	1,05
Ratio crecimiento habitantes	1,05
Crecimiento combinado	1,103

Tabla 20.- Cuadro E3. Previsión de la evolución del vertedero en 15 años bajo una perspectiva de una etapa de desarrollo intenso de la población y la generación de residuos.

año	kg/día	t/año	m ³ /año	m ³ acum.
1	10.000	3.650	4.563	4.563
2	11.025	4.024	5.030	9.593
3	12.155	4.437	5.546	15.138
4	13.401	4.891	6.114	21.253
5	14.775	5.393	6.741	27.993
6	16.289	5.945	7.432	35.425

7	17.959	6.555	8.194	43.619
8	19.799	7.227	9.033	52.652
9	21.829	7.967	9.959	62.612
10	24.066	8.784	10.980	73.592
11	26.533	9.685	12.106	85.698
12	29.253	10.677	13.347	99.044
13	32.251	11.772	14.715	113.759
14	35.557	12.978	16.223	129.981
15	39.201	14.308	17.886	147.867

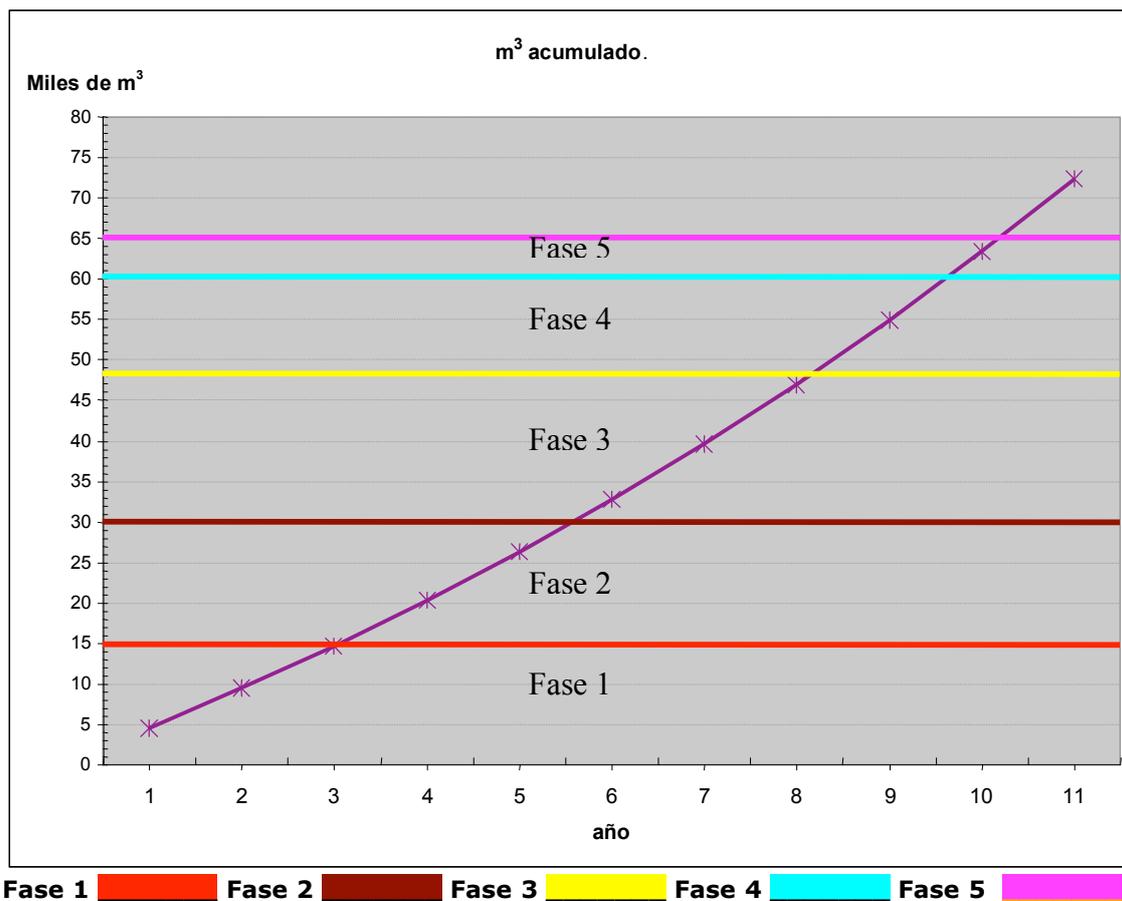
Sobre un volumen del vaso de vertido de 65.000 m³, supone una vida útil de 9 años.

Como resumen, el abanico de escenarios analizados nos aporta el siguiente cuadro (tabla 21):

Tabla 21.- Tiempo de vida útil (años) previsto para el vertedero en función de los cuatro escenarios posibles.

Escenario	Años de vida útil
E0 Crecimiento cero	14
E1 Crisis + crecimiento moderado	11
E2 Crecimiento moderado	10
E3 Crecimiento intenso	9

Para los estudios y cálculos pertinentes de Proyecto y de Impacto Ambiental, tomaremos una vida útil de este periodo de explotación del vertedero de 10 años (figura 5).

Figura 5.- Gráfico de ocupación del vertedero por fases para el escenario E2.

5.2.2. Etapa II

En la Etapa II de explotación, el vertedero puede ampliarse sobre la vaguada culpada durante la Etapa I y hasta ocupar toda la parcela disponible: una superficie no menor de los 30.000 m² si descontamos a los 48.100 m² de parcela el área de servicios, la zona inferior ocupada por la balsa de lixiviados y terreno por debajo de la fase 5 de la Etapa I, así como superficie dedicada a caminos de servicio y taludes.

Sobre esta superficie puede elevarse un dique de 5 m lo que nos da una capacidad añadida de 150.000 m³, lo que nos da un margen suficiente de operación en un entorno temporal de 2 décadas.

II. CENSO DE INSTALACIONES Y MEDIOS EXISTENTES PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS

Introducción

Como complemento al Censo de residuos, se presenta aquí una relación de los medios de recogida y tratamiento con que cuenta la isla de Santo Antão. Se pretende con ello ofrecer una información, lo más completa que nos ha sido posible recoger, que permita un acercamiento lo más próximo posible a la realidad de la gestión de los residuos que actualmente se realiza en la isla.

El sistema de recogida de los residuos se realiza de forma independiente por cada una de las Cámaras municipales mientras que el destino final de los mismos es común, en el caso de Paul y Ribeira Grande. Porto Novo cuenta con su propio vertedero al igual que la población de Tarrafal de Monte Trigo.

1. SISTEMA DE RECOGIDA

La presentación de los residuos se realiza mediante contenedores y bolsas depositadas en la calle. Los vehículos de recogida son generalmente compactadores pero también existen de caja abierta y carga manual. Se relacionan aquí los medios de recogida, según sea su uso y utilidad de forma agrupada, aunque especificándose por municipio, de cara a tener una visión de los medios totales disponibles a la hora de realizar una gestión mancomunada que comprenda toda la isla.

1.1. Parque de contenedores

La isla cuenta con un total de 635 contenedores, según los datos aportados por las respectivas cámaras municipales. De ellos, 284 son de una capacidad nominal de 800 l y 361, poseen una capacidad de 240 l. A estos contenedores se deben añadir los situados en TARRAFAL DE MONTE TRIGO, que cuenta con 16 contenedores de 120 litros. Distribuidos por municipios, se reparten así:

- **PAUL.** El parque de contenedores de PAUL lo componen 100 contenedores de 240 litros, de los que 40 se ubican en Vila das Pombas.
- **PORTO NOVO.** Según información local, el municipio de PORTO NOVO cuenta con 350 contenedores, 200 en el núcleo principal, la mayoría de 800 litros de capacidad nominal y 150 en los núcleos periféricos de 240 l de capacidad nominal. La práctica totalidad de los contenedores son de polietileno de alta densidad (PEAD) y se encuentran en precario estado por falta de mantenimiento. En PORTO NOVO alguno de ellos se ubican en alojamientos construidos para ese cometido.
- **RIBEIRA GRANDE.** El parque de contenedores del municipio de RIBEIRA GRANDE lo componen 84 contenedores de 800 litros más 211 de 240 litros de capacidad, distribuidos por *freguesías* según se muestra en la tabla 22.

Tabla 22.- Distribución de los contenedores en las diferentes *freguesías* de Ribeira Grande

Freguesia	800 litros	220 litros	Capacidad (litros)
N ^a Sr. ^a do Rosário	50	69	55.180
Santo Crucifixo	13	64	24.480
N ^a Sr. ^a do Livramento	17	42	22.840
São Pedro Apóstolo	4	36	11.120
Total en el Municipio	84	211	113.620

Los contenedores son de PEAD, muchos de ellos deteriorados: sin ruedas, tapas y, en general, con deficiente o nulo mantenimiento.

1.2. Parque de vehículos

En conjunto, la isla cuenta con ocho vehículos de recogida municipal en su mayoría compactadores de carga trasera, que tienen una capacidad total de 91 m³. También existen recogidas por parte de particulares en vehículos más pequeños de caja abierta.

Por municipio se reparten de la siguiente manera:

- **PAUL.** La recogida de residuos se realiza con camiones compactadores de carga trasera. Como apoyo también se usan vehículos de caja abierta (tabla 23 y figura 6).

Tabla 23.- Relación de vehículos de recogida de residuos de Paul.

Localización	Chasis	Matrícula	Caja	Volumen (m ³)	Elevacont.
Vila das Pombas	Mitsubishi Fuso 7C15 Canter	SA-69-AB	Basrio	± 14	Brazos y Peine
Vila das Pombas	Volvo NL 10	ST-86-BG	Caja abierta	± 10	

Figura 6.- Imágenes de los dos vehículos de recogida de residuos de Paul.



- **PORTO NOVO.** La recogida de residuos se realiza mediante camiones compactadores de carga trasera con o sin elevacontenedores. Como apoyo también se usan vehículos de caja abierta (tabla 24 y figura 7).

Tabla 24.- Relación de vehículos de recogida de residuos de Porto Novo.

Localización	Chasis	Año	Matrícula	Caja	Volumen (m ³)	Elevacont.
Porto Novo	Volvo FL6 4000 Turbo	1986	SA-7-AB	Compactador Basrio	± 18	Brazos
Porto Novo	Volvo NL 10		ST-96-BG	Caja Abierta	± 10	
Porto Novo	Tractor de gomas John Deere 3300X			Remolque		
R ^a das Patas	Toyota DYNA 250 Diesel		SV-21-AN	Compactador MOFIL	± 10	NO

Figura 7.- Imágenes de los dos vehículos de recogida de residuos de Porto Novo.



- **RIBEIRA GRANDE.** La recogida municipal se realiza con un camión compactador de carga trasera y de 3 ejes apoyado por un camión de caja abierta (tabla 25 y figura 8). En los núcleos dispersos y de escasa población se realiza la recogida con vehículos particulares no compactadores.

Tabla 25.- Relación de vehículos de recogida de residuos de Ribeira Grande.

Localización	Chasis	Año	Matrícula	Caja	Volumen (m ³)	Elevacont.	
Ribeira Grande	Volvo FL7 Intercooler	1990	SA-99-AB	3 ejes	Basrio	± 25	Brazos
	DYNA			2 ejes	Caja abierta	4	

Figura 8.- Imagen del vehículo de tres ejes para recogida de residuos de Ribeira Grande.



2. SISTEMA DE TRATAMIENTO. VERTEDEROS.

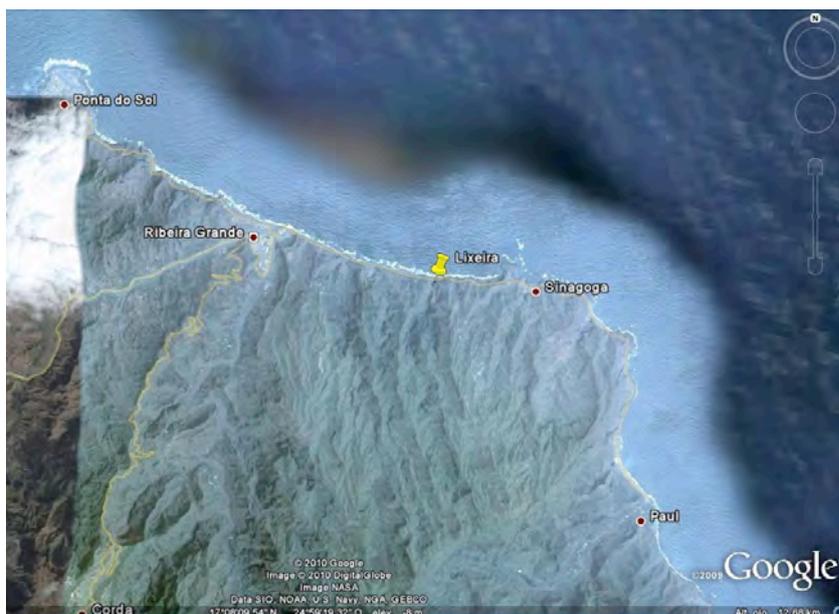
No existe otro tratamiento de los residuos sólidos urbanos recogidos por las cámaras municipales que su vertido e incineración posterior. Para ello existen dos vertederos, uno en el que se depositan los residuos procedentes de PORTO NOVO y un segundo, en el que se vierten los procedentes de PAUL y RIBEIRA GRANDE. Al margen de estos, existen varios puntos de vertido sin control aparente alguno, en TARRAFAL DE MONTE TRIGO.

La ubicación y características de los mismos son las siguientes:

- **Vertedero de PAUL y RIBEIRA GRANDE.** Ubicado en la carretera de la costa a 6 km de PAUL y 2 km de RIBEIRA GRANDE (figura 9).

Latitud 17°10'40.20"N
Longitud 25° 2'33.90"O

Figura 9.- Imagen superior, localización del vertedero de Paul y Ribeira Grande. Imágenes inferiores, vistas del vertedero y de la incineración de sus residuos.



- Vertedero incontrolado en el lecho de un curso de agua que vierte al océano a través de un paso bajo la carretera en el que se depositan los residuos de los municipios de RIBEIRA GRANDE y PAUL.
 - La quema de residuos produce humos que afectan a la carretera y a viviendas en las laderas del valle.
 - La zona de vertido se separa del lecho mediante un muro de piedra.
 - El vertedero dispone de una pala mecánica para acondicionamiento de los residuos.
- **Vertedero de PORTO NOVO.** Se encuentra situado en la proximidad de la carretera que conduce a R^a das Patas, a 4 km al oeste de PORTO NOVO (figura 10). De fácil acceso su situación exacta es:

Latitud 17° 1'5.40"N
Longitud 25° 6'15.30"O

Figura 10.- Localización del vertedero de Portonovo.



Las características del mismo se pueden resumir así: recinto rectangular cercado por valla de simple torsión sobre postes de hormigón, de una superficie aproximada de 10.000 m² y sin más medidas de control o vigilancia, aunque existe una caseta en la esquina derecha del frente de acceso y puerta de acceso con cerradura (figura 11).

Respecto a su explotación, ésta se lleva a cabo de la siguiente forma: los camiones acceden al interior del recinto y los residuos se depositan directamente en tierra, tras lo cual una pala frontal de cadenas extiende los residuos que son quemados sin control.

En caso de avería de la pala o problema de acceso al recinto, los residuos se vierten de forma incontrolada en la explanada exterior.

Figura 11.- Vistas del vertedero de porto Novo y de la incineración de sus residuos



- **Vertedero de TARRAFAL**

Es un vertedero incontrolado situado sobre una rambla, donde se depositan los residuos de los residentes del núcleo de Tarrafal de Monte Trigo, en el extremo suroeste de la isla, a 3 km al sur de la población (figura 12). Su situación exacta queda definida así:

Latitud 16°56'12.50"N
Longitud 25°18'51.20"O

Tarrafal tiene una población de 867 habitantes. Los residuos se depositan en 16 contenedores de 120 litros y son recogidos diariamente por un dumper de caja abierta de 1 m³ de capacidad, para lo cual realiza de 2 a 3 viajes diarios a la lixeira.

Figura 12.- Imagen superior, localización de Tarrafal respecto a Portonovo. Imagen central, localización del vertedero de Tarrafal. Imagen inferior, vista del vertedero.



III. MAPA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO

1. Mapa de los residuos sólidos urbanos de la isla de Santo Antão

Para visualizar de forma sencilla la problemática de la logística en la gestión de residuos urbanos de la isla se muestra en la figura 12 un mapa de los residuos sólidos urbanos de Santo Antão. La complicada orografía de la isla y la distribución de las poblaciones principales son las principales dificultades en la recogida de residuos, así como de su tratamiento en el caso de poblaciones de muy difícil acceso como Tarrafal.

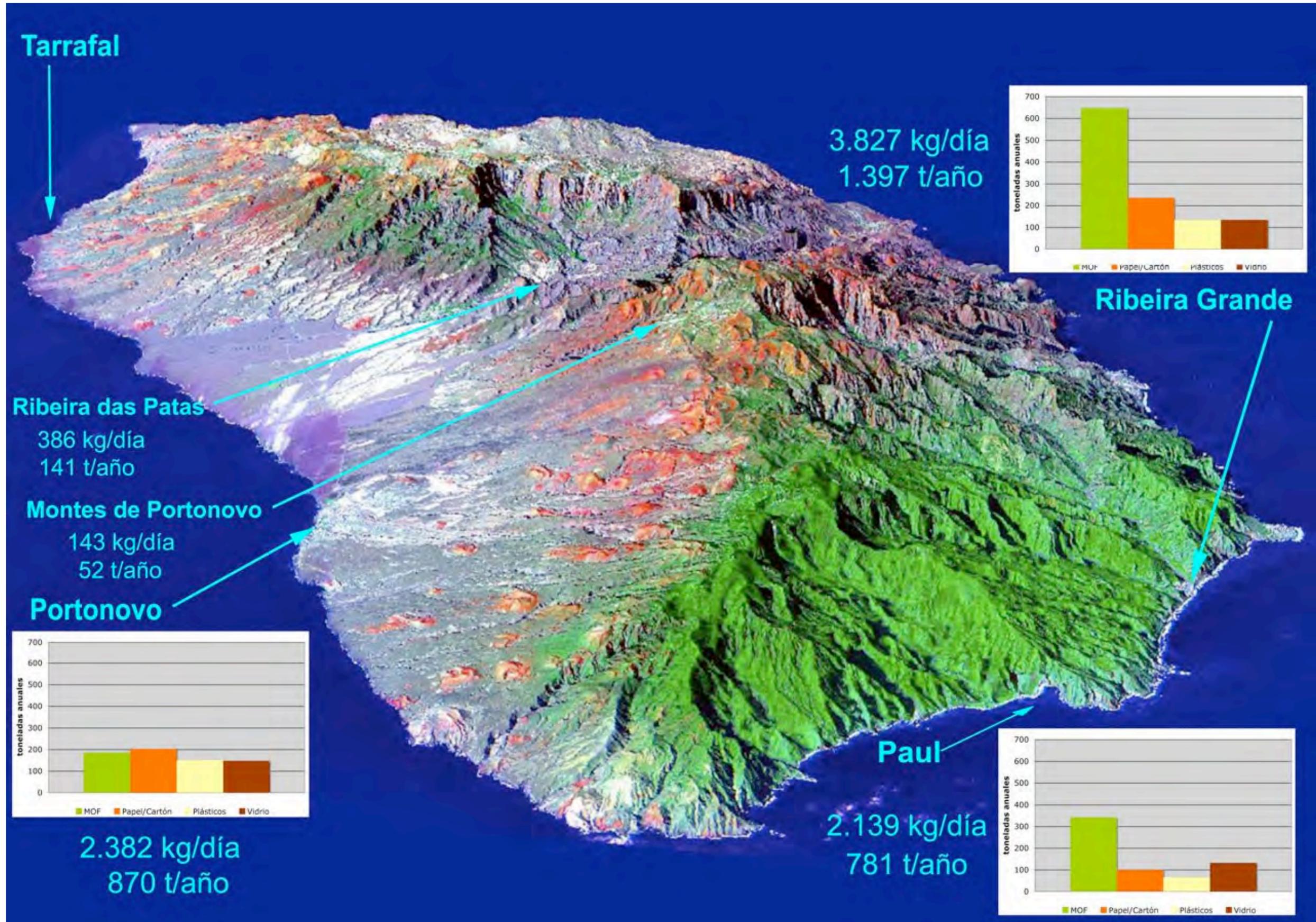
En el MAPA también se muestra información sobre las cantidades diarias y anuales estimadas de residuos sólidos urbanos calculadas según se explicó en el punto I-5 del CENSO DE RESIDUOS, que son recogidos periódicamente en la isla. También se ofrecen en tres gráficas con datos comparativos relativos a su composición en cuanto a las cantidades anuales que se recogen de materia orgánica fresca (MOF), papel y cartón, plásticos de (todo tipo) y vidrio.

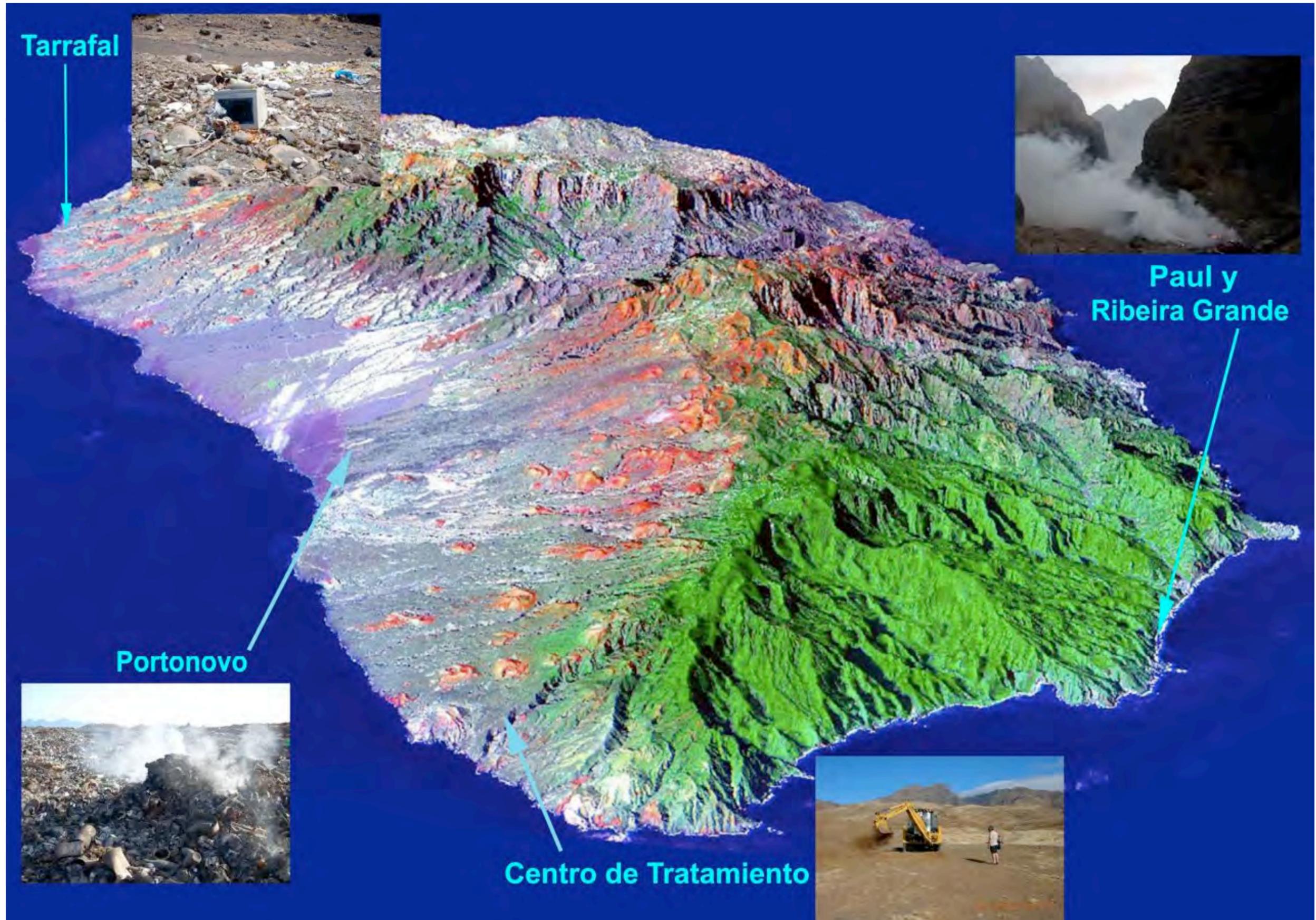
MOF. Las mayores cantidades se recogen en Ribeira Grande (647 t/año), en parte debido a que está ubicada en la zona norte de la isla, donde las condiciones favorecen los cultivos y el desarrollo de especies vegetales, especialmente de caña.

Papel y cartón. El papel y cartón que se genera tanto en Ribeira Grande como en Portonovo supone el doble que en Paul, una población con menos habitantes.

Plásticos. Aunque las diferencias entre las tres poblaciones son más pequeñas es Paul la que presenta una menor cantidad de plásticos generados anualmente.

Vidrio. Esta es la única fracción que se genera en cantidades muy similares en las tres poblaciones, con independencia del número de habitantes.





**PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS
SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO
2010-2020**

SEGUNDA PARTE: PROPUESTA DE ACTUACIÓN

I. PROGRAMA DE PREVENCIÓN Y MINIMIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE SANTO ANTÃO

Introducción

Evitar la generación de residuos, esto es, su prevención, constituye actualmente el objetivo prioritario de las normativas sobre gestión de residuos, tanto en la UE como en otras partes del mundo. Hoy en día, el viejo dicho ecologista de que el mejor residuo es el que no se produce, tiene ya rango de ley en muchos países. Pero en Santo Antão, este objetivo adquiere, si cabe, una mayor importancia, debido tanto a razones económicas como ambientales, si es que estas razones pueden establecerse por separado.

Evitar la generación de residuos en la isla, ya sea porque estos nunca se generan o porque antes que adquirir tal consideración, la de residuos, son aprovechados, representa por un lado un doble ahorro económico y la evitación del correspondiente impacto ambiental en su tratamiento.

El ahorro económico se deriva, en primer lugar, de la evitación del gasto que representa la adquisición de un producto, en nuestro caso generalmente envases y similares, para su posterior abandono, esto es, convertirlo en un residuo. En segundo lugar, hay que considerar el gasto que significa todo el proceso de recogida transporte y tratamiento.

En la evaluación del impacto ambiental que causan los residuos, debe tenerse en cuenta todo el proceso de presentación en contenedores, recogida y transporte mediante vehículos motorizados y por último, su destino final de los no aprovechables,, en nuestro caso, un vertedero. En todo el proceso se consumen materiales (contenedores, combustible, elementos de mantenimiento y reparación,...) que han generado y generan impacto ambiental y se ocupa un terreno para su vertido que, aun siendo estrictamente controlado, también puede generar afección al medio.

Por esta razón, se insiste en este Proyecto en la importancia del establecimiento de una estrategia que permita la reducción progresiva de aquellos residuos que pueden ser objeto de la misma sin causar su evitación graves alteraciones del desarrollo económico de la isla, a la vez que puedan ser comprendidos y aceptados por la población, mediante la correspondiente explicación, a través de campañas informativas, que se hacen imprescindibles en estos casos.

Una estrategia de estas características no tiene excesivo sentido si no se enmarca en criterios de comportamiento relacionados, en general, con la utilización de nuestros recursos, tanto naturales, en la isla de Santo Antão muy escasos, como económicos. Entre estos criterios destaca el del ahorro, que afecta en general a todos los recursos, ya sean materiales (objetos de consumo de mayor o menor duración), agua y energía. El concepto de durabilidad, debe ser interpretado y asumido como una importante herramienta para conseguir una reducción significativa de los residuos. Otros criterios significativos son los de compra y utilización de objetos para garantizar al máximo su utilidad con la menor generación de residuos posible.

Los criterios y orientaciones prácticas que en este PROGRAMA DE PREVENCIÓN se indican, han sido elaborados para su aplicación dentro de una estrategia a medio y largo plazo, de forma que, en el futuro desarrollo económico de la isla, en el cual probablemente la actividad turística sea determinante, la generación de residuos cuente con medidas e instrumentos sociales, económicos y legales, que permitan abordar con criterios prácticos y útiles el siempre problemático sector de los residuos.

1. CONSIDERACIONES GENERALES PREVIAS

1.1 Criterios de ahorro

El criterio del ahorro es el más importante a tener presente en todos nuestros actos de consumo. Dedicar algunos minutos a reflexionar sobre la necesidad de adquirir algún producto puede resultarnos muy útil al comprobar que podemos modificar el concepto de compra de nuevos productos o reducir su consumo.

Por otra parte, ahorrar materiales, agua y energía, casi siempre escasos por finitos o inaccesibles, es un objetivo que, en Cabo Verde, se presenta como estratégico para garantizar nuestro propio futuro, carentes de forma extrema en algunas islas, de estos imprescindibles recursos.

Compatibilizar la compra con el ahorro exige reflexionar sobre el propio acto de consumo bajo la premisa de que siempre es “mejor con menos” y que ese menos no implica pérdida de confort ni merma en nuestra felicidad.

La reflexión sobre el acto de compra más responsable nos lleva a valorar la “durabilidad” de los objetos en primer lugar y la evitación de los consumos innecesarios de energía y agua.

1.1.1. La durabilidad de los productos

La forma más práctica de evitar o retrasar la adquisición de nuevos bienes de consumo consiste en seleccionarlos en función de su calidad y durabilidad. Hay que tener en cuenta que con tan sólo duplicar la vida útil de todos los objetos que compramos podríamos reducir los residuos a la mitad.

La Garantía de buen funcionamiento

La duración de la vida útil de un objeto también depende de las posibilidades de ser reparado. Por estas razones, la “Garantía Oficial” que emite la empresa fabricante se convierte en una especie de “etiqueta ecológica” que, según su extensión y existencia de “servicio oficial de

reparaciones” constituye un valioso indicador de la calidad, fiabilidad y durabilidad del producto. Además de la garantía de funcionamiento, debemos conocer la de fabricación de piezas de repuesto una vez finalizado la fabricación del producto.

Este criterio básico de la durabilidad, ya hace años que ha comenzado a presidir la fabricación de objetos, a veces lujosos y de elevado precio, en los países avanzados en la “nueva economía ecológica y social de mercado” (término acuñado en Alemania). Como ejemplo podemos señalar el lanzamiento, en 1994, del nuevo automóvil AUDI A6 bajo una sorprendente publicidad sobre su durabilidad; en la que se señalaba cómo después de 500.000 km recorridos: “Abre la puerta. Se sienta al volante. Y de nuevo a empezar km 0”.

La reparación y remodelación

Es el factor clave para prolongar la vida útil de nuestros objetos, el complemento lógico de la utilización durante largo tiempo de objetos de calidad y elevado precio. Antes de decidir desprenderse de un objeto, de la naturaleza que sea, aún en el caso de que su reciclabilidad total o parcial sea posible, es más responsable y beneficioso para todos, procurar su reparación o readaptación. Obtendremos así una triple ventaja: evitar la generación de residuos, a veces peligrosos y de difícil aprovechamiento, ahorro monetario y fomento de un sector, ecológico y socialmente necesario, como es el de los talleres de reparaciones.

Aunque sea a veces difícil o imposible, por no existir cerca una empresa dedicada a ello, casi todos los objetos son reparables. No sólo las viviendas, los automóviles, o los electrodomésticos, también es posible reparar bañeras, aplicando un recubrimiento a partir de resina epoxi, o parabrisas de automóvil fragmentados mediante la inyección, al vacío, de una resina con igual índice de transparencia que convierte la fisura en adhesión invisible.

1.1.2. Segunda mano

El concepto de compra de primera, segunda o tercera mano, está asociado con frecuencia a determinados objetos, más por razones culturales que funcionales. El “acto de comprar” y la “satisfacción de poseer”, soportes básicos de la sociedad de consumo, alcanzan su máximo ritual consumista si lo adquirido “es nuevo”.

La racionalidad de la adquisición debe estar presidida por la adecuación de las posibilidades de uso, oferta de servicio que nos ofrece un producto a

nuestras necesidades. Si somos capaces de analizar racionalmente nuestra necesidad podremos encontrar el producto óptimo, independientemente de que éste sea nuevo o usado. Eso sí, siempre que tengamos garantía de su verdadero estado y potencial de uso.

Estos criterios y prácticas están muy desarrollados en la adquisición de bienes de grandes prestaciones y elevado precio, en la cual los criterios consumistas que rigen las compras individuales no tienen sentido.

Adquirir y vender de segunda mano es posible acudiendo a tiendas y rastros especializados y a periódicos en soporte celulósico (papel) y electrónico.

1.1.3. Leasing y renting

Estas fórmulas, que permiten disfrutar de un bien sin adquirirlo con casi todas las ventajas de la propiedad y sin la mayoría de sus inconvenientes, nos muestran cómo la racionalidad económica conduce, a veces, a soluciones ambiental y socialmente atractivas.

1.1.4. El ahorro en el consumo de agua y energía

Agua. El agua es un recurso abundante (salada) y escaso (dulce). El agua dulce es uno de los recursos más valiosos y escasos en Santo Antão. Un exagerado consumo podría llevar a la isla a una situación insostenible. El ahorro y la reutilización o reciclado del agua debe de ser siempre prioritario a la desalación. La desalación implica una exagerada dependencia exterior del petróleo, así como un elevado coste ambiental (emisiones de CO₂, residuos salobres,...) y económico.

Las campañas de ahorro de agua son cada vez más frecuentes en todos los países, pero de poco sirven si no se asume la necesidad de cambiar nuestro concepto de la utilización de este preciado recurso. Es, quizás, el recurso sobre el que más se puede hacer, de forma individual, para evitar su consumo.

En el *ANEXO* se encuentran una serie de medidas prácticas para lograr el ahorro en el consumo de agua tanto en los hogares como en edificios de otros usos. Aspecto que consideramos muy importante para poder ser tenido en cuenta en el futuro desarrollo turístico de la isla.

Energía. La dependencia exterior del petróleo en Cabo Verde convierte al archipiélago en un territorio frágil. Este combustible representa prácticamente la totalidad, del consumo de energía primaria de Santo Antão en la actualidad, a pesar del potencial de las energías endógenas

(renovables), tan abundantes (solar, eólica). El consumo de electricidad ha comenzado a aumentar por el uso de los aparatos de aire acondicionado (refrigeración).

Dadas las expectativas de aumento del turismo en la isla, este aspecto del ahorro energético consideramos que debería de tenerse muy en cuenta, tanto en lo que se refiere a la dependencia exterior de la energía fósil, como a la necesidad de aprovechar las energías endógenas.

El complemento de estos criterios de ahorro se encuentra en el campo del aprovechamiento energético con la máxima eficiencia posible. En el *ANEXO* se encuentran indicaciones prácticas para alcanzar estos objetivos de ahorro, tanto en hogares como en edificios de diferentes usos y con bastante detalle en lo que se refiere a los aparatos de aire acondicionado.

Estos criterios prácticos de ahorro de agua y energía, podrían servir de guía para las nuevas instalaciones turísticas de la isla, aspectos, por otra parte, cada vez más exigidos y valorados por el turismo que acude a Santo Antão.

1.2. Criterios de compra

En el proceso de compra de nuevos productos y servicios, se debe tener en cuenta dos aspectos básicos: el ambiental y el social.

1.2.1. Criterios ambientales

Se basan en conocer, con el mayor detalle posible, el impacto ambiental que el propio proceso de compra y el producto comprado, representa y, en comparación con otros, decidir por el que menos agresión ambiental ocasiona.

Formarse correctamente este criterio no es fácil, se requiere una extraordinaria labor de investigación comparada, larga y costosa que, lejos de estar a nuestro alcance, tampoco daría, en muchos casos, resultados plenamente satisfactorios.

En la década de los noventa se crearon grandes expectativas en torno a la metodología conocida como “ecobalance” o “análisis del ciclo de vida”, con la cual se pueden analizar, producto a producto, desde la extracción y preparación de las materias primas hasta su propia fabricación y posterior uso (residuos), los diferentes impactos ambientales. De este resultado comparativo se podría decidir cual de todos ellos es el menos perjudicial para el medio o, en lenguaje del *marketing* o *comercio verde*, el más *ecológico*, *bio*, *verde*,....

Esta metodología ha resultado tan costosa como incierta en muchos casos y no se ha extendido como era de esperar, aunque se sigue investigando para mejorarla.

Actualmente se están implantando en las empresas, tanto industriales como de servicios, sistemas de gestión ambiental (controlados por auditores externos que, tras el cumplimiento de determinados requisitos ambientales (reducción del consumo de recursos naturales, disminución de los residuos y de su peligrosidad, aumento de la calidad y durabilidad de los productos...), se les concede un certificado o distintivo ambiental, bien a la empresa o bien a los productos o a ambos.

En el *ANEXO 2. Criterios de ahorro. Los distintivos ambientales*, se encuentran indicados por las etiquetas y otros distintivos de ámbito internacional y nacional más extendidos, tanto de productos como de sistemas de fabricación y gestión. Estos distintivos pueden ayudar de forma significativa, no sólo al ciudadano consumidor de la isla, actualmente con niveles de consumo bajo, si no a las autoridades que pueden establecer criterios de compra en los que se incluyan productos y servicios con estos distintivos. Éste criterio, ya extendido en muchos países, debería servir de obligado cumplimiento en las instalaciones turísticas.

1.2.2. Criterios de responsabilidad social

El consumidor posee, como tal, un extraordinario poder en la sociedad de consumo para corregir las agresiones ambientales y sociales que se derivan del modo de producción y consumo actual. Su poder, casi siempre adormecido o simplemente ignorado, reside en su capacidad de elección. Es evidente que estas consideraciones apenas pueden aplicarse en la actualidad a la realidad de Cabo Verde y en concreto a la de Santo Antão. Pero deben ser tenidos en cuenta de cara a un futuro como una herramienta importante para la conservación de los recursos de la isla y de la paz social.

Elegir un producto, ya sea este material o un servicio, exigiendo que cumpla determinados requisitos ambientales y sociales, es ejercer nuestro poder como consumidores en una sociedad caracterizada por el consumo. Para ayudar a elegir lo más correctamente posible desde el punto de vista ambiental se han señalado los instrumentos existentes: distintivos y etiquetas. Sin embargo estos instrumentos, casi nunca incluyen exigencias sociales para su concesión. Podemos entonces adquirir productos cada vez más correctos desde el punto de vista ambiental, pero que representan una explotación e injusticia para las personas que los producen.

Se indican aquí los distintivos más conocidos y extendidos con estos criterios.

- El comercio justo

Constituye una primera alternativa al comercio actual mundializado, en el que las mercancías circulan por los mercados sin información alguna, para el que las adquiere, sobre quienes y cómo las han producido. Sólo denuncias de trabajo infantil, de condiciones de semi-esclavitud y de salarios de miseria, permiten sensibilizar a los consumidores responsables. Pero seguimos sin apenas alternativas.

El *comercio justo* es una iniciativa internacional que exige, respecto a productores, importadores y comercio minorista, una serie de requisitos para poder identificar los productos bajo esta denominación.

Los productores participan en las decisiones que afectan a la producción, la cual se desarrolla en condiciones dignas y de respeto de los derechos humanos, reciben un salario justo y obtienen mejoras sociales y ambientales.

Los importadores pagan un precio justo por el producto, con transparencia en los márgenes comerciales, y ayudan a los productores en la financiación de la producción y en su formación, restringiendo al máximo los intermediarios comerciales.

Las tiendas informan al consumidor sobre el contenido y objetivos del “comercio justo”, promocionan y venden los productos, participando en campañas para mejorar la situación de los productores y del comercio internacional.

Tres etiquetas acreditativas de que un producto es de “comercio justo” existen ya en Europa. Aprobados y controlados por la Organización Internacional de Etiquetado: *Max Havelaar: Fairtrade Transfair*.

- La inversión socialmente responsable

Cada vez los ciudadanos desean que sus ahorros sirvan para financiar empresas que sean social y ambientalmente responsables. Esta presión ciudadana se está traduciendo en un cambio de escenario a escala internacional, de forma que, organismos como Naciones Unidas, la OCDE y la Unión Europea, están fomentando la denominada “responsabilidad social corporativa”(RSC).

Este tipo de inversión responde a un doble motivo. En primer lugar, el deseo de los ciudadanos, cada vez en mayor número, independientemente

de su origen e ideología, de oponerse a que sus ahorros financien empresas que tienen intereses directos o se dedican a actividades no deseadas (energía nuclear, armamento, pesticidas, tabaco, violación de derechos humanos...). En segundo lugar, la voluntad de primar a las empresas que ofrezcan resultados positivos, a juicio de los analistas especializados, en relación con su responsabilidad social y ambiental.

- Los fondos de inversión

Existen en Europa, según un estudio realizado a finales de 2001 por “Sustainable Investment Research International Group” en colaboración con “Euronext”, 251 fondos de inversión que incluyen empresas con criterios de responsabilidad social.

En junio de 2002 se aprobó en la Cámara de los Comunes Británica, la “Corporate Responsibility Act”, ley que obliga a todas las empresas que operan en el Reino Unido a elaborar y publicar anualmente, informes de “triple resultado”. En ellos se explicará la evolución interna y los resultados en los tres ámbitos fundamentales: financiero, social y ambiental. En Francia ya existe también una legislación parecida desde febrero de 2002.

Actualmente, ya existen varios inversores institucionales en todo el mundo, aunque mayoritariamente norteamericanos y británicos (CALPERS, TIAA-CREFF, CALSTRS), que trabajan e invierten con estos criterios. En la UE se han invertido en 2001, 19.000 millones de euros con criterios de responsabilidad social.

2. SUB-PROGRAMA PARA LA PREVENCIÓN DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS DOMÉSTICOS

En el ámbito doméstico y en el de las instalaciones públicas de diferentes usos (hoteles, centros de enseñanza, oficinas,...), se utilizan habitualmente un sinnúmero de productos cuyo contenido en muchos casos participa de compuestos químicos perjudiciales para el medio e incluso para la salud de las personas. Esta compleja gama de productos está compuesta por los conocidos como insecticidas, desinfectantes, productos de limpieza, pinturas y barnices, abrasivos, pilas eléctricas, por citar los más frecuentes.

Consideración aparte deben tener los residuos farmacéuticos, los procedentes de hospitales, clínicas (para personas y animales si las hubiere), talleres e industrias de cualquier tipo, puerto de Santo Antão y mataderos de animales. Éstos residuos deben tener sistemas de control y gestión

diferenciada de los residuos sólidos urbanos y no son contemplados, por estas razones, en este Proyecto.

2.1. Cantidades y naturaleza de estos residuos

En los análisis de composición llevados a cabo en las dos campañas no se han detectado prácticamente residuos peligrosos si exceptuamos tres pequeñas pilas eléctricas y una bolsa específica y debidamente señalizada con residuos hospitalarios. No obstante, como ya se ha señalado anteriormente, se debe tener en consideración la importancia de estos residuos por su peligrosidad.

La incidencia negativa en el medio de estos materiales residuales, no sólo afecta a los residuos sólidos urbanos, sino también a la contaminación de las aguas residuales en aquellos casos en los que estos residuos en forma líquida o pastosa se viertan a los desagües. De esta forma, los lodos de la depuración de las aguas residuales estarán contaminados gravemente por estos residuos químicos peligrosos, lo cual los convertirá, a su vez, en lodos inapropiados para su aprovechamiento posterior en la agricultura. De aquí la importancia de la prevención y reducción al máximo de estos residuos.

La actuación más eficaz en este campo depende tanto de las autoridades e instituciones locales, como del apoyo del Gobierno central de Cabo Verde. Se trata de una combinación entre la información y el ofrecimiento a la población de productos menos o nada agresivos que cumplen las mismas funciones que los que actualmente se adquieren y utilizan. Para ello, es necesario actuar en el control de las importaciones de estos productos mediante algún tipo de instrumento legal que penalice la importación, dentro de un calendario asumible por comerciantes y consumidores, de progresiva reducción o desaparición de los más dañinos y peligrosos.

Las campañas informativas deben ir acompañadas de la presencia de los productos alternativos a los comercios y de la demostración de sus ventajas a través del propio uso de los mismos en las instituciones públicas (Cámaras municipales centros de enseñanza,...). En el mercado existe ya una extensa gama de estos productos cuya importación y venta posterior debería verse apoyada por las autoridades locales. Un ejemplo del que existe ya un gran conocimiento de su eficiencia, es la utilización de pilas eléctricas exentas de metales pesados y recargables. Igualmente existen numerosos productos de limpieza, pinturas al agua, pinturas y barnices a base de productos denominados ecológicos con amplia tradición de uso en numerosos países, que podrían constituir un muestrario a disposición del público, bien en

establecimientos de venta o en centros públicos colaboradores de esta campaña.

Dado que, los productos envasados de esta naturaleza están siendo en su conjunto, producto más envase, considerados como peligrosos, conviene tener presente las posibilidades que ofrecen los nuevos sistemas de relleno de envases mediante dosificadores que permiten que el usuario reutilice el envase vacío varias veces.

Al margen de estos productos de naturaleza industrial y cuya presentación no deja de ser en envases, a veces difícil relleno o reutilización, existe también una amplia gama de productos naturales para diferentes usos: ambientadores, repelentes de insectos, limpiadores y otros similares, de los cuales se incluye en el *ANEXO* una detallada relación.

2.2. Los productos de limpieza

La limpieza es siempre un concepto relativo. Limpiamos un lugar, o nos limpiamos, para ensuciar otro lugar, aquel en el que depositamos los restos retirados mediante la limpieza. En el proceso de retirar estos restos, esto es, durante la limpieza, debemos ser cuidadosos con la forma y frecuencia de hacerlo, así como con los productos empleados.

Un exceso de limpieza puede llegar a dañar no sólo el medio natural, como consecuencia de los residuos peligrosos producidos por los productos de limpieza, sino el propio objeto que limpiamos. Esto resulta muy grave en el caso de nuestro propio cuerpo.

Por estas razones debemos llevar, hasta sus últimas consecuencias, el refrán popular que nos dice que *no es más limpio el que más limpia, sino el que menos ensucia*.

Respecto a los productos de limpieza de todo tipo que se usan en los hogares, es muy importante señalar que, en su gran mayoría, incluyendo aquí los de higiene personal, contienen productos peligrosos para la salud del medio y de las personas. En la UE, tan sólo unos pocos cuentan con la etiqueta ecológica (detergentes para ropa y vajillas; limpieza de cocinas y baños), aunque los haya con etiquetas ecológicas de ámbito nacional (ángel azul...).

Por estas razones, debemos utilizar productos comerciales que garanticen su menor peligrosidad y recurrir a productos y prácticas tradicionales muy efectivas y baratas, aunque a veces son *menos cómodas* en el momento de utilizarlos, pero muy satisfactorias al saber el beneficio personal y ambiental que logramos.

2.2.1. La peligrosidad de los productos de limpieza

La industria trabaja con unos 50.000 productos químicos que, del 80% de ellos, desconocemos sus efectos sobre la salud y el medio. Los productos químicos empleados en el hogar no escapan a esta situación. Pero de alguno de los más utilizados si tenemos suficiente información como para recomendar que se eviten al máximo y, en caso de usarse, se haga con las dosis mínimas y cumpliendo las instrucciones de uso que, en general, suelen consistir en no mezclarlos con otros productos, evitar el contacto con nuestro cuerpo (usando mascarilla, gafas, guantes,...) y aplicarlos con buena ventilación evitando el pleno sol.

Los productos de limpieza, según la finalidad para la que están fabricados (eliminación de diferentes tipos de suciedad, microorganismos...), contienen, en general, varios componentes: *álcalis* (corrosivos) para limpiar hidratos de carbono y proteínas; *ácidos* (corrosivos) para limpiar óxidos metálicos y los minerales; *tensioactivos* para disgregar la suciedad, incluida la grasa, y ayudar a su disolución en el agua; *desengrasantes* para disolver grasas y aceites (incluidos los lubricantes) y *secuestrantes* para evitar que los minerales disueltos se incrusten en los materiales con los que establecen contacto.

Dos son los productos peligrosos más habituales en la *química doméstica* los derivados del cloro y los disolventes orgánicos. Ambos deberían ser progresivamente suprimidos de nuestras casas.

- **Derivados del cloro**, el más común es el hipoclorito sódico (lejía líquida) y el hipoclorito cálcico (polvos para blanquear). Es tóxico por ingestión y puede quemar la piel (neutralizar con zumo de limón y lavar) siendo sus vapores peligrosos para ojos, mucosas y sistema respiratorio. Aún puede ser más peligroso si lo usamos mezclado (con amoníaco, desinfectantes de WC,...). El producto comercial más corriente con cloro es la lejía.
- **Disolventes orgánicos**, menos conocida, quizás su peligrosidad, se han constituido en los productos peligrosos más habituales en la química casera. Las investigaciones sólo alumbran nuevos riesgos de contraer graves dolencias: cáncer de páncreas por la mutación del gen K-ras (producido por benceno, compuestos aromáticos y cloratos); Parkinson, cáncer de varios tipos, hipotiroidismo (hexaclorobenceno); alteración del sistema reproductor (éter glicólico)...También actúan como disruptores endocrinos (tetracloroetileno, dibutilftalato, estireno) que alteran el sistema hormonal.

Actualmente hasta la propia industria química es consciente de la peligrosidad de los disolventes orgánicos, estando avanzadas las investigaciones para lograr disolventes eficaces no peligrosos. El más logrado está compuesto por anhídrido carbónico (CO₂) extraído del éter del ácido láctico (almidón de maíz o patata), usado en la industria alimentaria (extracción de cafeína del café). Otro disolvente del futuro podrían ser los líquidos iónicos. En el *ANEXO* (3. PRODUCTOS DE LIMPIEZA NO PELIGROSOS), se encuentra una relación amplia y detallada de productos alternativos no peligrosos para la limpieza.

2.3. Los insecticidas

Ningún sistema es más efectivo que aquel o aquellos que impidan la entrada de los insectos y demás bichos en los diferentes edificios, ya sean viviendas, instalaciones hoteleras, oficinas.... Una vez dentro, es muy difícil eliminar a estos pequeños organismos y cualquier insecticida comercial que los mate nos indica que contiene algún tipo de veneno para los seres vivos.

En el *ANEXO* (3. Sistemas y prácticas alternativas a los insecticidas) existe una relación de métodos tradicionales de prevención ante los insectos más comunes,

2.4. Las pinturas y barnices

Estos productos constituyen la mayor parte, en peso, de la fracción de residuos peligrosos domésticos. En su composición se encuentran desde los peligrosos disolventes orgánicos a partir de compuestos orgánicos volátiles (COV), hasta los metales pesados, bien conocidos por todos por su peligrosidad: plomo, mercurio, arsénico, cadmio, cromo VI. Estos compuestos peligrosos, se liberan, no sólo durante la aplicación, sino muy lentamente después del secado. Sin embargo, en nuestro caso, su peligrosidad se manifiesta cuando se abandona el envase con restos de pintura o barniz y se convierte en residuo sólidos urbano.

Como ya se ha señalado anteriormente, en los análisis de composición no se han encontrado residuos de este tipo, pero una vez más se señala aquí, la conveniencia de su prevención. En diferentes estudios realizados en países de la UE y en los EE.UU. (USA), el contenido promedio que se encuentra en los botes de estos productos abandonados, residuos, supera el 25% en peso del contenido original.

En el *ANEXO* (3. PINTURAS Y BARNICES. PRÁCTICAS Y PRODUCTOS RECOMENDADOS), se indica cómo adquirir y utilizar estos productos a base de componentes no peligrosos.

2.5. Las pilas eléctricas

Se han convertido en casi imprescindibles para muchos usos pero, dada su extremo riesgo por su potencial de contaminación en la mayoría de los casos, conviene conocer que a menudo contienen metales pesados muy peligrosos, como el mercurio y el cadmio, y su fabricación y uso (recargables) implica un altísimo consumo de energía.

Para decidir cuál es la pila más aconsejable desde el punto de vista ambiental, conviene saber que:

- Una pila consume en su fabricación, por término medio, cincuenta veces más energía que la que luego suministrará.
- La energía que da la pila cuesta entre 1.000 y 3.000 veces más que la de la red, por lo que, siempre que sea posible, se debe tener el correspondiente cargador o adaptador para usar la corriente de la red.
- Las pilas recargables de níquel – cadmio sólo compensan energéticamente y ambientalmente si se usan más de 500 veces (admiten hasta 1.000 recargas) y, una vez agotadas, se reciclan o se depositan en un vertedero de seguridad. En caso contrario no deben usarse.
- Las pilas botón de óxido de mercurio pueden ser sustituidas normalmente por las mucho menos peligrosas de zinc - plata - zinc.
- Es posible agotar las pilas mediante su uso en otros aparatos de menor consumo, como la radio.
- En general, las pilas alcalinas ofrecen el mejor ecobalance (excepto las recargables que cumplan lo señalado). Aunque no son recargables, se puede recuperar varias veces parte de su carga mediante un cargador.
- En la UE es ya obligatorio la fabricación y venta exclusivamente de pilas exentas de metales pesados, son las denominadas *green piles*. No obstante, cada año entran miles de pilas que no cumplen estos requisitos incorporadas a diferentes aparatos eléctricos de pequeño tamaño.

3. SUB-PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE LOS RESIDUOS DE ENVASES

En los análisis de composición de los residuos de Santo Antão, las fracciones mayoritarias en peso, si excluimos la MOF, corresponden a residuos de envases (CENSO DE RESIDUOS. Apartado.4.2.2.). En total, estos residuos representan en torno al tercio (algo más de 1.000 t anuales) del total de residuos sólidos urbanos que se recogen en la isla (3.241 t/año).

A pesar de que los materiales (cartón, vidrio, plásticos y metales) que forman parte de estos residuos tienen una larga y eficiente tradición de recuperación para su reciclaje, las condiciones de insularidad y la inexistencia de industria alguna recicladora de estos materiales, no sólo en Santo Antão sino en todo el archipiélago, obligan a aplicar medidas de prevención y reducción de estos residuos.

Estas medidas deben ser objeto de un Programa que aborde los objetivos de prevención y reducción de envases considerando dos escenarios distintos: la situación actual y el futuro, a medio y largo plazo, de la evolución del consumo de productos envasados.

3.1. Medidas para la reducción de los envases utilizados actualmente

Estas medidas deben ser difundidas y consensuadas con los establecimientos comerciales de venta, bares, restaurantes e instalaciones turísticas. Una vez acordado el Programa de reducción con estos actores, se deberá difundir a toda la población, comenzando por ser aplicado en sus compras, por las instituciones públicas.

3.1.1. Compras a granel

Afortunadamente en la isla aún se mantiene la compra a granel en los mercados, algo que puede parecer un atraso digno del pasado, se convierte en un adelanto ambiental respecto a los países altamente consumidores y que, tras denodados esfuerzos (campañas y penalizaciones por el uso de bolsas de plástico, promoción de este tipo de ventas mediante sofisticados expendedores de graneles,...), pretenden a toda costa recuperar esta práctica casi desaparecida.

Es por tanto muy importante valorar esta situación y anticiparse a la introducción de bolsas desechables, normalmente de plástico, de muy difícil reciclaje y muy molestas en lo que se refiere a su tratamiento

residuos aprovechables. En la vecina SENEGAL, este problema ya se da desde hace años y ha sido objeto de programas para su reducción y su reciclaje. Por estas razones, es necesario que se vaya apoyando la práctica actual de la utilización de bolsas tradicionales de la compra o como novedad la potenciación de bolsas de tela lavables de larga duración.

La compra a granel evita tal cantidad de residuos envases que su fomento es actualmente muchos países, objeto de numerosas medidas de apoyo tanto en el ámbito educativo (formación de consumidores) como técnico. En los países del centro y norte de la UE, donde las medidas para la prevención de envases son de ámbito económico, fiscal y ambiental, cada vez es más frecuente la venta de productos a granel. Para ello se han desarrollado diferentes sistemas de expedición de productos, entre los cuales existen sencillos pero eficientes dosificadores que permiten al cliente adquirir el producto sin envase desechable, bien directamente en su bolsa de la compra (cereales, frutas, pan,...) o en envases normalizados retornables y reutilizables (champú, detergentes líquidos, leche,...).

Para evitar la degradación y pérdida progresiva de este sistema de venta a granel, debe vigilarse en los mercados y otros lugares de venta, la calidad de los productos y el peso en la venta de los mismos. La calidad es observada directamente por el consumidor que comprueba el estado del producto. Para controlar el peso es conveniente que se disponga de una balanza de uso público para que el consumidor no tenga dudas y pueda comprobar la corrección del peso cobrado.

3.1.2. Envases de vidrio

Los envases de vidrio constituyen en torno al 11% en peso de los residuos sólidos urbanos recogidos. Esto equivale a 371 t anuales. La absoluta mayoría de ellos provienen del consumo de cerveza.

Reducir esta cantidad exige dos medidas fundamentales: la venta a granel y la utilización de envases retornables para relleno.

La venta a granel exige que los establecimientos de hostelería (bares, restaurantes, hoteles,...) incorpore el sistema de expedición de cerveza a presión y servida en vasos de vidrio lavables y de múltiples usos. Esta cerveza se adquieren barriles de aluminio retornables y rellenables que no genera residuos de ningún tipo y tiene además una gran aceptación por el público bebedor de este producto en los países originarios del mismo.

La venta en envases de vidrio retornables para relleno, debe de ser fomentada y acordada con los establecimientos de hostelería de forma que se establezca algún tipo de beneficio (campañas de prestigio, reducción de tasas de basuras,...) por el uso de estos envases. En la distribución de cerveza envasada en envases retornables para relleno, se utilizan las cajas en las que se sirve el envase lleno para retirar los envases vacíos. Esta práctica ya se lleva a cabo en diferentes establecimientos de Cabo Verde.

3.1.3. Otros envases

Los envases de cartón constituyen el 17% en peso, del total de los residuos sólidos urbanos de la isla. La totalidad de ellos corresponde a productos importados de fuera de la isla y es muy difícil la introducción de prácticas que reduzcan su uso. No obstante estos materiales celulósicos pueden tener un aprovechamiento mediante su reciclaje fuera de la isla.

Respecto a los envases de plástico que representan en torno al 5% en peso de los residuos sólidos urbanos (154,6 t anuales), debe procurarse que se reduzcan al máximo dada la enorme dificultad de su aprovechamiento mediante reciclaje. Estas consideraciones deben aplicarse también a los envases compuestos de diferentes materiales (brik y similares), afortunadamente muy escasos aún en los residuos sólidos de Santo Antão. Por razones parecidas, debe evitarse la utilización de envases de difícil o nulo aprovechamiento, como sucede a los envases metálicos, aunque su reciclaje lejos de la isla pudiera ser posible, no siéndolo su traslado.

3.2. Medidas para la prevención futura de los residuos de envases

Cualquier programa de desarrollo económico de Santo Antão y, sobre todo si éste se basa en la potenciación de la industria turística, debe tener en cuenta siempre que toda actividad económica genera nuevos y, a veces, peligrosos residuos. Esta consideración tiene especial importancia, precisamente cuando se trata del desarrollo de la industria turística. A los inconvenientes de todo tipo que genera el aumento de la cantidad y naturaleza de los residuos, se añaden en este caso, los derivados específicamente de la sensibilidad del turismo, sobre todo del proveniente de países con elevada sensibilidad hacia la protección del medio y que, generalmente, resultan ser los turistas más solicitados por ser los que mayor gasto suelen realizar.

Una oferta turística que incluya no sólo un paisaje exento de residuos dispersos sino una cuidada atención al medio dentro de las propias instalaciones hoteleras, se está convirtiendo cada vez más, en uno de los mejores reclamos para los, cada vez más, ciudadanos de los países altamente industrializados.

Esta oferta debe contener un cuidadoso y detallado programa de ahorro y eficiencia en el uso del agua, energía y materiales. Por estas razones se ha ido insistiendo a lo largo del **PROGRAMA DE PREVENCIÓN** en estos aspectos.

Como complemento a lo indicado anteriormente en relación con la prevención de los residuos de envases, conviene añadir que ya existen programas de reducción de estos residuos en la industria hotelera, de forma que aquellos establecimientos que los cumplen son premiados con distintivos, relativamente parecidos a las etiquetas ecológicas, que permiten a los operadores turísticos ofrecerlos a los clientes como un incentivo más del destino turístico.

Como recomendación a este respecto, debemos señalar la importancia que tiene la materialización real del **PROGRAMA DE PREVENCIÓN** en una instalación turística, no sólo por el ahorro que sí significa, sino por el fracaso derivado de la constatación de su inexistencia por parte de los propios turistas que se muestren interesados en conocerlo. Por ello, la adopción de estos programas debe ser hecha siempre que se tenga total seguridad en su materialización.

II. PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO

Introducción

La composición de los residuos sólidos urbanos de la isla presenta tres aspectos básicos de cara a cualquier iniciativa para su aprovechamiento.

El primero de ellos es el que se refiere al aprovechamiento que ya se lleva a cabo de los residuos orgánicos fermentables provenientes del quehacer cotidiano en los hogares, básicamente constituidos por restos de comida con destino a la alimentación animal. Esta extraordinaria circunstancia que, como la venta a granel señalada en el capítulo anterior, pueda parecer una práctica antigua, significa que, anualmente, son aprovechados una gran cantidad de residuos orgánicos fermentables para un fin altamente recomendable, desde cualquier punto de vista tanto económico como ambiental. Esta práctica que cuenta con una larga tradición en los EE.UU. (USA) y otros países, nunca debería desaparecer sino, por el contrario, mejorarla mediante su mejor conocimiento y cierto control sanitario.

El segundo aspecto a tener en cuenta es el que se refiere al aprovechamiento de los residuos de esta naturaleza, orgánicos fermentables, que se generan y que hemos podido conocer en lo que se refiere a las cantidades y naturaleza. Constituyen la fracción mayoritaria en peso y volumen de los residuos sólidos urbanos que son recogidos en Santo Antão estimada en 1.208 t anuales, constituidos mayoritariamente, por celulosa sanitaria (pañales y otros residuos de la higiene personal) y restos vegetales, fundamentalmente provenientes del cultivo de la caña de azúcar. Estos residuos constituyen un material propicio para ser aprovechado, previa recogida selectiva en origen, mediante su compostaje. A este proceso se dedica en este capítulo un completo programa de aprovechamiento en el que se incluye un programa de formación de maestros composteros como especialistas en compostaje.

El tercer aspecto se refiere a los materiales que, como el cartón, el papel, el vidrio, los plásticos y los metales, todos ellos presentes en la mayoría de los casos en cantidades apreciables, son susceptibles de ser aprovechados mediante su reciclaje, y que, sin embargo, tienen difícil aprovechamiento por este método dada la inexistencia de industria alguna recicladora de estos materiales. No obstante esta enorme dificultad, se proponen aquí algunas vías de potencial aprovechamiento futuro de estos residuos.

II-1. SUB-PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ANIMAL CONTROLADA

Introducción

Aprovechar los restos de comida y otros residuos similares sin contaminación alguna de origen industrial para la alimentación animal, equivale a una transformación de residuos en proteína animal de alta calidad. Probablemente esta forma tradicional de alimentar ganado resulte mucho más beneficiosa, tanto para el propio animal como para las personas que ingieren posteriormente su carne, que la que se lleva a cabo en la mayoría de las granjas con grandes cantidades de ganado estabulado alimentado con piensos compuestos elaborados industrialmente.

Conocer mejor este proceso y protegerlo para que no desaparezca, como ha sucedido en otros países industrializados que han sabido aplicar la técnica para que este proceso de alimentación natural se mantenga debe ser un objetivo prioritario en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos de Santo Antão.

1. ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN

Para abordar y llegar a conocer este sistema de gestión de los residuos alimenticios domésticos, se debe desarrollar una estrategia que contemple tres aspectos básicos: el conocimiento de las cantidades que de estos residuos se dedican a la alimentación animal, así como el número y especie del ganado así alimentado; los sistemas de recogida de los mismos en aquellos casos en los que el criador de animales aprovecha otros residuos además de los suyos propios; como ya sucede, por ejemplo, en la vecina ciudad de Mindelo que cuenta con un eficaz sistema de recogida de restos de comida que son transportados en bicicleta hasta las granjas de cerdos. Por último, el establecimiento a medio y largo plazo de un sistema que garantice su continuidad mediante un decidido y eficiente apoyo institucional.

1.1. Cantidades de residuos y de ganado alimentado

Conocer las cantidades que de estos residuos de alimentos se destinan a la alimentación animal, es importante y necesario por dos razones: su importancia económica y valor ambiental y social.

Importancia económica

Su importancia económica se deriva del valor sustitutivo que tiene frente a un sistema de alimentación por piensos compuestos elaborados industrialmente y, por ahora, importados. Esta es la razón por la que este sistema se ha mantenido en otros países industrializados y, por supuesto, con abundantes industrias de elaboración de piensos compuestos para ganado. Para ello, en estos países se han adoptado medidas de control y mejora sanitaria (cocción de estos restos) de este proceso.

El caso más significativo, quizás, lo tenemos en los EE.UU. (USA) que según el censo del Departamento de Agricultura (junio de 1968), existían 8.794 granjas en explotación en las que se criaban con estos residuos 842.911 cerdos. El 90,7% de estos animales se inspeccionaron ese mismo mes y el 98,2% de ellos se cebaban con estos residuos ya cocidos. Calculando en 24 libras (casi 11 kg) por día y cabeza las basuras consumidas, esto hace un total de más de 10.000 t (unas 9.000 t métricas) diarias¹. Mantener este sistema debidamente, puede significar la garantía del autoabastecimiento de carne en la isla, algo fundamental de cara al sostenimiento de las formas de vida de Santo Antão.

Valor ambiental y social

La primera condición que debe exigirse a los restos de comida para ser considerados piensos para la alimentación animal, normalmente cerdos, es la cocción de los mismos. La enfermedad más común de estos animales, la triquinosis, no se adquiere por comer este tipo de pienso, sino por comer restos de cerdo infectado o roedores con dicha enfermedad. Se debe pues, proteger siempre de la roedores los restos de comida.

Entre las ventajas que puede suponer la alimentación de cerdos por este sistema, se encuentran algunas muy importantes, tanto desde el punto de vista ambiental, como económico y social. Entre ellas destaca la posibilidad de erradicar la *peste porcina* y la de proporcionar un tipo y calidad de carne superior a la que se pueda obtener cebando a los cerdos con determinados granos vegetales. Según análisis realizados en los EE.UU., el pienso a base de restos de comida cocidos, produce, en la mayoría de los casos, una carne con *grasa dura*, la de mayor calidad sólo conseguida con cebada y maíz, frente a carnes con *grasas blandas y aceitosas* obtenidas mediante alimentación con soja y cacahuete¹.

¹ *Tratamiento de los residuos urbanos*. Institute for Solid Wastes of American Public Works Association. Editado en español por el Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid, 1976. 586 páginas

Respecto a los efectos que la cocción de estos residuos puede producir sobre su valor alimenticio, a falta de análisis concretos con los restos de comida, antes y después de su cocción, de Santo Antão, la información existente¹ nos indica que el valor no varía, excepto en casos de cocción muy prolongada de restos de comida pobres en vitaminas.

Por último, se debe tener siempre presente que si la cantidad de residuos domésticos que ahora se dedican a alimentación animal, se convirtieran en residuos sólidos urbanos a los cuales habría que aplicar los sistemas de presentación recogida y tratamiento de que son objeto el resto de estos residuos, la cantidad final de residuos a tratar se elevaría considerablemente y, aunque éstos fueran aprovechados mediante su transformación en *compost*, los gastos de gestión se elevarían y con ello la tasa de basuras, mientras que el balance ambiental del proceso de compostaje siempre sería más eficiente que la transformación directa de estos residuos en proteína animal para la alimentación de la población.

Por estas razones, es necesario realizar un censo de las cantidades de comida que se destinan a la alimentación animal, el número y animales, especificando la variedad y condiciones de cría de los mismos, así como los sistemas de recogida y transporte en aquellos casos en los que los restos de comida no se aprovechen directamente en los lugares que se generan¹.

(1). *Tratamiento de los residuos urbanos*. Institute for Solid Wastes of American. Public Works Association. Editado en español por el Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid, 1976. 586 páginas.

1.2. Sistemas de recogida de residuos de alimentos

El conocimiento del sistema de recogida actual y de la forma de alimentación del ganado con estos residuos es fundamental para poder mejorar el sistema y prever las mejoras y estímulos necesarios de cara al futuro. A pesar de la escasa presencia de este tipo de residuos en los análisis de composición realizados, conviene conocer al máximo como se lleva a cabo este importante aprovechamiento de los residuos domésticos de naturaleza orgánica fermentable.

El sistema de recogida de estos residuos debe contar, cuando se vaya llevar a cabo en domicilios diferentes a los lugares de cebado del ganado, con la suficiente información y control para que sean separados en origen con el mayor cuidado posible, de forma que no contengan nunca elementos perjudiciales para alimentación del ganado.

Cuando se establezca el sistema de recogida selectiva para los residuos orgánicos fermentables que actualmente se depositan mezclados con otros residuos y que son objetos de recogida por las Cámaras municipales, se deberá indicar a la población la diferencia, importancia y destino de los dos tipos de residuos orgánicos fermentables. A este respecto, la recogida de estos residuos para alimentación animal debe tener una frecuencia garantizada de, al menos, tres veces a la semana, excepto que la aportación del conocimiento de cómo se lleva a cabo en la actualidad, permitiera modificar esta frecuencia.

1.3. Garantías para el mantenimiento y mejora de este sistema de aprovechamiento de los residuos de alimentos

El proceso de recogida debe garantizar de cara al futuro tres aspectos básicos: la recogida selectiva de los mismos tal como se realiza ahora con alguna mejora que pudiera ser necesario incorporar, la extensión de este sistema de recogida a la totalidad de los residuos de esta naturaleza que se puedan ir produciendo en las nuevas instalaciones turísticas y, por último, la garantía higiénico-sanitaria de todo el proceso.

- *Extensión y mejora del sistema*

Extender este sistema de aprovechamiento a la totalidad de estos residuos que se puedan generar en el futuro en la isla, puede ser la mejor garantía de que este sistema que tantas ventajas económicas y ambientales tiene, se mantenga.

De cara al desarrollo turístico, conviene señalar que debería elaborarse algún tipo de ordenanza o normativa municipal unificada para toda la isla, que obligue a las nuevas instalaciones a contar con sistemas de depósito de estos residuos y de su presentación periódica a los recogedores de los mismos. Contar con este sistema, al igual que con Programas de ahorro de agua y energía como ya se ha señalado anteriormente, puede y debe constituir un estímulo y un aliciente para el turista sensible a la protección ambiental.

- *Garantía higiénico sanitaria*

El control desde el punto de vista sanitario de este proceso de aprovechamiento es necesario tanto por las repercusiones en la salud de las personas, como por las ventajas que ello tiene para la propia producción animal.

En primer lugar se debe ir desarrollando un Programa de información y asistencia técnica para llevar a cabo la cocción de estos residuos de comida. Una vez realizada la cocción, se deberían denominar siempre a estos residuos como *pienso* para el ganado. En el *ANEXO* se encuentra información sobre cómo llevar a cabo la cocción mediante sistemas sencillos desarrollados por los propios granjeros en EE.UU.

En segundo lugar es necesario llevar a cabo un control analítico de los alimentos que van a servir de base para su transformación en pienso para la alimentación animal. Estos controles se deben llevar a cabo sobre los restos de alimentos antes y después de su cocción para conocer su variación alimenticia. La periodicidad debería adaptarse a los posibles cambios en la composición de los residuos. También es conveniente controlar el proceso de engorde y la calidad de la carne en función de la cantidad y calidad de los piensos.

Por último, es necesario un control de las condiciones higiénico-sanitarias habituales en todo proceso de cría y engorde de animales para el consumo humano, algo ya existente en Cabo Verde y que aquí no vamos a insistir.

II-2. SUBPROGRAMA DE COMPOSTAJE

Introducción

Según los datos obtenidos de los análisis de composición de los residuos sólidos urbanos de la isla, más del 37% en peso, corresponde a residuos de naturaleza orgánica fermentable, lo que equivale a 1.208 t anuales. No obstante, esta cantidad irá progresivamente aumentando a medida que la recogida de residuos sólidos urbanos se vaya extendiendo a la totalidad de la población. Igualmente hay que tener en cuenta las posibles necesidades futuras de incorporar al proceso de compostaje otros residuos de la misma naturaleza pero de origen distinto como son los agrícolas y ganaderos, así como los de las posibles instalaciones turísticas del futuro. Por estas razones se ha considerado más oportuno estimar que la cantidad a tratar, en un principio, en la Planta de compostaje que aquí se describe, será de 1.500 t anuales.

Estos residuos, debidamente separados en origen para evitar su contaminación con otros materiales no aptos para el compostaje, deben ser aprovechados mediante este sistema de descomposición controlada de la materia orgánica, esto es, su compostaje, para obtener de ellos abono orgánico extremadamente útil y necesario para los cultivos de la isla.

La utilidad del compost se acrecienta considerablemente, debido a su aporte de materia orgánica al suelo, con todas las ventajas que ello supone para el mismo (retención de agua, aporte de nutrientes a las raíces facilitando el intercambio catiónico, mejora de la estructura del suelo,...), debido a la extraordinaria escasez de la misma en los suelos de la isla. Escasez que roza la ausencia en gran parte de la superficie insular, con contenidos de materia orgánica del 0,008% en la capa superficial del suelo (15- 20 cm) y del 0,004% a 1 m de profundidad, según han revelado los análisis de suelo² que hemos realizado para el conocimiento del terreno en el que se situará el CENTRO DE TRATAMIENTO y que figuran en el ANEXO.

Aprovechar estos residuos significa, además de las ventajas ambientales de su transformación en abono implica, un ahorro económico de triple naturaleza: evitación de los gastos de recogida transporte y tratamiento;

² Los análisis completos de suelos de Santo Antão, realizados por el Laboratorio Proctor s.l Control de calidad y geotecnia. Córdoba España, se encuentran en el PROYECTO DE EJECUCIÓN DE CENTRO DE TRATAMIENTO. Ver Anexo

prolongación de la vida del vertedero y, por último, las ventajas del ahorro de fertilizantes y de la mejora del suelo y de los cultivos.

Por estas razones se ha elaborado este SUBPROGRAMA DE COMPOSTAJE que consta de dos partes fundamentales: el sistema de recogida selectiva en origen de estos residuos y el conocimiento y control del proceso de compostaje para que la instalación en la que se compostar a estos residuos, la Planta de compostaje, pueda rendir al máximo.

1. LA RECOGIDA SELECTIVA DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS FERMENTABLES

El primer requisito técnico para garantizar el correcto desarrollo del proceso de compostaje y la calidad del compost obtenido, es la separación en origen de los residuos de naturaleza orgánica fermentable. Este requisito está justificado por dos razones fundamentales: la evitación de la contaminación de los residuos orgánicos y la evitación de la separación en la planta de compostaje por medios mecánicos, siempre costosa y de dudosa eficacia, de los residuos no compostables de los que sí lo son.

Con la correcta separación en origen de estos residuos, se garantiza la calidad del compost y se ahorran gastos monetarios. Por esta razón se considera que este requisito técnico indispensable, debe ser considerado como una condición importante para cuyo alcance es necesario la implicación de las instituciones municipales, organismos y colectivos sociales, así como de los propios habitantes generadores de estos residuos. La implicación de los habitantes en este proceso es, en definitiva, la clave del éxito de todo el proceso de compostaje. Por esta razón, se ha considerado necesario, elaborar una **Guía del autocompostaje doméstico**, para que aquellas personas que deseen realizar su propio compost, lo puedan hacer fácilmente en sus domicilios. Con ello se benefician del aprovechamiento de la materia orgánica que ellos mismos generan en forma de abono para sus cultivos y evitar gastos de transporte y tratamiento de estos residuos en la Planta de compostaje.

Esta **Guía** está elaborada también para ser utilizada por aquellas personas que habitan en zonas rurales y no cuentan con sistema de recogida de residuos, las cuales podrán ser muy beneficiadas si aprenden y practican el auto compostaje.

1.1. La organización de la recogida selectiva

La correcta separación en origen de los residuos orgánicos fermentables para su posterior compostaje, debe contemplarse y organizarse desde una perspectiva social y técnica.

En el ámbito social se deben situar las campañas de conocimiento de la disposición de los habitantes a llevar a cabo la correcta separación, así como la información y formación de estas mismas personas que están llamadas a ser los protagonistas del proceso.

Desde el punto de vista técnico, se debe organizar de forma eficiente, tanto los aspectos que afectan a la presentación de los residuos como a su recogida y transporte hasta la Planta de compostaje.

Por tanto, es necesario elaborar un Plan para el establecimiento de la recogida selectiva de los residuos orgánicos fermentables que contemple tanto los aspectos de comunicación con los habitantes, como los relativos a los sistemas de recogida y transporte.

1.1.1. Las campañas para conseguir la correcta separación en origen de estos residuos

El objetivo de estas campañas es muy simple: que los habitantes generadores de estos residuos, comprendan el beneficio de su transformación en compost representa para sus cultivos. Como complemento a esta ventaja, deben entender el beneficio que se deriva de la disminución de los costos de recogida y tratamiento de estos residuos. Si la comprensión de estos objetivos se consigue transmitir a la población, el pequeño esfuerzo, que en el ámbito doméstico significa separarlos cuidadosamente, no representará inconveniente alguno para que se lleve a cabo. El proceso de comprensión y aceptación de la separación en origen para su posterior recogida selectiva, se debe completar mostrando a todos aquellos vecinos interesados, como se lleva a cabo el compostaje de los mismos en la Planta de tratamiento.

Las campañas deben organizarse teniendo en cuenta tres grupos sociales diferenciados: las instituciones oficiales, las organizaciones sociales de todo tipo y la población, distinguiéndose en este último grupo social, la población adulta y los niños y jóvenes estudiantes.

Como requisito previo a la organización de las campañas, se debe definir por parte del **Organismo de gestión integral de los residuos de Santo Antão** que se detallan más adelante, o en su defecto por las Cámaras municipales, el calendario de la recogida selectiva en el cual quedará definido todos los detalles concernientes a las fechas de elaboración y desarrollo de las campañas de comunicación, instalación de los medios de presentación y recogida de estos residuos e inicio de la recogida selectiva de los mismos.

- *El inicio de la recogida selectiva*

El inicio de la recogida selectiva podría llevarse a cabo a modo de experiencia piloto en una de las tres municipalidades de la isla, siendo, probablemente, el municipio de Paul que cuenta con el menor número de habitantes, el más indicado. Durante al menos seis, la recogida selectiva se

implantaría en este municipio, tiempo para poder observar el funcionamiento de la misma y poder extenderla a Porto Novo y Ribeira Grande, transcurrido este medio año experimental. En caso de decidirse por el inicio en toda la isla del nuevo sistema de recogida selectiva, la campaña de comunicación directa con los vecinos deberá ser más intensiva.

A partir de este calendario se deberá elaborar un pequeño folleto informativo (tríptico) en el que se explique el objetivo de la recogida selectiva y los beneficios que de la misma se obtendrán. Asimismo, se utilizará en todo lo posible y disponible los medios informáticos, radiofónicos y de otra índole de la comunicación social (fiestas, teatro,...) de que pueda disponerse en Santo Antão. Es importante que el **Organismo gestor** cuente con una web en la que se explique el PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE SANTO ANTÃO y, lógicamente, se disponga de un amplio espacio para explicar la importancia del proceso de separación en origen y la opinión al respecto de los internautas. **La Guía del auto compostaje** doméstico deberá estar de forma destacada en la web. Igualmente, se deberá establecer una oficina o al menos un teléfono gratuito al que se pueda llamar para obtener información de todo el proceso.

1.1.2. La labor institucional

Corresponde a esta instancia, elaborar el calendario antes citado y llenarlo de contenido práctico. En primer lugar se debe establecer una relación de todas las instituciones, organismos y colectivos sociales de toda índole que tengan contacto y ascendencia sobre la población. Se encuentran por tanto en esta relación, en primer lugar los centros de enseñanza a los cuales se les dará la máxima información que deseen sobre el proceso de recogida selectiva y compostaje, y se les ofrecerá la posibilidad de impartir charlas, cursos, y prácticas de compostaje (**Guía del auto compostaje doméstico**) en los propios centros de enseñanza.

- *El equipo dinamizador*

En segundo lugar, se debe establecer contacto con aquellos colectivos e instituciones de índole cultural, religioso, deportivo, profesional,... Es importante conocer con antelación cualquier tipo de concentración o manifestación colectiva: fiestas, concursos, certámenes,..., para aprovechar la presencia de bastante gente y poder entregar o explicar de alguna forma el programa de la recogida selectiva y compostaje de los residuos orgánicos fermentables. En todos estos actos y concentraciones públicas, se repartirán, al que lo desee el folleto informativo en el que figurará información sobre la web en caso de que ésta exista así como de

la oficina de información o teléfono gratuito. Cuando se considere que ha habido una información general del nuevo sistema de recogida que se va a implantar, es cuando un equipo especializado se dirigirá personalmente a los vecinos.

Esta es la segunda tarea fundamental que corresponde realizar al Organismo gestor, y consiste en la comunicación directa con los habitantes para explicarles de forma personal el objetivo de la campaña de separación en origen y los beneficios que ello conlleva. Para ello se deberá formar un equipo de entre cuatro y seis personas que conozcan bien la isla, así como la dinámica de la comunicación con las personas. Este equipo se encargará de documentarse sobre el PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE SANTO ANTÃO y, cuando conozcan bien la estrategia de gestión que se va a llevar a cabo, establecer un calendario de visitas a cada una de las viviendas y establecimientos comerciales de todo tipo.

- *El objetivo de la comunicación*

El objetivo de esta comunicación *puerta a puerta*, es dar a conocer el plan de recogida selectiva de los residuos orgánicos fermentables, explicando cómo tienen que separarlos y depositarlos en el correspondiente contenedor, así como las sugerencias y opiniones que al respecto tengan los vecinos. En el caso de que se utilizasen bolsas de plástico biodegradable para la presentación de los residuos fermentables, éstas se entregarían con el resto de la información. Esta campaña *puerta a puerta*, se realizará cuando la fecha de comienzo de la recogida selectiva esté próxima y definida. La campaña no deberá durar más de un mes, de forma que al finalizar la misma comience la separación y recogida selectiva. Si se dilata la campaña por más tiempo, se corre peligro de que olviden la fecha de comienzo y se puede interpretar, erróneamente, como un rechazo o una negativa al nuevo sistema de recogida selectiva. Como ya se ha señalado anteriormente, esta campaña será más intensiva si la recogida selectiva se lleva a cabo desde el principio a toda la población de la isla y, requerirá por ello, un equipo más numeroso, puesto que el plazo de un mes de duración se debe de mantener en todo caso.

Este equipo se encargará del seguimiento de la campaña y estudiará la respuesta de los vecinos den a la misma, anotando aquellos barrios o viviendas que no hagan la separación correctamente para, sin ánimo de censura alguna, conocer la razón por la que realizan la separación correcta. También deberá encargarse este equipo de conocer cuál ha sido la forma de llegar a los vecinos más eficiente (charlas en instituciones

sociales, folletos, información radiofónica, visita *puerta a puerta*, explicación de otros vecinos,...). Conocer el vehículo de comunicación más eficiente, equivale a ahorros tanto monetarios como de tiempos de trabajo y, en definitiva, el aumento de la eficiencia de todo el proceso.

1.1.3. Los sistemas de presentación recogida y transporte

Es muy importante cuidar los detalles de presentación y recogida de estos residuos. La distribución gratuita en una primera etapa y su venta posterior a un coste ligeramente subvencionado de bolsas de plástico biodegradable, debería ser contemplado como un gasto de la campaña de información a la población. La ventaja de estas bolsas es doble: la población las recibe como un regalo de su ayuntamiento, lo que representa un estímulo directo para la correcta separación y, por otra parte, su capacidad de biodegradación, permite que se comporten como un residuo orgánico fermentable y se transformen en compost. Esta propiedad de este tipo de plásticos, evita la separación de las bolsas en la planta de compostaje cuando éstas no son biodegradables, con el consiguiente ahorro de costes (personal y maquinaria) y mejora la apariencia y calidad del compost. Su precio compradas en cantidad ya no es elevado y pueden adquirirse con facilidad en muchos países. Por estas razones, es lógico y conveniente que el coste de estas bolsas sea total o parcialmente subvencionado a cargo del presupuesto general destinado a la gestión integral de los residuos ya que, su utilización conlleva ahorros superiores en el proceso global del compostaje (los derivados de la separación mecánica en la Planta de compostaje).

Si se opta por este sistema de recogida selectiva, deberán existir dos contenedores para el depósito de los residuos. Uno será exclusivamente para residuos orgánicos fermentables y el otro, para el resto de los residuos, sean reciclables (celulósicos, vidrio, metales, plásticos y textiles) o no.

La recogida de estos contenedores con residuos de materia orgánica fermentable deberá llevarse a cabo con la mayor frecuencia posible debido a su capacidad de descomposición. Por el contrario, el otro contenedor podrá ser objeto de una recogida más dilatada.

2. EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS FERMENTABLES. CONDICIONES DE PARTIDA

El proceso de fermentación controlado de los residuos orgánicos se lleva a cabo, como en la misma naturaleza, gracias a la existencia de un complejo mundo del que cada vez se va conociendo más, de microorganismos

descomponedores. Pero las condiciones bajo las que pretendemos reproducir el proceso no son estrictamente las mismas que se dan en el medio natural, ya que buscamos obtener el mismo resultado que se obtiene en el modo de producción de la biosfera. Por ello debemos intervenir activamente en el proceso. Tanto en lo que se refiere al material y condiciones de partida, como al proceso bioquímico de fermentación.

2.1. Condiciones necesarias previas para garantizar el proceso de compostaje en la planta

Dadas las condiciones bio-climáticas de la isla, se presentan dos dificultades que es necesario superar para garantizar el correcto proceso biológico que implica el compostaje: conseguir el suficiente material vegetal que permita actuar de estructura ante de los residuos a compostar y poder mantener la humedad de éstos durante el proceso de compostaje.

- *La disponibilidad de material estructurante de origen vegetal*

Los microorganismos que actúan degradando la materia orgánica en el proceso del compostaje dependen del oxígeno presente en el aire para desarrollar su actividad. Para poder tener acceso a ese oxígeno el montón, pila o meseta de restos orgánicos a compostar debe tener una estructura o matriz porosa, que permita el paso de aire a todo el interior de la masa (figura 14). Generalmente eso se consigue mezclando al inicio los restos orgánicos con maderas trituradas o restos vegetales de porte leñoso o arbustivo. Este material contribuye a su vez a regular la humedad del material durante el proceso, equilibra el balance de nutrientes para los microorganismos y aporta una mayor superficie para su desarrollo.

- *Mantenimiento de la humedad*

El mantenimiento de la humedad de las pilas de compostaje en niveles que garanticen que durante todo el proceso la actividad de los microorganismos no se detiene o ralentiza. La humedad es un factor clave en el compostaje a lo largo de todo el tiempo (semanas) que dura el proceso, por lo que en las condiciones climatológicas de la isla de Santo Antão controlar de forma adecuada los valores de humedad del material supone un reto clave.

Figura 14.- Vista de una pila de compostaje con una estructura correcta.



2.2. Los restos orgánicos para compostar

Se ha estimado que podrán destinarse a compostaje 1.500 t anuales de restos orgánicos fermentables. Se pueden clasificar o distinguir en tres grandes grupos atendiendo a su naturaleza:

- **Domésticos:** Formados fundamentalmente por restos de comida que no se destinen a la alimentación animal, y productos biodegradables (generalmente higiénicos, muy abundantes según se ha podido comprobar en los análisis de composición realizados). Suelen estar caracterizados por su heterogeneidad y una humedad importante.
- **Agrícolas:** Estos serán los mayoritarios, concentrados en cuatro meses al año. El cultivo principal de la isla es el de la caña de azúcar y la forma principal de gestión de sus restos es mediante la quema, lo que supone un desaprovechamiento de una materia orgánica con un potencial importantísimo al beneficio ambiental si se gestiona mediante tratamientos biológicos.

- **Ganaderos:** Se centraría en las actividades ganaderas establecidas que bien no realizaran un tratamiento *in situ* de los residuos en su instalación, o bien que hagan una aplicación directa del estiércol al suelo, relacionada con las actividades agrícolas.

3. LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Se presenta aquí una descripción y dimensionamiento de una Planta de compostaje para restos orgánicos de origen doméstico, ganaderos y agrícolas generados en la isla de Santo Antão. Esta Planta se ubicará en el futuro CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA, aprovechando parte de su superficie, instalaciones y equipos.

Debido a las características de la zona y de los residuos a tratar (domésticos, agrícolas y ganaderos) se plantea ante todo que el sistema de compostaje debe ser sencillo, de fácil manejo y control, y que no suponga un tiempo elevado de dedicación ni un alto grado de especialización de los operarios. Aunque un sistema sencillo supone una serie de ventajas en cuanto a simplicidad de manejo y costes de operación, también obliga a que se cuiden, con especial atención, las condiciones del proceso para garantizar la eficiencia del mismo y la ausencia de problemas. La ubicación de la parcela donde se plantea instalar la Planta de compostaje, supone también una ventaja, pues está integrada en el Centro de tratamiento por lo que queda alejada de núcleos de población y no tendrá inconvenientes para obtener los permisos necesarios para desarrollar la actividad.

3.1. Operatividad de la planta

La estacionalidad de los restos agrícolas determinará el tiempo de funcionamiento anual de la instalación de compostaje, pues hasta cierto punto actuará como agente estructurante que permita mantener la estructura porosa de las pilas de compostaje. El tipo de suelos de la isla, pobres en materia orgánica, y la climatología, influyen negativamente en relación con la disponibilidad de restos vegetales que puedan ser usados como estructurante. Cuando la Planta de compostaje se encuentre en funcionamiento, se deberá desarrollar un programa de recogida de todos los restos vegetales que se generen en las poblaciones. En caso de no disponer de restos agrícolas para el compostaje de los otros restos orgánicos, habría que buscar restos vegetales leñosos procedentes de podas, o restos de maderas y virutas que bien podrían ser de carpinterías de la zona. En este

caso se considera que la cantidad de estructurante necesaria sería la mitad del volumen de residuos a compostar. Esto es, una proporción de mezcla restos orgánicos:estructurante de 2:1 (en volumen). Esta mezcla se deberá realizar con la pala mecánica en el momento en que se reciban los residuos en la instalación, llevándose a continuación a la pila o montón correspondiente. De esta forma se previenen episodios de lixiviación o malos olores por un incorrecto desarrollo del proceso.

3.2. El sistema de compostaje

Los sistemas de compostaje desarrollados desde el siglo XI hasta mediados del siglo XX, y de los que se tiene conocimiento, fueron en su práctica totalidad simples en su manejo, enfocados a producir un abono o enmienda orgánica a partir de restos orgánicos para su utilización en agricultura, cerrando así el ciclo de la materia orgánica.

Dadas las características de la isla de Santo Antão en cuanto a climatología, suelos y dependencia energética, se debería tender a desarrollar también un sistema de compostaje simple, pero sin renunciar a la eficiencia que la experiencia y los conocimientos biológicos y químicos actuales nos confieren, permitiéndonos entender mejor la complejidad del proceso degradativo y conocer las claves para evitar las posibles afecciones ambientales. Los parámetros de proceso a los que deberemos prestar una especial atención en este caso son la humedad, el tamaño de partícula y la porosidad de la mezcla de materiales a compostar.

Se empleará un sistema semiabierto y dinámico, con pilas volteadas para la primera fase de descomposición, aquella en la que se da la degradación más intensa. Una vez realizada de forma adecuada se obtendrá un material parcialmente estabilizado, que todavía precisaría de varias semanas más para completar el proceso de compostaje. Esta segunda fase, conocida como “de maduración”, ya no requiere de tantos cuidados si se ha realizado correctamente la primera fase, y básicamente consisten en mantener la humedad del material y voltearlo cada varias semanas. Por tanto consideramos que esta segunda fase podría realizarse en fuera de las instalaciones del vertedero, por los propios consumidores de este “compost fresco” que completarían el proceso en sus huertas, parcelas o terrenos. De esta manera tendríamos dos ventajas:

- Las necesidades de espacio

En el vertedero se verían reducidas, pudiendo tratar adecuadamente más restos orgánicos, y consumiendo proporcionalmente menos recursos, sobre todo agua.

- Los destinatarios de esta materia orgánica estabilizada

Este producto, que todavía no es un *compost*, podría alcanzar una madurez final según sean sus necesidades reales, dependiendo del uso final para el que se tenga destinado: bien para recuperación de suelos degradados, lucha contra la erosión y la desertificación; bien como enmienda o abono para usos hortofrutícolas; o incluso para jardinería y paisajismo en los jardines de instalaciones turísticas.

3.2.1. El control del proceso de compostaje

Las *pilas de compostaje* de la primera fase estarán cubiertas por una lona semipermeable, de tipo “anti-césped”, que permite la transpiración de la pila, reduce las pérdidas de humedad del material al protegerla de la luz solar directa, minimiza la emisión de posibles malos olores y la presencia de insectos (figura 15). Es importante que el color de esta lona no sea negro para evitar un exceso de temperatura en las pilas cubiertas debido a la absorción de la radiación solar por la lona. Para impedir que el viento arrastre la lona se debe lastrar en su base con tubos llenos de arena u otro tipo de pesos.

Siendo la cantidad de restos a compostar tan pequeña no se contempla la adquisición de maquinaria específica para la instalación, empleándose la pala cargadora del vertedero para los movimientos de material, mezclado y volteo. Obviamente la eficiencia de las operaciones de mezclado y volteo no será tan alta como con otros equipos más apropiados, pero no supondrá una merma en la capacidad de tratamiento de la instalación. Los volteos periódicos serán el elemento fundamental que permitirá actuar más directamente sobre los parámetros más importantes del proceso. Mejorarán el tamaño de partícula, optimizarán la porosidad y homogeneidad del material y permitirán controlar su humedad al asociarlos con una frecuencia adecuada de riegos. De esta manera se garantizará un proceso biológico degradativo intenso, permitiendo una importante disminución de volumen y una optimización del espacio de tratamiento. Las pilas sólo se descubrirán para los volteos, permaneciendo cubiertas el resto del tiempo desde su formación.

Figura 15.- Ejemplo de pila de compostaje cubierta con lonas anticésped (imagen izquierda) y aspecto del material que la compone (imagen derecha). Se aprecia la colonización superficial por colonias de microorganismos.



Se formaría una pila por semana, con unas dimensiones aproximadas de 3,4 metros de anchura, no más de 1,5 metros de altura y una longitud de 35 metros. Dado que la entrada de residuos se concentra en cuatro meses al año, el tiempo de proceso para la primera fase de compostaje en pilas se establece en cinco semanas. Este tiempo es suficiente para asegurar que, si las condiciones de proceso son las correctas, se alcance una estabilización parcial de la materia orgánica, eliminando los microorganismos patógenos y los problemas potenciales de contaminación por nutrientes que tendrían esos restos orgánicos de no ser gestionados adecuadamente.

Al proponerse un sistema simple de compostaje se debe prestar especial atención y cuidado en todas las operaciones de manejo de los restos orgánicos y las pilas, siguiendo los protocolos que se establezcan. Dada la importancia que el control del proceso de fermentación tiene en la obtención de los mejores resultados, se ofrece aquí un modelo de protocolo para la realización del compostaje.

Las operaciones clave y básicas serán dos:

- Constitución de las pilas:

Realizada adecuadamente previene problemas de malos olores y lixiviación, a la vez que permite un rápido inicio del proceso biológico degradativo. Se debe atender a que la homogeneidad, porosidad o estructura de la mezcla y humedad inicial de la pila sean óptimas. Inmediatamente después de ser formadas las pilas se cubrirán con las lonas.

Figura 16.- Constitución de una pila de compostaje con pala.



- Volteo y riego de las pilas

Operación clave para mantener la humedad de toda la pila, y así impedir que la actividad de los microorganismos se vea limitada o incluso inhibida. Además permite que la pila recupere porosidad (facilitando su autoventilación), la homogeniza y facilita que material que estaba en la zona superficial de la pila pase al interior, donde hay mayor tasa de actividad biológica degradativa (figura 17). Se debe realizar en la tercera semana desde el momento de constitución de la pila, procurando que sea lo más homogéneo posible para que no haya zonas más húmedas o secas que las demás. Los riegos deben ser abundantes en la

medida de lo posible, pues se debe mantener la humedad del material en valores no inferiores al 45%. A modo de ejemplo, para incrementar la humedad de una de estas pilas del 35 al 45% se necesitarían más de 12 m³ de agua, un claro indicador de la importancia de mantener la cubrición de las pilas con las lonas para reducir las pérdidas de humedad por evaporación. Es importante destacar que no hay que usar agua potable (aunque sí dulce) en el riego. Es más, al tratarse del riego de las pilas durante la fase de mayor actividad biológica del proceso de compostaje, se pueden usar aguas pluviales, aguas sucias, o incluso purines de animales en el riego. Siempre que sólo tengan contaminación por patógenos y/o exceso de nutrientes. En el caso de los lixiviados originados en el vertedero es necesario tener primero una analítica de la composición de los mismos, especialmente en cuanto a contenido en metales pesados, pues podríamos estar contaminando el futuro compost con ellos, inviabilizando su uso como fertilizante.

Figura 17.- Volteo y riego de una pila de compostaje.



3.3. Descripción de la instalación

La parcela tiene una superficie de 780 m² y está ubicada en el CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO. De esta forma comparte instalaciones y maquinaria del CENTRO para su correcto funcionamiento.

3.3.1. Dimensionamiento de la planta

Tabla 26.- Datos de dimensionamiento de la planta de compostaje

Residuos orgánicos a tratar	1.500 t/año
Cantidad de estructurante necesaria (si no hay restos agrícolas)	375 t/año
Consumo de agua	100 m ³ /año
Tiempo de proceso	5 semanas
Superficie total de la planta	780 m ²
Cantidad de materia orgánica estabilizada producido (si no hay cribado ni maduración en planta)	580 t/año

3.3.2. Zonas operativas

La planta se ha proyectado, dada la escasez de espacio disponible para todas las instalaciones del CENTRO DE TRATAMIENTO, de forma que en un espacio reducido, 780 m², dado el sistema de operación aquí descrito, pueda llevarse a cabo el proceso de compostaje.

Para ello se han establecido tres zonas diferenciadas: para la recepción de acopio de materiales, para el proceso de compostaje y un tercer espacio para la acumulación y posible almacenamiento del compost. Los edificios y otras instalaciones (báscula, balsa de lixiviados,...) del CENTRO, se utilizarán conjuntamente para las necesidades que exijan tanto la gestión del Vertedero controlado como para la planta de compostaje.

- Zona de recepción y acopio de materiales

Es necesario considerar una zona de recepción y acopio de los distintos materiales que se van recepcionando en la instalación para su tratamiento. Lo más adecuado para los materiales no leñosos sería que fueran dispuestos en un troje, facilitando así su manejo por la pala.

- Área de compostaje

Debe ser una explanada compactada, a ser posible hormigonada, teniendo en cuenta que por ella circulará maquinaria pesada. Se le debe dar una pendiente del 5% para facilitar la recogida de pluviales y posibles lixiviados de las pilas, impidiendo que estas se puedan anegar por acumulación de agua en caso de un episodio de lluvias torrenciales.

Debe de haber algún enganche rápido y accesibles de agua en los laterales, para agilizar las operaciones de riego de las pilas.

Una vez la planta esté funcionando a régimen habrá 8 pilas de 50 metros de longitud, 1,5 metros de altura y 3 metros de anchura (figura 18).

La meseta de maduración no tendrá más de 3 metros de altura, tendrá forma cuadrangular y unos 10 x 10 metros de lado.

Figura 18.- Ejemplo de una planta sencilla de pilas de compostaje de dimensiones similares a las calculadas. A la izquierda de la imagen se puede apreciar la meseta de maduración.



- Edificios y zona de almacenamiento del compost

Habiendo ya edificios propios en el vertedero para el personal, herramientas, maquinaria,... se contempla el uso compartido para los operarios, aperos y elementos que hubiera específicos de la planta de compostaje.

Se considera una posible zona de acumulación o acopio del compost maduro antes de su salida de la instalación. Dependiendo de la eficiencia del proceso y la tipología y proporción de los restos vegetales más leñosos

se podría plantear la necesidad de un sistema de cribado final para recuperar restos de un tamaño de partícula demasiado grande para poder ser considerados parte del compost. En caso de que fuera necesario se propondría un sistema de cribado sencillo, mediante una superficie perforada a una luz de malla adecuada e inclinada, a la que se le vertería el compost a cribar desde la parte más elevada.

Se considera conveniente disponer de al menos una sonda de temperatura portátil para poder hacer mediciones periódicas de la evolución de las pilas y tomar las decisiones convenientes de su manejo.

3.3.3. Instalaciones auxiliares y maquinaria

Como ya se señaló anteriormente, se utilizarán conjuntamente una serie de instalaciones y maquinaria, tanto para la operatividad de la planta como para la del Vertedero controlado. Las más importantes son:

- *Báscula*

Para poder conocer la cantidad de restos que son llevadas a planta por cada vehículo (principalmente camiones) se utilizará la báscula de pesaje industrial que hay a la entrada del vertedero.

Esta báscula también será empleada en el pesaje del compost que se obtenga.

- *Captación de pluviales y balsa de lixiviados*

A pesar de que el proceso de compostaje tiene un elevado y característico déficit hídrico y que los restos vegetales compostados en condiciones adecuadas no generan lixiviados, es importante disponer de una balsa o depósito donde se almacenen las aguas pluviales que se recojan de la zona de compostaje. Por eso se especifica que la pendiente de la solera donde se dispongan las pilas debe ser de un 5%. Además, dadas las necesidades de riego de las pilas para mantener una humedad adecuada del material durante todo el proceso de compostaje, sería muy conveniente disponer de algún sistema de captación y almacenamiento de aguas pluviales para su uso y gestión en el riego de las pilas de compostaje, evitando su vertido incontrolado. Para ello debe haber una canalización perimetral que las conduzcan hasta la balsa de pluviales o, si llegara el caso, al depósito de lixiviados del vertedero.

Además sería muy importante que la planta dispusiera de toma de agua para las épocas en que por escasez de precipitaciones la balsa de lixiviados

estuviera vacía, o no se dispusiera de la suficiente cantidad de líquido para suplir las necesidades de riego de las pilas.

- Maquinaria

Se utilizará la maquinaria móvil del propio vertedero controlado (pala cargadora) para las operaciones de la planta de compostaje.

II-2. SUBPROGRAMA DE FORMACIÓN PARA EL COMPOSTAJE

Introducción

Como ya se ha señalado anteriormente, el proceso de compostaje lo llevan a cabo los microorganismos descomponedores de la materia orgánica (hongos, bacterias, actinomicetos e incluso micro invertebrados) y su elaboración y control a pequeña escala no requiere de maquinaria ni de una especial preparación.

El control de los parámetros elementales (temperatura, humedad, proceso de descomposición) puede llevarse a cabo a través de nuestros propios sentidos: el tacto para estimar la temperatura; la simple presión manual para determinar si hay exceso o defecto de humedad; el color, el olor y la evolución del tamaño de las partículas, para conocer la correcta evolución del proceso.

Sin embargo estas indicaciones son válidas para desarrollar, a partir de ellas, un manual para la elaboración de compost a escala individual o familiar. A mayor escala o escala industrial, como en este PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS DE SANTO ANTÃO se propone, es necesario contar, por parte de los operarios de la Planta de compostaje, con una formación teórica sobre el proceso de fermentación controlada de la materia orgánica. Por esta razón, se ha considerado necesario incluir un Programa de formación de técnicos en compostaje que permitirá la implantación y desarrollo de un Curso sobre este proceso.

Indicamos que el conocimiento que se adquiere a partir del CURSO DE FORMACIÓN DEL MAESTRO COMPOSTERO que aquí se presenta, es teórica, porque la verdadera adquisición de los conocimientos para controlar adecuadamente el proceso de fermentación y obtener el compost deseado, sólo será posible cuando se apliquen estos conocimientos teóricos a la realización del compostaje y se adquiera la experiencia práctica que es la verdadera garantía del conocimiento.

Como complemento a este Manual del maestro compostador, se incluye también una pequeña Guía del autocompostaje doméstico para ayudar a que este proceso de compostaje se realice a escala familiar o individual por los propios generadores de los residuos orgánicos fermentables. Esta práctica de auto compostaje, resulta extraordinariamente beneficiosa, tanto para los que la practican al obtener un abono orgánico de calidad

para sus cultivos, como para las Cámaras municipales que pueden prescindir de la recogida de estos restos fermentables y disminuir la frecuencia para los otros residuos de naturaleza inerte, con el consiguiente abaratamiento de los costos de recogida. Por esta razón, en los países industriales en los que la gestión de los residuos representa un coste y complejidad cada vez mayores, este sistema de auto compostaje se encuentra muy extendido y apoyado por las Administraciones tanto locales como centrales.

1. CURSO DE FORMACIÓN DEL MAESTRO COMPOSTADOR

Dado que el objetivo de este **Curso de formación** es que sirva de base teórica para la preparación de *Maestros compostadores*, expertos capaces de aprender realmente y poder llevar a cabo el control del proceso de fermentación de los residuos orgánicos, extendiendo este conocimiento por el resto de la isla y, si fuera necesario, por otras islas del archipiélago, se presenta como una Unidad Didáctica para ser utilizada de forma práctica a modo de *Manual del maestro compostador*

Su utilidad práctica se verá reforzada cuando, tras la aplicación de estos conceptos teóricos a la realización del proceso de compostaje en Santo Antao, este *Manual del maestro compostador*, se vea enriquecido con las aportaciones de las personas que realicen el compostaje de los residuos orgánicos fermentables de la isla.

El contenido de este Curso en sus aspectos más prácticos ha sido elaborado sobre la base de una práctica acreditada en España, por lo que ofrece una síntesis de brevedad y concreción junto con las claves técnicas para el control eficiente de los parámetros básicos del proceso de compostaje.

INDICE

1. Introducción general	101
1.1 Nociones sobre compostaje	101
<i>Residuos susceptibles de ser compostados</i>	<i>101</i>
<i>Reducción de residuos</i>	<i>101</i>
<i>Las claves: Conocimiento del proceso y conocimiento de los residuos</i>	<i>102</i>
1.2. Algunos aspectos microbiológicos y bioquímicos	102
1.3. Los parámetros de control del proceso de compostaje	104
<i>El pH</i>	<i>105</i>
<i>La población microbiana</i>	<i>105</i>
<i>El balance de nutrientes</i>	<i>106</i>
<i>Textura y tamaño de partícula</i>	<i>106</i>
<i>La temperatura</i>	<i>107</i>
<i>La humedad</i>	<i>110</i>
<i>Ventilación y nivel de oxígeno</i>	<i>111</i>
<i>Desprendimiento de CO₂</i>	<i>112</i>
<i>Desprendimiento y/o presencia de NH₃</i>	<i>112</i>
1.4. Mezclas de residuos y co-compostaje	113
1.5. La maquinaria al servicio del proceso	116
1.6. Descripción de tecnologías	119
<i>1.6.1. Clasificación y breve descripción de las tecnologías disponibles</i>	<i>119</i>
<i>1.6.1.1. Sistemas abiertos</i>	<i>121</i>
<i>Disposición en pilas</i>	<i>121</i>
<i>Disposición en mesetas</i>	<i>124</i>
<i>Disposición en zanjas</i>	<i>125</i>
<i>1.6.1.2. Sistemas semicerrados</i>	<i>125</i>
<i>1.6.1.3. Sistemas cerrados</i>	<i>127</i>
<i>Reactores dinámicos</i>	<i>127</i>
<i>Reactores estáticos</i>	<i>128</i>
<i>Contenedores</i>	<i>128</i>
<i>Túneles o compostúneles</i>	<i>129</i>
1.7. El producto final: el compost	131
1.8. Bibliografía	134

1.- INTRODUCCIÓN GENERAL

1.1.- Nociones sobre compostaje

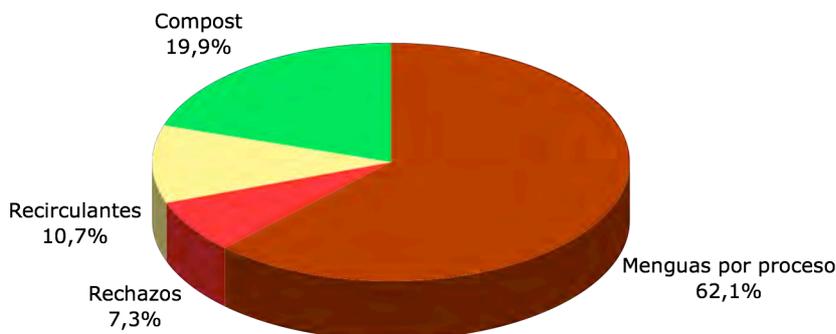
Residuos susceptibles de ser compostados

Ya se ha dicho que cualquier residuo orgánico fermentable es susceptible, en principio, de ser compostado. Ahora bien, veremos más adelante que ciertos residuos muy fácilmente degradables podrían presentar problemas a la hora de ser compostados, así por ejemplo los residuos proteínicos procedentes de cadáveres de animales, huevos desechados por las granjas de pollos, restos de mataderos, etc., aparte de que apenas producirían compost alguno, podrían provocar problemas por emisiones excesivas e incontrolables de amoníaco y otros gases. Tan solo en los casos de entradas en cantidades controladas de estos residuos en plantas que dispongan de suficiente cantidad de residuos de tipo lignínico o celulósico con los que puedan ser mezclados, se podrían aceptar sin riesgos. Con la precaución indicada, un repaso al cuadro anterior nos muestra hasta que punto existen residuos susceptibles de ser compostados con garantías.

Reducción de residuos

Es uno de los aspectos, junto con el aprovechamiento energético, sobre el que con mayor frecuencia han insistido los defensores de técnicas como la incineración, pero sobre el que no se ha hecho suficiente énfasis en el caso de los defensores del compostaje. Sin embargo, los datos que se van teniendo de las plantas de compostaje que actúan sobre residuos recogidos selectivamente en origen apuntan en la dirección de que las reducciones que se producen son espectaculares.

Figura 19.- Destino de los restos orgánicos tratados mediante compostaje.



En la figura 19 se ofrece un balance de masas elaborado en base a datos medidos en diversas plantas de España, sobre el que se aprecia con claridad la importante proporción de menzua que, en el caso de una recogida selectiva en origen bien hecha, se produce. En un tiempo de proceso adecuado y bajo unas condiciones de proceso óptimas se puede considerar que de cada 100 toneladas de restos orgánicos aproximadamente un 20% se convertirá en compost.

Las claves: Conocimiento del proceso y conocimiento de los residuos

El compostaje es un proceso bio-oxidativo llevado a cabo por una variada microfauna de bacterias, hongos y actinomicetos, que descomponen primero (fase de descomposición) y recomponen después (fase de humificación o maduración) una amplia gama de materiales orgánicos biodegradables. El producto obtenido, una especie de mantillo o tierra vegetal, consiste en una materia orgánica estabilizada (principalmente humus: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas, humatos, etc.) en la que se han integrado la mayor parte del nitrógeno y la práctica totalidad de los oligoelementos minerales (P, K, Mg, etc.) presentes en los productos iniciales. Estos macro y micro-nutrientes, ligados en formas orgánicas a la estructura del humus, pasan poco a poco a estados disponibles para las plantas a medida que este conjunto de materiales orgánicos estabilizados, parcialmente humificados y que conocemos bajo el nombre genérico de **COMPOST** sufre una descomposición secundaria ya en el suelo (mineralización). Esta propiedad de mineralizar y pasar a estados disponibles los nutrientes que posee, de un modo lento y regular, convierte a un compost maduro en un material muy adecuado como abono de liberación lenta, pero al mismo tiempo, se consiguen unas notables mejoras de la estructura del suelo aumentando su capacidad de retención de agua y su nivel de aireación y, si las condiciones (especialmente de humedad y temperatura ambiente) son las adecuadas, actúa también de enmienda orgánica, manteniendo o incluso aumentando los niveles medios de estas sustancias en el suelo.

1.2.- Algunos aspectos microbiológicos y bioquímicos

Son tradicionalmente muy poco trabajados dentro del mundo del compostaje, de modo que muchos de las informaciones que aparecen en manuales, informes y artículos, han sido en realidad extraídas de trabajos realizados para suelos naturales o bien de procesos estandarizados sobre degradación de las diferentes fracciones de la materia orgánica también en el suelo. En lo que sigue nos centraremos en la actividad de la microfauna, dejando de lado la de

macro y mesofauna, relativamente importantes en los procesos de degradación de la materia orgánica en los suelos naturales, pero irrelevantes en el caso del compostaje. Otro aspecto distintivo respecto de la degradación en suelos naturales es que en el compostaje la mayor parte de la actividad se debe a enzimas segregadas por los propios microorganismos, en tanto que en los suelos hay también una importante actividad debida a enzimas absorbidos en los coloides minerales y orgánicos del mismo.

Dentro de la gran variedad de microorganismos existentes, tan solo nos interesan, para la descomposición inicial los responsables de los procesos de degradación de la materia orgánica muerta, esto nos deja fuera a los autótrofos, aunque los hay en el compostaje y a los simbióticos, quedándonos con algunos heterótrofos y dos quimiolitótrofos (nitrosomas y nitrobacter). Para los procesos subsiguientes de ataque a los productos intermedios ya se consideran todo tipo de microorganismos, incluidos muchos autótrofos.

En condiciones adecuadas (nutrientes, humedad, oxígeno) se produce un rápido autocalentamiento del material debido a la generación de calor metabólico en el propio proceso. La temperatura alcanzada es el principal factor para determinar los tipos, diversidad y niveles de poblaciones de los microorganismos presentes en cada momento, así como de su grado de actividad metabólica. En los primeros estadios mesófilos (15 a 40°C) predominan las poblaciones de hongos mesófilos y termotolerantes (principalmente levaduras y mohos), así como las bacterias mesófilas productoras de ácidos y la actividad descomponedora es la predominante en la degradación de la materia orgánica fresca de la FORM. Los actinomicetos también aparecen, pero su desarrollo es mucho más lento, no siendo competencia para los anteriormente citados en tanto que existan disponibles altos niveles de nutrientes asimilables. A medida que la temperatura sube con rapidez, con igual ritmo van desapareciendo los organismos mesófilos, sea por muerte o por mengua de su actividad, y medran las bacterias, actinomicetos y hongos termófilos o termotolerantes. Estamos en la fase termófila (40 a 60°C).

Los hongos termófilos alcanzan su óptimo entre los 40 y los 55°C aunque pueden tener actividad hasta los 60°C o algo más, muriendo o esporulizándose a partir de aquí. Los actinomicetos termófilos soportan mejor las altas temperaturas, manteniendo cierta actividad incluso por encima de los 60°C, aunque su óptimo se encuentra entre los 50 y los 55°C. En rigor, por encima de 60°C, prácticamente toda la actividad existente se debe a las bacterias termófilas, que presentan un óptimo también comprendido entre los 50 y los 60°C. Recientemente se ha detectado presencia, en buenas cantidades y con apreciable actividad metabólica, de bacterias compostadoras a más

altas temperaturas de las recomendadas usualmente en manuales y publicaciones, así por ejemplo, la *Hydrogenobacter spp* crece entre los 60 y 80°C, con óptimo entre 70 y 75°C; *Bacillus schlegelii* entre 55 y 75°C, con óptimo entre 65 y 70°C; *Thermus spp* entre 40 y 80°C, con óptimo entre 65 y 75°C y *Heterotrophic bacilli* puede aparecer en grandes cantidades entre los 35 y los 70°C, con óptimo entre 50 y 60°C.

En la lenta fase de enfriamiento que es la maduración, la cantidad y diversidad de microorganismos que ocurren es extraordinariamente elevada, especialmente en los compost de FORM con triturado vegetal. La mayor parte son bacterias, que constituyen hasta un 70% del total de microorganismos presentes y muestran una gran variedad de tipos y especies, siendo las más abundantes las heterótrofas no formadoras de esporas, seguidas de las productoras de hexopolisacáridos, las fijadoras de N₂ heterótrofas y una larga lista entre las que se incluyen no pocas autótrofas (oxidadoras de hidrógeno o de azufre, nitrificantes, etc...). Existen también hongos, entre los que dominan los *Aspergillus fumigatus*, y actinomicetos.

El proceso metabólico que emplean los microorganismos suele ser el de excretar enzimas (catalasas, celobiasa, peptasa, ureasa, proteasa, celulasa, etc...) normalmente muy especialistas, que disuelven y digieren las sustancias del sustrato en el exterior de la propia célula para, una vez digerida, absorberlas a través de la fina membrana que las separa del medio ambiente. Las bacterias suelen poseer una sola enzima (raras veces dos y casi nunca tres), en tanto que hongos y actinomicetos suelen poseer más. Como consecuencia de lo dicho, en cada proceso bioquímico de ataque, cada microorganismo (especialmente en el caso de las bacterias) es solo una etapa en el camino de la descomposición.

1.3.- Los parámetros de control del proceso del compostaje

Dado que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, los factores (fundamentalmente ambientales) que influyan sobre la vida, desarrollo y capacidad de multiplicación de estos, serán los mismos que afecten al proceso del compostaje. El control y optimización de los valores de estos parámetros nos permitirá controlar y optimizar el proceso. Dichos factores se encuadran fundamentalmente en dos órdenes:

- Relativos a la composición del propio residuo inicial: pH, población microbiana, balance de nutrientes y textura (estructura).

- Relativos a las condiciones ambientales del material en proceso: Temperatura, humedad, ventilación y nivel de oxígeno y en segundo término: desprendimientos de CO₂ y de NH₃.

El pH

Depende de la composición química del propio material inicial y de su estado de descomposición. El valor ideal se encuentra en las inmediaciones de la neutralidad o ligeramente ácido (entre 5,5 y 7,5), aunque en la bibliografía aparecen casos de compostaje de residuos con pH mucho más extremos (se conocen casos de compostaje de alpechines con pH inicial alrededor de 3). En todo caso se comprueba que, con independencia del pH de partida, los valores finales en todo proceso de compostaje bien llevado acaban siendo siempre cercanos a la neutralidad o ligeramente básicos. Una bajada pronunciada del pH durante un proceso de compostaje nos indica formación de ácidos, propia de los procesos anaeróbicos, ante lo cual debemos proceder a una rápida reoxigenación de la masa, sea por un volteo, o por ventilación forzada.

La población microbiana

Los microorganismos que actúan en el compostaje son principalmente: bacterias, hongos y actinomicetos, los cuales establecen una sucesión de actuaciones complementarias ligada a la variación de las condiciones ambientales que va creando la evolución del propio proceso, es decir, cuando unas poblaciones comienzan a disminuir o desaparecer, otras comienzan a desarrollarse. Cada microorganismo tiene una temperatura óptima para desarrollar su actividad. Hongos y bacterias productores de ácidos, consumidores de carbohidratos y consumidores de proteínas, aparecen durante la primera etapa mesófila. Cuando se alcanza la fase termófila son reemplazados por bacterias termófilas, aparecen los actinomicetos y persisten algunos hongos termófilos, se descomponen proteínas y carbohidratos no celulósicos, siendo atacados también los lípidos y las fracciones hemicelulósicas. La lignina y la celulosa son los materiales más difíciles de degradar, actinomicetos y hongos termófilos son los responsables de la degradación de la celulosa, pero la lignina es más resistente y, según Corominas, su descomposición se da en las fases termófilas gracias a especies del género *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Arthrobacter* y *Alcaligenes*.

En principio este factor no suele ser limitante en el tratamiento de residuos orgánicos y menos todavía en residuos tan heterogéneos como la FORM, con

una presencia y variedad de microorganismos indígenas más que suficiente. Los propios residuos a tratar llevan consigo una cantidad y cualidad de organismos suficiente y apropiada como para que se inicie y mantenga el proceso por sí solo. Tan solo en casos de materiales especiales, muy estériles o muy contaminados con tóxicos, podría estar justificada una adición de inóculos bacterianos o de cualquier otro tipo.

El balance de nutrientes

Los nutrientes esenciales para la vida microbiana son el carbono y el nitrógeno. Los nutrientes menores (micronutrientes u oligoelementos) suelen encontrarse en cantidades suficientes en muchos residuos orgánicos y, desde luego, su presencia se puede dar por garantizada en una mezcla tan heterogénea de residuos como es la FORM. Volviendo a los dos esenciales, en los últimos tiempos se ha concedido una atención excesiva a la relación entre sus proporciones respectivas (relación C/N) tanto en el residuo de partida, como en el producto final. Hoy en día sabemos que residuos comprendidos dentro de una variadísima gama de valores de C/N pueden ser correctamente compostados, también es cierto que cuando la proporción de carbono es muy superior a la de nitrógeno (alta C/N) se produce una bajada en la cinética del proceso como consecuencia de la disminución de la actividad microbiológica al no disponer los microorganismos del nitrógeno suficiente para constituir sus propias estructuras corporales (fundamentalmente proteínicas) y ralentizar así la deseable rápida multiplicación de sus poblaciones. Por el contrario, una relación C/N excesivamente baja podría implicar pérdidas de N durante el proceso.

A lo largo del compostaje el valor de la relación C/N disminuye, pudiendo ser sus valores un índice orientativo para evaluar la madurez del producto. De todos modos es este un dato que conviene tomar con mucha cautela si no se desea caer en errores de interpretación y diagnóstico. De hecho, tan solo cuando se trate siempre un mismo tipo de materiales, podríamos sacar conclusiones fiables acerca de su estadio de evolución y, por consiguiente de su grado de madurez, a través del estudio del valor de este parámetro.

Textura y tamaño de partícula

La importancia de este parámetro reside en su incidencia sobre la superficie de contacto entre sustrato – microorganismos y consecuentemente en la cinética del proceso. Desde este punto de vista, cuanto más pequeña sea la partícula (=> mayor superficie de contacto) más eficiente sería el proceso, sin

embargo esto no es totalmente cierto pues también humedad y aireación dependen de este mismo factor, estableciéndose así una competencia entre agua y aire por el espacio poroso. El agua es dominante en los poros de pequeño tamaño (microporo) en tanto que el aire domina en los de mayor tamaño (macroporo), de este modo, si el tamaño de partícula es muy pequeño, se provoca la aparición de una mayor proporción de microporos (mayor tendencia a ser ocupados por agua), que tiene como consecuencia una sensible bajada de la capacidad de auto-oxigenación del material en descomposición y una más que probable caída en procesos anaeróbicos por desplazamiento de los aeróbicos que portan el compostaje. Se ha de buscar en cada caso concreto la proporción ideal de los diferentes tamaños de los materiales a compostar.

Además del factor tamaño de partícula o granulométrico expuesto, el tipo de material del que están constituidas las propias partículas también tiene su importancia. Si su constitución química les confiere una estructura mínimamente rígida y autoconsistente, mantendrán su estructura por un tiempo más o menos dilatado, manteniéndose así una porosidad elevada a lo largo del proceso y conservándose un buen nivel de estructura global del material en descomposición, pero tal cosa no ocurrirá si las partículas pierden rigidez y consistencia con rapidez a medida que avanza el proceso, con lo que la estructura global se destruirá rápidamente y el proceso virará hacia los indeseables mecanismos de descomposición anaeróbicos.

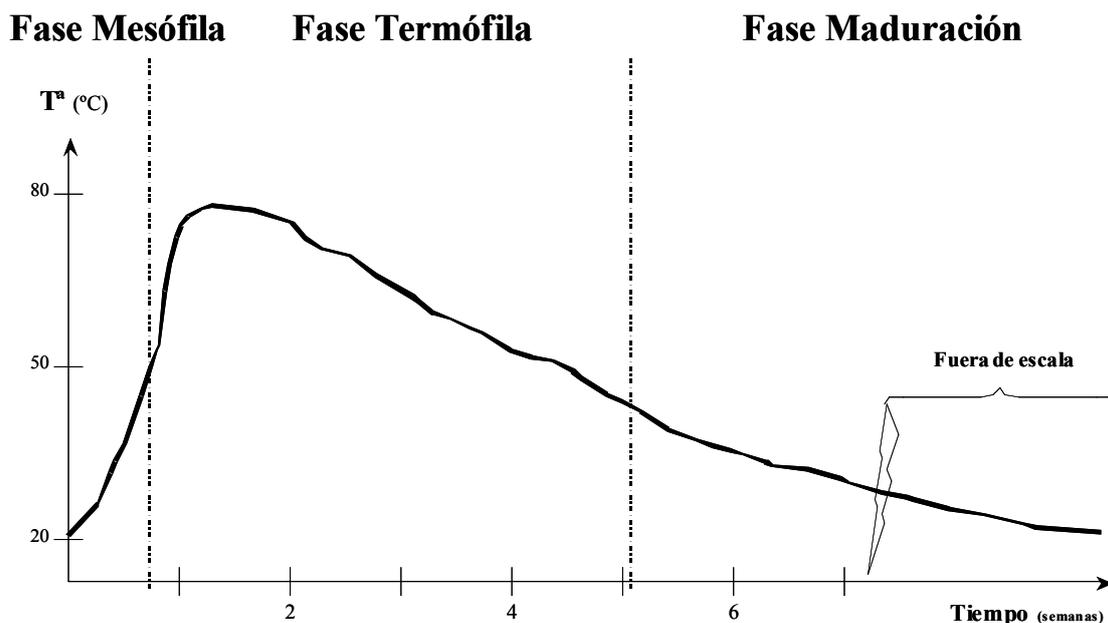
La temperatura

Es un factor clave, sencillo de medir y que, por sí solo, nos puede dar información valiosa sobre la marcha del proceso, pero puede también inducir a errores si no se toman en cuenta ciertas características especiales de este parámetro.

Como ya se ha comentado, todo proceso de descomposición aeróbica es exotérmico, al liberarse parte de la energía química contenida en los enlaces de las macromoléculas orgánicas en forma de energía térmica cuando estos son rotos por la acción de los microorganismos. Esto se traduce normalmente en un aumento de la temperatura de la masa en descomposición, siempre que esta tenga el suficiente tamaño como para que la producción de energía supere a la liberación de esta al entorno por mecanismos fundamentalmente de convección y en mucho menor medida de conducción. El error al que nos referíamos en el anterior párrafo está relacionado con la capacidad de almacenamiento de calor por largo tiempo de esta masa, lo cual puede hacer que la temperatura permanezca elevada mucho tiempo después aun de que

los procesos de descomposición hayan disminuido sensiblemente o incluso prácticamente desaparecido.

Figura 20.- Evolución idealizada de la temperatura en el proceso de compostaje. Se indican las distintas fases en que se divide al proceso en función de la temperatura. (Fuente: Plana, R. 2008. *El compostaje de residuos orgánicos: Investigación del proceso a escala industrial y desarrollo de equipos experimentales para la determinación del sistema de tratamiento y protocolo de trabajo precisos para un desarrollo específico del proceso biológico*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, España, Dpto. de Ecología y Biología Animal. 373 pp)



La temperatura óptima del material depende del sustrato mayoritario del residuo, pero en cualquier caso es comúnmente aceptado que los niveles de actividad microbológica disminuyen a partir de cierto nivel (pongamos como referencia los 60 – 65°C) y prácticamente desaparecen a partir de los 70-75°C. Diversos autores dan diferentes rangos de temperaturas óptimas en función de los tipos de materiales, pero las fronteras se van haciendo cada vez más difusas a medida que aumenta el grado de heterogeneidad del producto a tratar. Los desprendimientos de CO₂ que se detectan (otro factor de medida de actividad) a partir de estas temperaturas corresponden casi por completo a procesos ya puramente químicos.

La temperatura define tres fases o etapas secuenciales del compostaje (figura 20):

Fase mesófila: Se denomina así al espacio de tiempo comprendido entre la constitución de la mezcla de residuos inicial en una pila, montón o cúmulo, cuya temperatura será muy próxima a la ambiental, hasta que el material llega a los 40 – 50°C. La duración de esta etapa está condicionada por el

tipo de residuo o residuos, la proporción de mezcla, el sistema de compostaje, el que se realice en un espacio abierto o cerrado y la estación del año. Su actividad degradativa está concentrada sobre la fracción más lábil y fácilmente disponible de la materia orgánica del residuo, lo que permitirá su rápido desarrollo y multiplicación, por lo que su tasa de actividad biológica será muy alta incrementando notablemente la demanda de oxígeno.

Según la temperatura comienza a superar los 40°C parte de los microorganismos mesófilos van muriendo o pasando a formas de resistencia, mientras por el contrario la diversidad de especies termófilas o termotolerantes de bacterias, hongos y actinomicetes emergen (Hassen *et al*, 2001).

Fase termófila: No hay un valor concreto que marque el comienzo de esta fase. Se considera que una vez superados los 50°C de temperatura del material se ha entrado en la fase termófila del proceso, pero considerar esta afirmación como una verdad absoluta aplicable a todos los casos puede llevar a graves errores de aplicación del método. Como ya se ha comentado, la capacidad aislante de la matriz de compostaje es tan elevada que, aunque la actividad microbiana haya sido inhibida o detenida al final de la fase mesófila, la temperatura seguirá subiendo hasta valores termófilos dando pie a errores de interpretación del proceso.

Para que la actividad biológica degradativa siga manteniéndose en esta fase es preciso que se haya dado una sucesión ecológica de las poblaciones mesófilas a las termófilas, donde se encuentran bacterias, hongos y actinomicetes. Dentro de todos ellos la población más abundante es la de bacterias del género *Bacillus* spp. (Tang *et al*, 2004). Se consideró erróneamente durante mucho tiempo que a mayores temperaturas se daba una mejor descomposición (Haug, 1980), cuando realmente el rango de temperatura más adecuado para la mayor variedad de microorganismos termófilos, basado en la máxima tasa de degradación, se sitúa entre los 52 y los 60°C (MacGregor *et al*, 1981; McKinley *et al*, 1985). Temperaturas superiores a 60°C afectan seriamente a la tasa de degradación de la materia orgánica a causa del descenso de la actividad microbiana (Hachiha *et al* 1992; Miller, 1992; Marrug *et al*, 1993). Por encima de estas temperaturas se ha detectado presencia, en buenas cantidades y con apreciable actividad metabólica, de ciertas bacterias compostadoras (Beffa *et al*, 1996; Pérez, 2000). Si la temperatura supera los 82°C la comunidad microbiana es severamente limitada (Nell & Wiechers, 1978; Finstein *et al*, 1986; Beffa *et al*, 1996; Fermor *et al*, 1989) y el número de especies activas extremadamente reducido (Strom, 1985). Por lo tanto es importante tener en consideración que cuanto más aumenta la temperatura de la masa más se

reduce la variabilidad de especies que pueden desarrollarse y actuar sobre la materia orgánica del residuo.

De las temperaturas que se alcancen en esta fase y del tiempo que dure esta también dependerá la tasa de eliminación o de higienización de microorganismos patógenos que estaban presentes originalmente en el residuo (Hassen *et al*, 2001).

Como se puede suponer la actividad biológica de esta fase es muy elevada, pues la microbiota es muy variada, pudiendo disponer tanto de la fracción orgánica lábil como de la más resistente para su degradación. Esto supone que la demanda de oxígeno también será muy elevada a lo largo de esta fase, por lo que será un factor limitante del proceso. Igualmente el calor generado favorecerá la pérdida de agua por evaporación, pudiendo la disminución de la humedad llegar a afectar negativamente a la actividad microbiana.

El final de la fase termofílica lo marca el descenso de la temperatura retornando a valores de la fase mesófila inicial, por debajo de los 45°C. La materia orgánica más lábil ya ha sido degradada en su mayor parte y la que queda no se encuentra tan disponible, ni es suficiente para mantener la cantidad y variedad de poblaciones microbianas que se encuentran en el material, por lo que la tasa de actividad metabólica irá disminuyendo paulatinamente y por lo tanto la temperatura, produciéndose una nueva sucesión ecológica.

Fase de maduración: Es una lenta fase de enfriamiento donde, la cantidad y diversidad de los microorganismos responsables es extraordinariamente elevada. En esta fase la materia orgánica pasa a formas más estables, aunque como su duración se mide generalmente en semanas, no se puede hablar de fenómenos de humificación o de mineralización, que, como mucho, serán incipientes. Por tanto la duración de esta fase no está definida ya por parámetros medibles de forma directa y atiende más a necesidades de espacio y flujos de materiales en las instalaciones industriales.

La humedad

Debería estar comprendida entre un mínimo de un 40% y un máximo lo más elevado que sea compatible con mantener condiciones mayoritariamente aeróbicas en el material en proceso, lo cual, en la práctica, depende fundamentalmente del tipo de material utilizado y de su granulometría. Una humedad excesivamente elevada impide la aireación al ocuparse la mayoría del espacio poroso por agua, apareciendo por tanto condiciones anaeróbicas no deseables. Por el contrario, humedades bajas reducen la actividad

microbiana, ya que la mayoría de microorganismos necesitan solubilizar los sustratos para poderlos atacar, esto es, el ataque enzimático se produce siempre en fase líquida.

Durante el proceso, la humedad suele disminuir debido al intenso ritmo de evaporación provocado por el calor generado. Esta disminución puede llegar a ser excesiva, siendo necesario tomar precauciones y regar antes de que el material se seque mucho pues, a partir de cierto nivel de sequedad, las dificultades para rehumectar el material pueden ser serias a causa de variaciones en la tensión superficial. En cualquier caso, se debe tener siempre presente que, al final del proceso de maduración, la humedad no debe ser muy elevada (por debajo del 40%) a fin de no entorpecer las operaciones de cribado y poder conseguir una fracción fina que se ajuste a la normativa vigente y sea además de fácil manejo.

Ventilación y nivel de oxígeno

La aireación del material puede tener dos utilidades:

- Proporcionar el oxígeno necesario para el proceso termófilo aeróbico (siempre).
- Eliminar parte del calor producido por convección forzada y eliminación de vapor (en sistemas con ventilación forzada).

Las necesidades de O₂ dependen de todos aquellos factores que puedan influir en la cinética de los procesos aeróbicos: temperatura, tamaño de las partículas y tipo de material, biodegradabilidad, humedad, presencia de microorganismos, relación C/N, ausencia de inhibidores, etc. La medida del nivel de oxígeno existente en el interior de la masa en descomposición es una medida directa del grado de aerobiosis del que disfruta el proceso. Si lo comparamos con el factor temperatura tenemos:

- La temperatura es un indicador indirecto, nos da cuenta de un efecto (calentamiento) que nos permite deducir una causa (proceso aeróbico exotérmico).
- La temperatura presenta una marcada inercia, que hace que la detección del efecto (subida de temperatura) se produzca varias horas después de la ocurrencia de la causa (proceso de descomposición aeróbica con consumo de oxígeno).
- El efecto final alcanzado (alta temperatura) puede permanecer durante largo tiempo, incluso tras la desaparición de la causa (descomposición aeróbica), especialmente cuando se trabaja con grandes cantidades de material.

Por su parte, la medida del nivel presente de oxígeno nos da una respuesta rápida y directa del grado de aerobiosis presente, pero necesita también del conocimiento de la temperatura pues podría ocurrir que detectásemos un alto nivel de oxígeno, deduciendo en consecuencia que el proceso es aeróbico y las reposiciones son suficientes frente a los consumos de este elemento, cuando en realidad podría perfectamente ocurrir que el proceso esté parado, con lo que el alto nivel de oxígeno detectado se debe, no a que exista un buen grado de reposición, si no a que no hay consumo. Una forma de salir de este "impasse" es medir paralelamente la temperatura, aunque también podría servirnos una medida del desprendimiento de CO₂.

Desprendimiento de CO₂

Es, desde luego, el mejor parámetro y el más usualmente utilizado para medir la velocidad del proceso, pero presenta el defecto de que se produce, tanto en los procesos microbiológicos aeróbicos y anaeróbicos, como en los puramente químicos, por lo que su solo conocimiento permite deducir la velocidad del proceso que se esté produciendo, pero no de qué tipo es ese proceso. Se ha de acompañar del conocimiento de al menos otros dos factores (temperatura y nivel de O₂) si se quiere saber si lo que se está produciendo es mayoritariamente químico o microbiológico y, dentro de estos últimos, si es mayoritariamente aeróbico o anaeróbico. En general, si detectamos unas temperaturas moderadamente elevadas (entre 40 y 65°C) y unos aceptables niveles de oxígeno intersticial (superiores a un 5%), podemos deducir que el proceso es microbiológico y aeróbico respectivamente y conocer su cinética a través de los niveles de desprendimiento de CO₂ detectados. Con ello tendríamos un conocimiento realmente ajustado y exhaustivo de lo que está ocurriendo.

Desprendimiento y/o presencia de NH₃

Es un factor cuyo conocimiento es de un orden secundario, normalmente prescindible si se conocen y controlan los demás parámetros anteriormente expuestos. Tan solo en algunos casos concretos como, por ejemplo producción de substratos para champiñón, muy sensible a niveles incluso moderados de amoníaco, tendría un claro sentido su determinación y control, por eso los productores de este sustrato someten el material a una intensa ventilación final para eliminar trazas de este compuesto. Por lo demás, habiendo tomado la precaución inicial de proceder a una mezcla equilibrada de residuos complementarios en sus relaciones C/N y teniendo permanente cuidado de mantener continuamente altos niveles de oxígeno, no deberían

producirse excesivas pérdidas amoniacales. La colocación de lavadores de gases (*scrubbers*) en los conductos de salida de estos puede ser prescindible si el control del proceso es el adecuado.

1.4.- Mezclas de residuos y co-compostaje

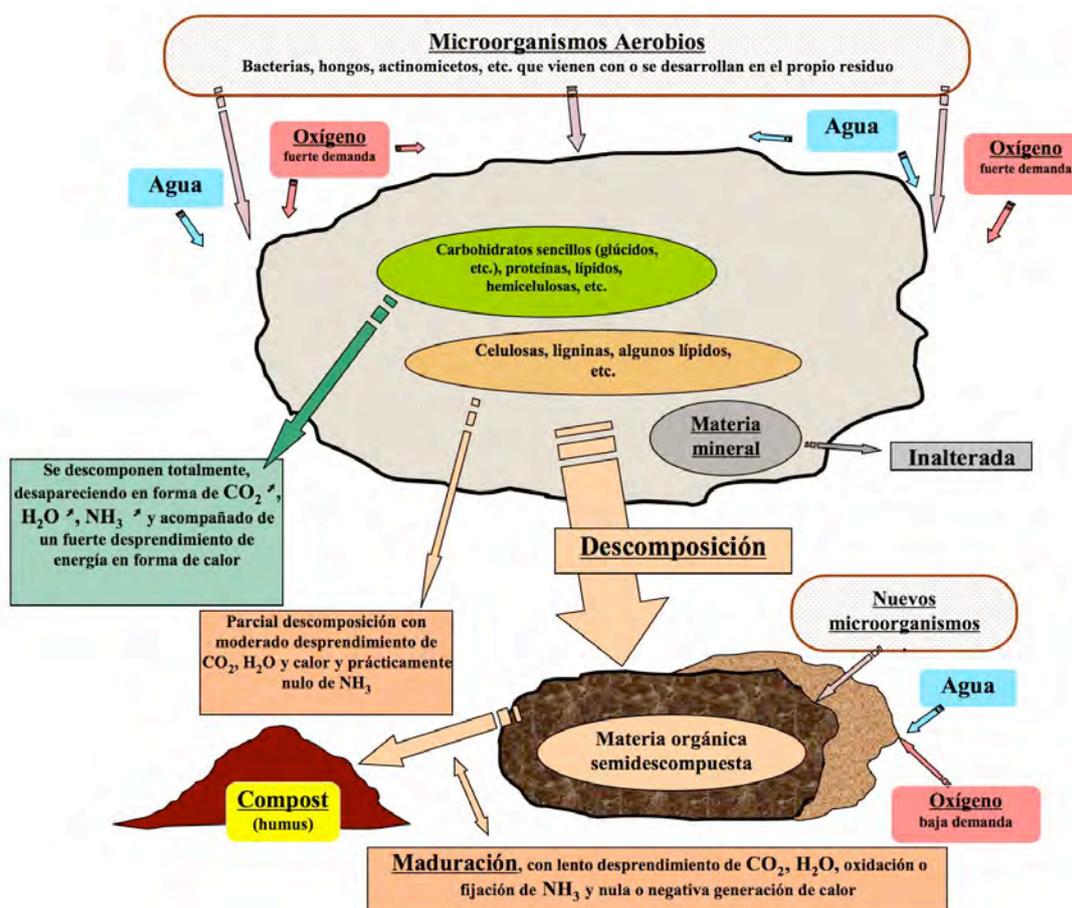
No todos los tipos de materiales orgánicos biodegradables son susceptibles de ser compostados correctamente solos, por lo que en algunos casos es bueno proceder a mezclas de diversos de ellos con características mutuamente complementarias (co-compostaje). Sería el caso de los lodos de depuradoras, muy húmedos, carentes de estructura y porosidad, rápidamente degradables, con una relación C/N excesivamente baja, etc., o de la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM), con unas similares características, si exceptuamos que en este caso son sólidos en lugar de pastosos y que su contenido en nitrógeno es algo inferior. Algo similar ocurre con la mayor parte de los residuos de la industria agroalimentaria. Por otro lado, residuos como los restos vegetales procedentes de podas de arbolado urbano o de frutales, clareos, limpieas y talas de bosques, etc. presentan una elevada relación C/N, son muy estructurados y porosos, y presentan una difícil y lenta degradación.

Los lodos no pueden compostar solos y caen rápidamente en anaerobiosis. La FORM, aunque podría compostar sola, presenta graves riesgos de entrar en anaerobiosis. Los restos vegetales, aún triturados, compostan de un modo muy lento debido a su estructura resistente (ligninas y celulosas) y a su bajo contenido en nitrógeno, que limita la proliferación de los microorganismos descomponedores (bacterias y hongos) al carecer de suficiente cantidad de este elemento esencial para la constitución de sus propias estructuras corporales. Sin embargo, si se procede a un mezclado de ellos se elimina la práctica totalidad de los problemas citados, se equilibra la relación C/N, se consigue una estructura adecuada para el compostaje (con suficientes poros que permitan la necesaria aireación interior), se equilibra la humedad y se consigue al final del proceso un producto muy rico, susceptible de ser usado tanto como sustrato, abono, o simple enmienda orgánica. En la figura que aparece en la página siguiente se indica de un modo esquemático, pero suficientemente riguroso, lo que ocurre en un proceso de compostaje completo desde el primer ataque de los microorganismos hasta la obtención del compost final.

El proceso inicial (descomposición) presenta una cinética muy rápida al hallarse presentes grandes cantidades de materiales fácilmente degradables.

Ello provoca unos fuertes consumos de oxígeno que, si la estructura no es la adecuada, devienen en una rápida caída en anoxia que provoca el desencadenamiento de los muy indeseables procesos anaeróbicos. Si se garantizasen unos niveles mínimos de oxígeno, ocurriría que prácticamente todos los materiales lábiles desaparecerían en forma gaseosa, mientras que los de mediana y gran resistencia sufrirían procesos de descomposición parcial o de hidrólisis, quedando disponibles para una segunda fase de ataques que los transformarían en humus (humatos, fulvatos y ácidos húmicos y fúlvicos). El desprendimiento de calor sería fuerte en la primera etapa y menor, o incluso nulo o negativo en la segunda.

Figura 21.- Representación del proceso de compostaje a partir de una partícula ideal de residuo orgánico (Fuente: Plana, R. 2008. *El compostaje de residuos orgánicos: Investigación del proceso a escala industrial y desarrollo de equipos experimentales para la determinación del sistema de tratamiento y protocolo de trabajo precisos para un desarrollo específico del proceso biológico*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, España, Dpto. de Ecología y Biología Animal. 373 pp).



Se ha de destacar que la separación entre descomposición y humificación (o maduración) es un convenio simplista, pues ambas etapas coexisten siempre en el tiempo, peor con cinéticas muy diferentes resultando insignificantes los

procesos de maduración frente a los de descomposición en esta primera fase. A medida que pasa el tiempo, los materiales menos resistentes van desapareciendo y los más resistentes haciéndose proporcionalmente mayores, la cinética de los procesos se va lentamente invirtiendo, cobrando los de maduración un mayor protagonismo, pero siempre ambos coexisten.

El seguimiento del mismo proceso descrito en la figura 21, pero ahora fijándonos en la evolución de los parámetros externos que importan al proceso, esto es: temperatura, humedad, niveles de oxígeno y CO₂, pH, etc..., es representado en las dos gráficas que se presentan a continuación y que se refieren a un proceso de compostaje natural (sin ventilación forzada, ni mecanismos de control) en pila o meseta volteada.

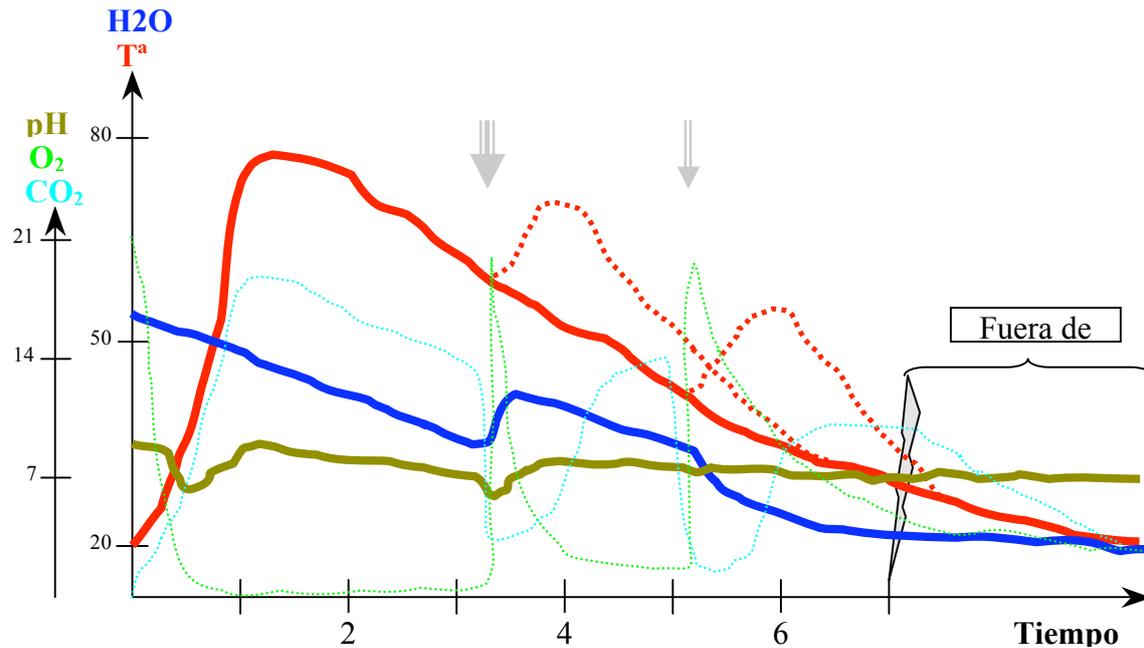
En la figura 22 se muestra la evolución (en líneas continuas) de la temperatura, humedad y pH. La fuerte producción de calor en los primeros momentos se manifiesta en una rápida subida de la temperatura, dicha subida hace que el gradiente de temperaturas con la atmósfera que rodea a la pila se haga grande y provoque fuertes pérdidas por convección y conducción que llegarán a igualar a la producción de calor metabólico del proceso, momento en el cual la temperatura se estabiliza. La humedad entretanto va disminuyendo a causa de la evaporación que provoca el calentamiento. El pH muestra una bajada inicial debida a puntuales caídas en anaerobiosis al producirse una importante caída en los niveles de oxígeno como consecuencia del fuerte consumo. Si la anaerobiosis no es excesivamente severa, el pH presenta después una subida debida a la aparición de amonio producido por la descomposición de las proteínas presentes. Si el oxígeno es bajo puede producirse una posterior caída del pH y una bajada de la temperatura, que son rápidamente recuperadas si se procede a un volteo (la flecha con triple trazo en la figura 22 indica un volteo con riego). La humedad aumenta tras este volteo, la temperatura repunta gracias a la fuerte oxigenación provocada (ver puntos del nivel de oxígeno en la figura 22) y el CO₂ presenta una lógica bajada al ser liberado a la atmósfera con el volteo.

Es importante observar como la fuerte reactivación del proceso aeróbico provocada por la súbita oxigenación provoca una rápida caída en los niveles de oxígeno en los momentos inmediatamente posteriores y una más lenta subida de la temperatura. Un posterior volteo, ya sin riego, se muestra días después.

Se debe tener en cuenta que la bajada esperable de la temperatura de la pila con el paso del tiempo es sumamente lenta, mucho más que la expresada en casi todos los manuales de compostaje a uso, debido a una combinación de

la pervivencia de procesos energéticos (debidos a sustancias que pasan a ser disponibles muy tarde y tras sufrir una previa hidrólisis) con el hecho de la bajísima conductividad térmica del material. Estas aparentemente anómalas subidas de temperatura tardías son más frecuentes de lo que se cree y han provocado no pocas confusiones.

Figura 22.- Representación típica de diferentes parámetros del proceso de compostaje: temperatura (rojo), humedad (azul oscuro), consumo de O₂ (verde) y producción de CO₂ (azul celeste). La escala de tiempo está representada en semanas.



Si el mismo proceso se produjese en un sistema con ventilación forzada, por ejemplo en un túnel, la variación de los mismos parámetros podría ser totalmente diferente y siempre en función de nuestros deseos.

1.5. La maquinaria al servicio del proceso

Englobaremos bajo este epígrafe todos aquellos elementos necesarios en toda instalación de una escala industrial, pero no específicamente relacionados con el proceso de compostaje en sí, siendo tan solo elementos de apoyo en operaciones como: recepción, movimiento, preparación y acondicionamiento, limpieza y selección, mezclado, afino, etc... Por tanto es importante darles la importancia relativa que poseen en cuanto a la mejora directa de las condiciones de trabajo en la instalación, pero indirecta en cuanto a la eficiencia del proceso de compostaje, que siempre estará marcado por los parámetros anteriormente explicados. Veremos como es este un campo en el que se detecta con claridad el "préstamo" que de otras tecnologías tradicionales (minería e industria convencional) se ha hecho.

Distinguiremos los siguientes tipos:

- De recepción: Tolvas (en sus variantes elevadas y encastadas), silos, fosos, eras abiertas, etc.
- De movimiento: De tipo fijo: cintas en sus múltiples variantes (lisas, nerviadas, de caucho, de plástico, etc..., de tablillas metálicas, etc.), tornillos sin fin, suelos móviles, etc. De tipo móvil: palas, remolques, camiones, etc. y de tipo con movimiento acotado como los pulpos.
- De selección primaria: Trómeles y cabinas de selección manual, además de aparatos específicos monocomponente como: imanes y electroimanes (permanentes y temporales), separadores de Foucault, separadores por densidad mediante flotación neumática, etc.
- De preparación: Trituradoras (de martillos para los restos de podas), abre-bolsas, mezcladoras, etc.
- De selección final (afino): Trómeles, cribas rígidas, cribas elásticas, dechinadoras, balísticas, tablas densimétricas, etc.
- Otros: Prensas empacadoras y maquinaria auxiliar como: barredoras, hidrolimpiadoras, tracks de riego acoplables a las volteadoras, etc.

Es precisamente en estas tecnologías periféricas donde se manifiesta con claridad la situación de “préstamo” tecnológico de otros sectores industriales a la que nos referíamos en la introducción y que ha provocado multitud de problemas funcionales en las tradicionales plantas de compostaje de residuo urbano recogido “todo en uno”, problemas que se agudizan en las nuevas plantas de recogida selectiva en origen.

Las gran heterogeneidad de materiales, unido a la variabilidad de composición y características del flujo de residuos, tanto en los días de la semana, como en las estaciones del año, ha hecho que los sistemas fijos de recepción y movimiento (tolvas, cintas, etc.) tomados de otros sectores industriales (minería, áridos, etc.) no funcionasen adecuadamente. En las plantas de “todo en uno” (RSU tradicionales) se han ido introduciendo adaptaciones más o menos exitosas, pero en las de residuo orgánico selectivo está prácticamente todo por hacer. Por poner dos ejemplos, las recepciones en tolva encastada, relativamente funcionales para RSU, son un fracaso en fracción orgánica (FORM) selectiva a causa de la copiosa lixiviación que provocan, lo mismo que los movimientos en cintas. Del mismo modo, las recepciones y movimientos del compost maduro para proceder a su afino han dado serios problemas a causa de la fuerte tendencia a formar bóvedas que presentan, lo que desaconseja los sistemas tolvas-cintas en línea tradicionales

en favor de de tolvas anchas, de paredes verticales y sobretodo perpendiculares a la cinta de descarga, o bien tornillos sin fin, o incluso transportadores lineales (variantes de los suelos móviles).

Mención aparte merecen las volteadoras, máquinas altamente específicas para una operación importante en el compostaje como es el volteo del material en proceso, con sus funciones de aireación intensa (aunque momentánea), homogeneización de la masa, disminución del tamaño de partícula y eliminación de posibles compactaciones, etc. y que deberíamos clasificar de modo intermedio entre estas tecnologías periféricas y las propiamente de compostaje. Existen volteadoras de arco (o puente) para pilas y también de ataque lateral diseñadas para las mesetas.

Otro aspecto realmente notable es el de los tratamientos y selecciones previas que, directamente heredados de las plantas de “todo en uno” (a su vez herederas de otros procesos industriales), se han copiado miméticamente en las de FORM selectiva con notable fracaso. El ejemplo de los trómeles de selección volumétrica utilizados para separar la fracción supuestamente orgánica de la inorgánica operan con una cierta efectividad en el caso del RSU “todo en uno”, pero resultan altamente ineficaces en la FORM selectiva al separar como rechazo todos los materiales orgánicos mayores del tamaño de luz (normalmente de 80 mm).

Este “préstamo tecnológico” contribuye de manera sustancial en un aspecto, muy descuidado hasta el momento, como es el del diseño general de las instalaciones de compostaje, en el que apenas se han introducido factores de ajuste al proceso y sobretodo no se ha considerado que el circuito de materiales sea ergonómico. De este modo, no es extraño ver instalaciones en las que los recorridos a los que se ven obligados los palistas resultan enormes, precisamente porque no se ha considerado el flujo natural de estos en el diseño de la maquinaria fija. Otros aspectos, como cintas reversibles bajo trómeles que facilitan la doble pasada, apenas han empezado a ser considerados. O incluso otros aspectos como el aprovechamiento favorable de la orografía del terreno, con plantas a diferentes niveles de suelo que ahorran longitudes de cintas, o bien permiten acceso natural a elementos elevados tampoco han sido considerados suficientemente hasta el momento.

1.6. Descripción de tecnologías

1.6.1. Clasificación y breve descripción de las tecnologías disponibles

Los modos de clasificación de los diversos tipos de tecnologías disponibles son muy variadas en función de la característica que se desee destacar. En algunos casos el énfasis se pone en los tratamientos mecánicos a realizar con el material en compostaje, dividiéndose entonces en: Sistemas dinámicos y Sistemas estáticos. Si el aspecto a destacar es la forma física en la que se dispone el material tendríamos: pilas, trincheras, mesetas, zanjas, etc. Otro modo sería en función del nivel de aislamiento del material con respecto al exterior, en cuyo caso tendríamos: Sistemas abiertos, Sistemas semi-cerrados y Sistemas cerrados. No falta quien clasifica en Sistemas naturales o lentos y Sistemas acelerados. En cualquier caso, todas las clasificaciones acaban solapándose entre sí e incluyendo todas (si son exhaustivas) los mismos sistemas o tecnologías de una u otra manera. En este caso seguiremos una clasificación según el nivel de aislamiento del exterior.

La gran diversidad de tecnologías disponibles en el mercado, indica claramente que estamos ante un sector tecnológicamente joven y muy abierto por tanto, favorecido por tratarse de un proceso sencillo de realización, pero muy complejo en cuanto a sus aspectos biológicos y bioquímicos. Efectivamente, es fácil compostar un residuo orgánico, casi va solo, casi cualquiera puede hacerlo, pero es difícil controlar ese proceso según nuestros deseos y voluntad, las variables que intervienen son muchas, entremezcladas y algunas ciertamente difusas, falta además un "corpus" teórico específico del compostaje, siendo muchos de los conceptos que hoy se usan directamente tomados de la edafología y de los estudios del suelo, lo cual ha llevado y lleva a muchos errores, pues no son la misma cosa. Tomando como guía el control de emisiones tendríamos la siguiente clasificación:

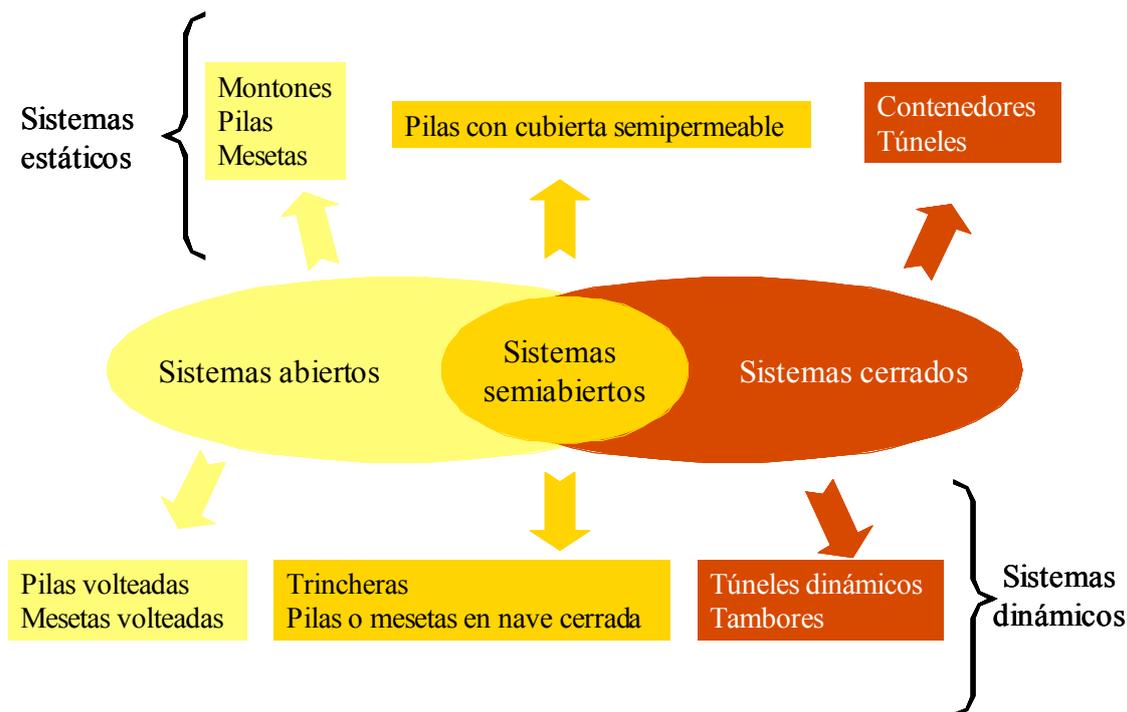
SISTEMAS ABIERTOS
SISTEMAS SEMI-CERRADOS
SISTEMAS CERRADOS

En los primeros, los procesos se realizan completamente al aire libre (aunque normalmente bajo cubierta, especialmente en zonas de alta pluviosidad), en los segundos se suelen hacer en naves cerradas que disponen de algún sistema de succión y envío de los gases a un biofiltro, y los terceros se realizan en recintos totalmente herméticos, sometidos a un exhaustivo control de parámetros, conducción de todos los gases a biofiltros y, en algunos casos,

con elementos adicionales de limpieza de estos gases previas al biofiltro (lavadores, humectadores, etc.).

Una subdivisión usual depende de que la masa a compostar sea removida por algún dispositivo mecánico que homogeneice el material de forma que las capas exteriores de la masa pasen a su interior y viceversa. Estos son los llamados SISTEMAS DINAMICOS para diferenciarlos de los SISTEMAS ESTATICOS que no disponen de agitación mecánica. Es un error bastante extendido el de adscribir cualidades oxigenadoras a largo plazo a los volteos, pero también ocurre que los sistemas estáticos presentan una mayor tendencia a carencias de oxígeno en el interior de la matriz, lo que induce a disponer de dispositivos de aireación forzada. Nada impide la confluencia de ambos métodos, y se da el caso óptimo de sistemas volteados con aireación forzada.

Figura 23.- Clasificación de los distintos sistemas de compostaje existentes en base a su nivel de confinamiento y a su manejo (Fuente: Plana, R. 2008. *El compostaje de residuos orgánicos: Investigación del proceso a escala industrial y desarrollo de equipos experimentales para la determinación del sistema de tratamiento y protocolo de trabajo precisos para un desarrollo específico del proceso biológico*. Tesis Doctoral. Universidad de Vigo, España, Dpto. de Ecología y Biología Animal. 373 pp.).



En la figura 23 se muestran esquemáticamente las posibilidades de actuación técnica, que van desde los tradicionales sistemas en pilas, montones o mesetas dinámicas con muy reducida capacidad de control al no disponerse de elementos que puedan actuar sobre los parámetros que afectan al proceso (temperatura, nivel de oxígeno, humedad, etc.) y de los que se ha dado cumplida explicación en el anterior punto. Dentro de estos

sistemas que, de un modo genérico, llamaremos "sistemas naturales" se incluyen también aquellos que contemplan máquinas más o menos sofisticadas como las volteadoras en sus diversas variantes, pues realmente su capacidad de control sobre los parámetros claves del proceso es muy limitada.

El conocimiento del proceso se torna determinante en esos casos en que la tecnología no es eficiente. Pasemos a una descripción en más detalle.

1.6.1.1. Sistemas abiertos

Suelen ser sistemas de bajo coste y tecnología sencilla, aplicables principalmente a pequeñas o medianas comunidades de zonas en las que la disponibilidad de terrenos sea elevada, concibiéndose por tanto para zonas rurales o semi-rurales. Las características meteorológicas de la zona pueden ser determinantes, limitándose mucho esta influencia con cubiertas sencillas sin paredes que implicarían un encarecimiento justificado de la instalación. En algunos casos, como solución barata, se suele cubrir tan solo la zona de maduración o parte de ella, con el fin de evitar rehumectaciones excesivas del material en fases próximas al cribado final que podrían entorpecer mucho esta operación. La forma de amontonamiento del material en este tipo de plantas es variado (pilas, mesetas, zanjas, etc.), así como los modos de tratamientos a los que se las somete. Lo más usual es utilizar sistemas dinámicos, sean por medio de dispositivos especialistas (volteadoras) o bien con maquinaria inespecífica (normalmente palas mecánicas), siendo más escasos las que se decantan por métodos estáticos.

Disposición en PILAS

Es el sistema más clásico, descrito por primera vez en el siglo XII, y la base de la mayoría de los desarrollos posteriores. Las primeras noticias de pilas de un tamaño que podríamos llamar ya industrial se remontan a principios de siglo XX en la India, cuando Sir Albert Howard constituyó las primeras pilas que hoy conocemos como "pilas Indore" o "método Indore" y de las cuales derivan la práctica totalidad de las pilas que se conocen. Una vez preparada la matriz, con o sin mezclado y/o añadido de estructurantes, el material a compostar se dispone en un montón alargado de sección aproximadamente triangular. La forma y relación altura-anchura de la pila dependerá del ángulo estático propio del material a tratar, si es un material que se entrelaza bien y tiene estructura podremos dar más altura a la pila con una base concreta, pero si el material carece de estructura, el triángulo de la sección de pila será muy

bajo para la misma anchura de base. Para la elección del tamaño de la pila hemos de fijarnos en la proporción de materiales fácilmente degradables presentes en el residuo (materia lábil o volátil) y en la estructura del mismo. La primera nos marcará la tasa de consumo de oxígeno una vez que el proceso esté en marcha y la segunda nos marcará la capacidad de reposición de oxígeno a través de los poros del propio material en descomposición. En principio, si tenemos un material con buena estructura y una degradabilidad media o baja podremos hacer una pila grande sin miedo de que nos caiga en anaerobiosis, si ocurriese al revés, nos veríamos obligados a hacer pilas de pequeña alzada.

Figura 24.- Dos ejemplos de plantas de compostaje en sistemas abiertos en pilas.



Los únicos modos de controlar la temperatura de una pila dinámica son una combinación de volteos y riegos o jugar con su tamaño. Lo primero es difícil y requiere mucha atención y experiencia, en general existe el error (muy extendido) de considerar que un volteo baja la temperatura, cuando la realidad es exactamente la contraria (salvo durante los minutos inmediatamente posteriores al volteo), pero combinado con riegos puede dar resultado. El segundo método se basa en variar la emisión de calor desde la pila variando la superficie libre de la misma, por ejemplo, si una pila está muy caliente, podemos conseguir que permanezca a menor temperatura simplemente con hacerla más larga y de menor sección y viceversa, al variar la relación superficie/volumen. Los límites de tamaño vienen marcados por las volteadoras disponibles en el mercado, o la altura máxima que se puede conseguir con una pala. Las alturas usuales suelen oscilar entre 1 y 3 m, con anchuras en la base de entre 1,5 y 8 m. Existen máquinas volteadoras de gran eficacia, utilizables cuando las dimensiones de la instalación lo requieran y el presupuesto lo permita, si bien, con un mayor esfuerzo y una menor perfección también puede voltearse con una pala cargadora y mejor todavía si lo hacemos con la ayuda de un remolque esparcidor. En algunos casos se

provee a la pila de un sistema de ventilación forzada mediante tubos enterrados en el material o con estrechas zanjas hechas en el propio suelo sobre el que descansa la pila (pilas estáticas).

Las pilas dinámicas presentan las ventajas de conseguir una mayor homogeneización del material, una disminución mecánica del tamaño medio de partícula que contribuye a una mayor disminución de volumen y, por último, una mayor garantía de higienización del material al conseguirse que todo el material pasa por fases termófilas tras alguno de los volteos. Por contra presentan la gran dificultad de controlar su temperatura, posibles problemas de deficiente oxigenación en capas profundas si la estructura no es la adecuada (y que, insistimos, no puede garantizarse por los volteos) y el elevado coste de las máquinas volteadoras.

Dentro de las pilas estáticas se ha hecho siempre una clasificación un tanto confusa en pilas *Beltsville* y pilas *Rutgers*, asociando las primeras a ventilación forzada por soplado (sobrepresión) y las segundas a ventilación forzada por aspiración (depresión), cuando la realidad es que el grupo de *Beltsville* lo que hacía es garantizar niveles altos de oxígeno (>18%) por medio de una ventilación controlada por reloj y que funcionaba a intervalos fijos, en tanto que la *Rutgers* lo que hace es controlar la temperatura incorporando un sistema de retroalimentación basado en el valor de dicha temperatura dado en continuo por un termopar y que hace que el ventilador funcione o no en base a un valor prefijado. Hoy en día se utilizan técnicas mixtas basadas en criterios biológicos de actividad microbiana en función de la temperatura y el nivel de oxígeno presentes. Las ventajas de estas pilas son los buenos controles de oxígeno y temperatura, en su contra tienen las heterogeneidades que aparecen en el material entre capas externas y profundas, o entre las zonas laterales (más secas y frías) y las superiores (más húmedas y calientes).

Figura 25.- Ejemplo de una pila cubierta con lona semipermeable



Una forma ingeniosa y relativamente barata de evitar estos gradientes de temperatura consiste en cubrir la pila con un material geotextil semipermeable que permite el flujo gaseoso, pero no el de líquidos, combinado con un sistema de ventilación forzada por succión (figura 25). Mediciones realizadas en algunas instalaciones de España apuntan algunas deficiencias en los resultados si la ventilación se hace tan sólo en función del nivel de oxígeno, pero podrían ser muy eficientes si se atendiese al control de temperatura. Estaríamos ante un sistema ya casi semicerrado, muy flexible de aplicación y cercano en cuanto a control a los sistemas cerrados.

Disposición en MESETAS

Es una variante de la pila desde su sección triangular a otra trapezoidal que permite una base de gran anchura como si fuese la unión lateral de muchas pilas (figura 26). Su principal ventaja es el mayor aprovechamiento de superficie (mayor número de m^3 por m^2 de superficie ocupada) y sus inconvenientes que son más difíciles de voltear y que su capacidad de auto-oxigenación suele ser deficiente obligando a recurrir a aireaciones forzadas en la primera fase del compostaje, durante la descomposición de los materiales más fácilmente degradables que implican una gran demanda de oxígeno.

Figura 26.- Ejemplo de una meseta de maduración



Esta ventilación se obtiene, como en las pilas, mediante tubos perforados o un falso suelo con orificios conectados a los ventiladores que insuflan o aspiran aire a través de la masa de la matriz. Una variante de las mesetas, llamada "colchón", se forma al aire libre en capas superpuestas,

generalmente de restos de jardinería y poda, mediante una máquina que los tritura y compacta "in situ". Este sistema suele demorar un largo período, después del cual el material se voltea y se criba. En cualquier caso, es muy común que se utilicen pilas o mesetas, estáticas o dinámicas, aireadas o no, como etapa final (maduración) de materiales que ya pasaron su fase de descomposición en sistemas más sofisticados de los que hablaremos más adelante.

Disposición en ZANJAS

Son en cierto modo pilas en negativo, el material a compostar se deposita dentro de nichos o agujeros practicados en el suelo. Son sistemas de uso poco común y tan solo apropiados para climas muy secos y cálidos o para algunos casos muy específicos. Su principal ventaja es la de aprovechar al máximo, tanto el agua de riego, como la de lluvia, pero se acrecientan los riesgos de entrada en anaerobiosis. En algunos casos se utilizan con la doble función de retención del terreno frente a la erosión por lavado y fertilización adicional, como es el caso de la "trincheras Mazibuko" desarrollado en Sudáfrica.

1.6.1.2. Sistemas semicerrados

Son sistemas concebidos para atender a poblaciones medianas o grandes y están diseñadas (al menos en teoría) para poder ser instaladas en las cercanías de la propia población, merced al control que permiten de los factores ambientales adversos. En general se consigue un mejor aprovechamiento del espacio que en el caso de las pilas y aproximadamente igual que en el de las mesetas, pero con unas posibilidades de control de las operaciones de trabajo superiores a las de los sistemas abiertos.

El sistema más conocido es el de las "trincheras" o "calles", en realidad una variante de las tradicionales pilas, en las que el material se coloca entre muretes longitudinales (figura 27). Los canales, calles o trincheras tienen entre 3 y 5 m de anchura, los muretes entre 2 y 3 m de altura y la longitud puede ser la que se desee (normalmente oscila entre los 60 y los 140 m), el número de calles también es variable (normalmente no más de dieciséis). El material fresco llega por un sistema de cintas provisto de un sistema que permite descargarlo en el principio de una u otra calle a voluntad. La novedad quizás más característica y descolante de este sistema es el método de volteo, por medio de una volteadora que circula sobre unos raíles situados a lo largo de la parte superior de los muretes y que puede ser pasada de una a otra calle por medio de unos *transfers* situados al principio y al final de las mismas. La

volteadora ataca el material por medio de un rodillo provisto de un sistema de deflectores que carga el material sobre una cinta transportadora que lo traslada varios metros hacia atrás de la misma, con lo que todo el material de una calle se ha desplazado esos metros cada vez que la volteadora hace un recorrido completo, llegando al extremo de la calle tras un número determinado de ellos y cayendo al fin sobre una cinta que lo dirige a la sección de cribado y afino final.

Figura 27.- Varios ejemplos de distintas plantas de trincheras en España.



Una parte de las calles, normalmente la primera mitad o el primer tercio, dispone de un falso suelo perforado unido a una turbina con la que se puede insuflar o aspirar aire a presión a través del material, controlando así la temperatura por convección forzada y garantizar una presencia suficiente de oxígeno en la masa en descomposición. Como vemos se puede considerar un proceso en continuo, con una transición paulatina de descomposición a maduración a medida que el material va avanzando en la calle conforme va siendo volteado. Una deficiencia es la dificultad de llevar el control de parámetros en continuo a causa de los pasos de la volteadora.

Todo el conjunto se encuentra dentro de una gran nave cubierta y cerrada que dispone de un sistema de extracción de su atmósfera interior a través de tuberías colocadas a lo largo del techo. Esta atmósfera interior, normalmente viciada con los gases expelidos a través de la masa en compostaje por el sistema de soplado inferior, es insuflada a través de un biofiltro colocado en el exterior, donde son depurados antes de ser liberados al medio ambiente. Existen variantes sin calles en las que se coloca el material en meseta dentro de una nave cerrada, con sistema de extracción de atmósfera y biofiltro.

1.6.1.3. Sistemas cerrados

El material no está nunca en contacto directo con el exterior, sino a través de un sistema de conductos y turbinas. En general son dispositivos estancos de muy diversos y variados tipos, pero que podemos clasificar en dos grandes familias:

- Reactores dinámicos
- Reactores estáticos

Las dos principales ventajas que presentan estos sistemas respecto a los anteriores son el excelente control de emisiones al medio ambiente y el afinado dominio de los parámetros del proceso, pero también ahorran espacio (presentan una inmejorable relación entre el volumen de residuo tratado y la superficie ocupada) y mejoran el aspecto exterior, hasta el punto de permitir su instalación en medio de una población, si ello fuese preciso.

Reactores dinámicos: En la pasada década de los 30, se desarrollaron en EEUU una serie de dispositivos cerrados cuya característica definitoria es la de que permiten el movimiento del material en descomposición dentro de ellos mediante algún procedimiento mecánico y en los que se suele insuflar aire y controlar diversos parámetros como temperatura, nivel de oxígeno, desprendimiento de carbónico, etc. Pueden estar fabricados en metal protegido o en hormigón, aunque dispongan de mecanismos internos metálicos. Algunos de estos sistemas operan en discontinuo o por tongadas ("*batch*" en la bibliografía anglosajona), pero lo más común y además una de sus principales ventajas, es que permitan un funcionamiento en continuo.

Los de disposición vertical (sección circular o rectangular), con carga superior y descarga por la base mediante dispositivos de extracción

mecánicos suelen insuflar aire a presión por la parte inferior y/o por los laterales y recoger el gas saliente por la parte superior, donde suele ir también el sistema de riego para corregir el nivel de humedad de la matriz. En general tienen varios pisos por los que circulan rastrillos que ayudan al material a desplazarse hacia el fondo, por poner un ejemplo químico tradicional, se parecen mucho a las típicas columnas en pisos para destilación o rectificación en continuo. Han tenido nula implantación en Europa y baja en América.

Figura 28.- Izquierda, sistema de precompostaje en tambor DANO. Derecha, planta de compostaje de restos orgánicos urbanos en Montreal (Canadá).



En 1937 surgieron en Dinamarca los de disposición horizontal, generalmente cilindros metálicos giratorios provistos, bien de deflectores, bien de un ánima helicoidal en su interior, para provocar el movimiento de avance o retroceso (según el sentido de giro) del material y, de paso la homogeneización del mismo, así como la trituración de sus partes más blandas. Durante la operación suele aportarse aire, insuflado en contracorriente desde el extremo de salida del material y, en algunos casos, también agua para reponer la humedad perdida por evaporación (figura 28).

Reactores estáticos: Son dispositivos más sencillos al carecer de movimiento propio o de elementos mecánicos internos. Los dos tipos más comunes son los contenedores y los túneles, pues el otro tipo, los silos, apenas tienen implantación.

Contenedores

Son recipientes paralelepípedicos herméticos, generalmente de acero con tratamiento anticorrosión, con doble suelo para la ventilación y recogida de lixiviados, con volúmenes comprendidos entre los 20 y 50 m³. Dados su tamaño y peso presentan la interesante ventaja de poder ser trasladados de

un lugar a otro a voluntad, pudiendo llenarse en el área de producción del residuo y trasladarlos llenos al área de operación, donde son conectados a los sistemas de control y ventilación (figura 29). Los parámetros que se controlan y el modo de hacerlo son por entero similares a los empleados en los túneles que veremos a continuación, por lo que nos remitimos a las explicaciones que allí se den. Resultan relativamente caros, pero su modularidad los hace muy versátiles y tremendamente útiles para aquellos casos de lugares en los que se produzca una gran variedad de residuos orgánicos diferentes en no muy grandes cantidades. Para el caso concreto de la FORM no parecen los más indicados, aunque no estaría de más estudiar la posibilidad de que sean compartidos por varias poblaciones pequeñas por medio de recogidas alternativas y secuenciales en las diversas poblaciones y tratamiento en un lugar centralizado y común.

Figura 29.- Ejemplo de compostaje en contenedor cerrado a escala semi-industrial.



Túneles o comotúneles

Es una tecnología cuyo origen hay que buscarlo en la tradicional industria de obtención de sustratos para el cultivo de champiñones, que, tras una gran experiencia práctica en un tipo muy concreto de materiales fue adaptando su diseño a fin de poder aplicarlo a compostar otros diferentes tipos de residuos orgánicos. Presenta una gran robustez, acentuada por el hecho de que

ninguna de las partes delicadas del sistema está en contacto con el material en descomposición. El control de parámetros del proceso que permite es excelente mediante sondas de temperatura y dispositivos captadores de gases (tanto desde el espacio intersticial de la matriz en proceso, como desde los conductos de ventilación o la atmósfera libre de la parte superior del túnel) que analizan el nivel de oxígeno (siempre) y opcionalmente el CO₂, NH₃ u otros. Estas medidas son transmitidas a un autómata programable que a su vez las envía a un ordenador provisto de un programa específico de control a través del cual se controla y rectifica a voluntad el proceso mediante el uso de ventilación forzada y riego. El banco de datos que va recogiendo la memoria del ordenador aporta valiosa acumulación de información puntual, cuyo estudio a largo plazo resulta muy útil para el conocimiento y mejora del proceso del compostaje.

Figura 30.- Diferentes aspectos de instalaciones de compostaje en túneles cerrados.



La ventilación se efectúa a través de un falso suelo perforado, ya sea por depresión (aspirado) o por sobrepresión (soplado), pudiendo disponerse la

recirculación del aire del proceso (figura 30). Suelen funcionar en discontinuo (*batch*), excepto un modelo que opera de forma continua (BAV) y existen modelos con dispositivos de volteo que operan automáticamente en el interior del túnel. La matriz suele introducirse muy húmeda (normalmente por encima del 70% de humedad inicial), utilizándose como riego los propios lixiviados producidos en las anteriores operaciones del túnel. El alto nivel de humedad no suele representar ningún problema grave de una posible caída en anaerobiosis gracias al sobredimensionamiento habitual de las turbinas de ventilación. Los lixiviados son recogidos, conducidos a un depósito (normalmente junto con las pluviales de suelo) y reutilizados para la humectación de la siguiente partida. Ningún líquido sale del proceso al exterior, es un circuito cerrado. Los gases que no se recirculan son conducidos a biofiltros depuradores, con posibilidad intermedia de sistemas de lavado (*scrubbers*), refrigeración y/o humectación.

1.7. El producto final: el compost

El bienestar de la población ha estado desde siempre ligado a la fertilidad y productividad de la tierra. Pero la agricultura tiene un efecto significativo en los contenidos en materia orgánica del suelo, provocando su pérdida por consumo, exposición a la atmósfera, erosión,... (Montanarella, 2002). La pérdida anual de materia orgánica varía enormemente dependiendo de las prácticas agrícolas, el tipo de cultivo, el drenaje del suelo y las condiciones climatológicas (Waterris & Oades, 1991), y a no ser que esta materia orgánica sea rápidamente repuesta el sistema entra en un estado de continua degradación que acabará llevándolo a su insostenibilidad (World Bank, 1993).

Un suelo pobre en materia orgánica verá afectadas sus propiedades en cambios en su estructura, mayor tendencia a cuartearse, aceleración de la erosión, tendencia a la compactación, incremento de su temperatura, descenso de la capacidad de retención de agua y nutrientes, y reducción de su fertilidad, de su biodiversidad y de su actividad biológica (Soliva & Felipó, 2002). De ahí el importantísimo papel que juega el compost como aporte y retorno de materia orgánica estabilizada a los suelos.

La clave en la utilización del compost está en el conocimiento de sus características intrínsecas y de la valorización agronómica de la materia orgánica para el incremento de la fertilidad de los suelos (Sequi *et al*, 2000). Pero siempre recordando que la aplicación de compost a tasas superiores a los requerimientos de la planta o a la capacidad de asimilación del suelo puede suponer riesgos de lixiviación o de pérdida de nutrientes

(Easton & Petrovic, 2004; Vietor, *et al* 2002). Por tanto debería ser considerado más como un acondicionador de suelos que como un fertilizante ya que los nutrientes que aporta el compost son de lenta liberación y las mejoras en la producción de los cultivos se aprecian en los años posteriores, por lo que es muy difícil evaluar el verdadero valor agronómico de la aplicación de un compost, y menos aún pretender compararlo o asemejarlo a los fertilizantes químico-minerales (Tittarelli & Canali, 2002; Shimosono *et al*, 2008). La aplicación de compost al suelo no puede ser evaluada simplemente por sus efectos agronómicos a corto plazo, sino como una práctica agrícola sostenible (Tittarelli & Canali, 2002). Entre sus bondades para el suelo destacan (Golueke, 1982; Montanarella, 2002; Dorahy *et al*, 2006; Provin *et al*, 2007):

- Mejora la fertilidad, no sólo por el aporte de N, P, S y oligoelementos, sino que además pueden incrementar el pH en suelos ácidos mejorando la disponibilidad de nutrientes.
- Mejora la estructura, dando una mayor capacidad de aireación así como un mejor drenaje, captando mejor y más fácilmente el agua.
- Mejora la microbiota, pudiendo servir de supresor de plagas y enfermedades vegetales, incluidos los nematodos.
- Dependiendo del tipo de suelo puede incluso actuar como un corrector de la salinidad y conductividad. Además un suelo bien estructurado mejora la infiltración del agua de lluvia y la permeabilidad subsuperficial, lavando las sales solubles (Avnimelech *et al*, 1994).

Obviamente no todos los compost son iguales, comenzando porque uno de los factores más importantes e influyentes en la calidad de un compost es la materia prima a partir de la cual ha sido producido, junto con el modo en que se desarrolla el proceso de compostaje en la instalación de tratamiento. Pero este concepto de calidad en el compost, además de ser por sí muy subjetivo, está sujeto a distintos tipos de presiones e intereses. La calidad intrínseca del compost vendría dada por sus diferentes propiedades y características físicas (granulometría, capacidad de retención de agua, humedad, presencia de partículas extrañas, olor), químicas (contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contiene y presencia de contaminantes inorgánicos y orgánicos) y biológicas (presencia de semillas de malas hierbas, patógenos primarios y secundarios), pero hay otros criterios relevantes en cuanto a la evaluación de esta calidad intrínseca: el destino del producto, la protección del entorno y los requerimientos del mercado (¿son estos reales o manipulados?) (Soliva, 2000).

Figura 31.- Aspecto de un compost una vez completado el proceso.



La estrategia para conseguir una determinada calidad no puede separarse de un planteamiento global de la gestión de los residuos.

A la hora de aplicar compost al suelo se debe tener claro el motivo: como fuente de materia orgánica o como fuente de fitonutrientes. En el primer caso se busca principalmente mejorar la estructura, características y composición del suelo, y se recurre a un compost muy estable y con un alto contenido en materia orgánica. En el segundo caso se ha de conocer muy bien la composición en nutrientes (fundamentalmente nitrógeno) del compost, y su velocidad de mineralización, a la par que se tiene que conocer las condiciones del suelo donde se va aplicar y las necesidades de los cultivos.

Por ejemplo, en Alemania se consideran tres tipos de compost en función de cual vaya a ser su uso o aplicación: compost fresco, compost maduro y compost para macetas o semilleros; estableciéndose unos requerimientos y características para cada uno (Siebert *et al*, 2008). Como es evidente el tercero es el más exigente en cuanto a sus contenidos en nutrientes solubles y sales minerales, pero ello no obsta para que se comercialicen y utilicen los otros dos tipos de compost para mejora de suelos y fertilización.

1.8. Bibliografía

Avnimelech, Y. Shkedy, D., Kochva, M. and Yotal, Y. 1994. The use of compost for the reclamation of saline and alkaline soils. *Compost Science and Utilization*. 2, 6-11

Beffa, T.; Blanc, M.; Lyon, P.F.; Vogt, G.; Marchiani, M.; Fischer, J.L. & Aragno, M. 1996. "Isolation of *Thermus* strains from hot composts (60 to 82°C)". *Applied and Environmental Microbiology* 62 (5), 1723-1727

Dorahy, C.G., McMaster, I., Pirie, A.D., Muirhead, L.M., Pengelly, P and Chan, K.Y. 2006. Risks and benefits associated with using compost prepared from harvested aquatic weed for improving land condition in the Hawkesbury Nepean Catchment. *Final report prepared for the Department of Environment and Conservation (NSW)*, by the NSW Department of Primary Industries, Camden, NSW.

Easton, Z.M., Petrovic, A.M., 2004. Fertilizer source effect on ground and surface water quality in drainage from turfgrass. *Journal of Environmental Quality*. 33, 645-655.

Fermor, T.R.; Wood, D.A. & Lynch, J.M. 1989. "Microbiological processes in compost". *International Symposium of Compost Production and Use*. San Michele All'Adige, Italia, pp 282-300

Finstein, M.S.; Miller, F.C. & Strom, P.F. 1986. "Waste treatment composting as a controlled system". *Biotechnology*. Vol. 8. H.J. Rehm & G. Reed (eds.). VCH Publishers Inc., Weinheim. U.S.A., 363-398

Golueke, C.G. 1985. "Cycles of community waste composting". *Biocycle*, 26 (4): 32-35

Hassen, A.; Belguith, K.; Jedidi, N.; Cherif, A.; Cherif, M. & Boudabous, A. 2001. "Microbial characterization during composting of municipal solid waste". *Bioresource Technology* 80, 215-225.

Haug, R.T. 1980. "Compost Engineering. Principles and Practice". Ann Harbor Science Publishers Inc., pp: 655

MacGregor, S.T.; Miller, F.C.; Psarianos, K.M. & Finstein, M.S. 1981. "Composting process control based on interaction between microbial heat output and temperature". *Applied Environmental Microbiology* 41, 1321-1330.

Marrug, C.; Grebus, M.; Hassen, R.C.; Keener, H.M. & Hoitink, H.A.J. 1993. "A kinetic model of yard waste composting process". *Compost Science and Utilization* 1, 38-51

McKinley, V.L.; Vestal, J.R. & Eralp, A.E. 1985. "Microbial activity in composting. Part II". *Biocycle* 26, 47-50

Miller, F. C. 1992. "Composting as a process based on the control of ecologically selective factors". En: *Soil Microbial Ecology: Applications in Agriculture Environment Management*. Blaine-Metting, F. (Ed.). Marcel Dekker Inc., New York, 646 pp.

Montanarella, L. 2002. "Organic matter levels in European agricultural soils". En: *Biological Treatment of Biodegradable Waste – Technical Aspects*, Proceedings of the workshop. Langenkamp, H. & Marmo, L (Eds). pp. 223-237.

Nell, J.H. & Wiechers, S.G. 1978. "High temperature composting". *Water Science Afr.* 4, 203-212

Pérez Losada, C. 2000. "El compostaje. De técnica tradicional a tecnología moderna". *Jornadas sobre Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos*. Albeida de Iregua (La Rioja). Octubre

Plana, R. 2008. El compostaje de residuos orgánicos: Investigación del proceso a escala industrial y desarrollo de equipos experimentales para la determinación del sistema de tratamiento y protocolo de trabajo precisos para un desarrollo específico del proceso biológico. *Tesis Doctoral*. Universidad de Vigo, España, Dpto. de Ecología y Biología Animal. 373 pp

Provin, T.L.; Wright, A.L.; Hons, F.M.; Zuberer, D.A.; White, R.H. 2007. Seasonal dynamics of soil micronutrients in compost-amended bermudagrass turf. *Bioresource Technology* 99, 2672–2679

Sequi, P.; Tittarelli, F. & Benedetti, A. 2000. "The role of sludge in the reintegration of soil fertility". En: *Workshop on problems around sludge*. Langenkamp & Marmo (eds.) European Commission Research Centre, EUR 19657 EN, Stresa, Lago Maggiore, Italia. 18-19 Noviembre

Shimozono, N.; Fukuyama, M.; Kawaguchi, M.; Iwaya-Inoue, M.; Hossain Molla, A. 2008. Nutrient Dynamics Through Leachate and Turf Grass

Growth in Sands Amended with Food-Waste Compost in Pots. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39: 241–256

Siebert, S; Thelen-Jungling, M.; Mehres, B. 2008. Development of quality assurance and quality characteristics of composts and digestates in Germany. *ORBIT 2008*. 12 pp.

Soliva, M. 2000. El compostatge com activitat industrial aplicada a la gestió dels residus orgànics. *4ª Jornada Tècnica sobre la gestió dels residus municipals - El compostatge*. Barcelona, Diciembre

Soliva, M. & Felipó, M.T. 2002. “Organic wastes as a resource for Mediterranean soils”. En: *Biological Treatment of Biodegradable Waste – Technical Aspects.*, Proceedings of the workshop. Langenkamp, H. & Marmo, L (Eds). pp.249-272

Strom, P.F. 1985. “Effect of temperature on bacterial species diversity in thermophilic solid-waste composting”. *Applied and Environmental Microbiology*, vol. 50, nº 4, 899-905

Tang, J.; Kanamori, T.; Inoue, Y.; Yasuta, T.; Yoshida, S. & Katayama, A. 2004. “Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by the quinone profile method”. *Process Biochemistry* 39, 1999-2006.

Tittarelli, F. & Canali, S. 2002. “Maintaining soil organic fertility for a sustainable development of agriculture”. En: *Biological Treatment of Biodegradable Waste – Technical Aspects.*, Proceedings of the workshop. Langenkamp, H. & Marmo, L (Eds). pp. 238-248

Vietor, D.M., Griffith, E.N., White, R.H., Provin, T.L., Muir, J.P., Read, J.C., 2002. Export of manure phosphorus and nitrogen in turfgrass sod. *Journal of Environmental Quality* 31, 1731–1738

Waters A.G. & Oades, J.M. 1991. “Organic matter in water stable aggregates”. En: *Advances in Soil Organic Matter Research: The impact on Agriculture and the Environment*. W.S. Wilson (Ed.). Royal Society of Chemistry. Cambridge. Gran Bretaña. pp. 163-174.

World Bank. 1993. “Conserving Soil Moisture and Fertility in the Warm Seasonally Dry Tropics”. Srivastava, Tamboli, Ebglis, Lal & Stewart (eds.) Technical Paper 221. Washington DC. USA

2. GUÍA DEL AUTO COMPOSTAJE DOMÉSTICO

Introducción

La gestión más habitual de los restos orgánicos generados en las casas de zonas rurales se ha venido realizando tradicionalmente mediante alimentación animal para los restos de comida y por fermentación (generalmente en condiciones aerobias) para los demás materiales orgánicos residuales. El cambio de los hábitos de vida y consumo ha supuesto también una modificación en la forma de gestión de la materia orgánica residual generada en estas zonas hacia una externalización. Por tanto, el reintroducir el compostaje como técnica para el reciclado y aprovechamiento de los restos orgánicos no supone más que recuperar técnicas tradicionales introduciendo los conocimientos científicos y prácticos que sobre el proceso biológico de compostaje se han obtenido en el último siglo, optimizando tanto el proceso como el compost resultante.

Como ya se ha explicado en los puntos anteriores el correcto desarrollo del proceso de compostaje dependerá de mantener en los valores adecuados una serie de parámetros, independientemente de la escala a la que se esté realizando, doméstica o industrial. Sin embargo, en el compostaje doméstico o a pequeña escala se evidencia perfectamente la importancia de las buenas prácticas y conocimiento del proceso frente a las tecnologías y equipos que se comercialicen para tal fin.

El objetivo principal del fomento del compostaje doméstico, también conocido como autocompostaje, es el de retraer la materia orgánica del flujo de residuos urbanos que deben ser gestionados por el municipio o mancomunidad. La materia orgánica supone la fracción más problemática por su característica principal: su putrescibilidad. En caso de no realizarse bajo condiciones controladas (aunque sólo sea mínimamente) supondrá emisiones de malos olores, lixiviación, desarrollo de microorganismos patógenos, atracción de insectos, roedores y otros animales, etc... Además el que el resto de las fracciones reciclables (envases, papel y cartón, vidrio,...) estén en contacto con la materia orgánica dificulta y encarece su reciclado. Por tanto, la implantación de programas de compostaje doméstico supone no solo un abaratamiento de los costes de gestión de los residuos urbanos, si no también una simplificación de esta.

En el caso de comunidades remotas, o de difícil acceso, como es el caso concreto de Tarrafal en la isla de Santo Antão, la autogestión de la materia orgánica permite obtener un producto que favorecerá y potenciará la calidad agrícola del suelo donde se aplique. Si esto se asocia con las pequeñas huertas familiares de la zona, se estará potenciando la producción propia de verduras, hortalizas y fruta para el autoconsumo, incrementando la calidad de estos, combatiendo los efectos de la erosión y la desertización sobre el suelo, reduciendo la dependencia de alimentos del exterior, y transmitiendo una imagen de equilibrio y respeto al medio natural muy apreciada por los potenciales visitantes de países del norte que lleguen a la zona a modo de viajeros y turistas.

El éxito de cualquier actividad o proyecto de compostaje tiene un pilar fundamental en el conocimiento del proceso por parte de los responsables últimos, aquellos encargados de compostar los restos orgánicos. La capacidad de saber prevenir los problemas, diagnosticar el estado del proceso y sus condiciones, la realización de las mezclas de materiales más adecuadas, las acciones a realizar en cada momento, etc..., son las herramientas fundamentales ante el control del compostaje.

2.1. Los sistemas de compostaje doméstico

El sistema tradicional de compostaje a pequeña escala, descrito hace ya casi 1.000 años, era el de pilas o montones con volteos periódicos. Desde entonces hasta ahora han surgido diversas tecnologías para desarrollar aquel mismo proceso: desde las más simples (contenedores modulares que permiten la autoventilación del material), hasta los más sofisticados y tecnificados (sistemas cerrados dinámicos para volteos automáticos con elementos de medición y control de parámetros de proceso).

La elección del más adecuado a cada caso, evitando intereses comerciales, se debería basar principalmente en las cantidades de residuos que se generan diariamente, ya que la naturaleza de los mismos se supone que es muy similar: restos de comida y restos vegetales principalmente. En principio, para familias y pequeñas comunidades podrían emplearse montones o pilas sencillas, siempre y cuando haya un espacio suficiente fuera de la casa. El siguiente escalafón, cuando el espacio exterior del que se dispone es reducido serían los contenedores perforados, también conocidos como compostadores, que en algunos casos se han llegado a instalar en terrazas de pisos, pues correctamente manejados no deben

suponer mayores molestias ni riesgos sanitarios. Hay una gran variedad de tamaños en estos compostadores, y su forma alterna entre circulares, octogonales y rectangulares, bien de los que se comercializan en madera o plástico, hasta los que se hacen los propios usuarios empleando materiales reciclados como palets de madera, o incluso con materiales de obra (figura 32). Finalmente para grandes comunidades, complejos hoteleros, zonas residenciales, etc..., donde las cantidades de residuos que se generan son altas, la gestión y el manejo de los materiales residuales son realizados por terceras personas, y se desea evitar cualquier riesgo de afección ambiental, se suele optar por los sistemas más complejos y tecnificados, ya que ofrecen la ventaja de ser herméticamente cerrados, lo que reduce la presencia de insectos y la fuga de olores en el caso de que el proceso de compostaje se esté desarrollando de forma errónea. Normalmente son de forma cilíndrica, con una agitación mecánica de todo el conjunto, o sólo del material en su interior. Otras tecnologías los presentan como versiones reducidas de los conocidos como “compotúneles” o sistemas cerrados de compostaje que se emplean a escala industrial, tal y como se explica en el punto 1.7.1.3.

Figura 32.- Diferentes sistemas sencillos (no comerciales) para el compostaje doméstico. La imagen inferior derecha corresponde a pilas de compostaje en Santo Antao (Cabo Verde).



Nos centraremos en las necesidades y características de control del proceso para los sistemas más simples, pues aunque el éxito del manejo de cualquiera de ellos está directamente relacionado con los conocimientos del operario sobre el tema, en estos los errores y problemas de manejo siempre tienen consecuencias más evidentes.

2.2. El control del proceso de compostaje a escala doméstica

El tiempo y dedicación que se precisa para manejar el compostador, pila o montón de compostaje no supone un gran esfuerzo, siempre y cuando las buenas prácticas aquí comentadas se mantengan desde el primer momento. Así que lo primero es decidir en donde va a ser ubicada la zona de compostaje. Lo principal es que sea una zona protegida lo más posible de la luz directa del sol, así como de los vientos dominantes. Aunque lo ideal es que estuviera bajo cubierto para resguardarla de las lluvias fuertes, esto no es en absoluto imprescindible. En todo caso el usuario tratará de taparlo o protegerlo de la lluvia y del sol como le sea posible. En el caso de las pilas o montones empleando bien restos vegetales secos para cubrir la superficie de la pila (por ejemplo hojas de secas de gran tamaño), hasta telas plásticas de tipo saco o arpilleras, que permiten transpirar al material cuando el proceso esté activo, pero a su vez limita la cantidad de agua de lluvia que alcanza el material y la que se pierde por evaporación. En otros sistemas con paredes que limiten el espacio se puede poner una sencilla tapa.

Como herramientas lo más aconsejable es una horquilla que permite manejar fácilmente el material para los mezclados iniciales, los volteos y el acopio final.

Los tres parámetros o factores que van a ser clave y determinantes en el manejo del compostaje a escala doméstica son: la **operación de mezclado** inicial (junto con el aporte que se le vaya haciendo de nuevos residuos), el mantenimiento de la **humedad adecuada** y el mantenimiento de la **estructura porosa** de toda la mezcla de materiales. Pero también hay otras operaciones relacionadas con el compostaje doméstico que conviene que sean cuidadas.

2.2.1. Sobre la generación y almacenamiento del residuo

Estamos ante un sistema de tratamiento de la materia orgánica, por lo que es obvio que los únicos materiales residuales que podemos gestionar mediante el compostaje son los de naturaleza orgánica. Principalmente nos referiremos a restos de comida, pero también podemos incluir papel de celulosa (del que se usa en cocina) como restos vegetales. Plásticos, latas,

textiles o vidrios no podrán ser gestionados por compostaje, afectando negativamente además a la calidad del producto final.

Su almacenamiento en fresco, antes de depositarlo en el compostador, montón o pila que se haya dispuesto, no se debería prolongar más allá de dos a tres días, pues en climas como el de Cabo Verde comenzará a fermentar de forma incontrolada rápidamente, generando malos olores y atrayendo insectos. La forma más apropiada de almacenarlos es en un pequeño recipiente o cubo, con perforaciones en las paredes para que permita el paso de aire pero no de insectos, por lo que el diámetro ha de ser pequeño. Una tapa perforada, o incluso una malla del tipo mosquitera, permitirá tener el recipiente cerrado y libre de insectos. De ahí se lleva directamente a la pila o al compostador.

Se necesitará una o varias pilas o compostadores dependiendo de cuanto residuo se genere y del espacio que se disponga. Lo ideal sería constituir una pila o montón cada semana, para que el material que la forme tenga prácticamente el mismo tiempo.

2.2.2. Sobre la mezcla de materiales y la “alimentación” del compostador

Realizar correctamente la mezcla inicial de materiales es fundamental para que el proceso biológico se inicie o arranque desde el primer momento y la actividad de los microorganismos se prolongue en el tiempo necesitando tan sólo pequeñas intervenciones cada cierto tiempo. Para ello se deben garantizar que la mezcla sea homogénea, tenga una estructura porosa, y la humedad inicial sea la adecuada. Tanto para conseguir esa matriz porosa, como para equilibrar el balance de nutrientes, es conveniente incluir restos vegetales, preferentemente leñosos, pero en su defecto servirían los restos de los cultivos de caña. El único limitante, cosa que en Santo Antão no debiera resultar un problema, sería el exceso de césped, pues sus altos contenidos relativos en nitrógeno hacen que se descomponga por sí mismo rápidamente, por lo que no favorece el balance de nutrientes y pierde demasiado rápido la capacidad de actuar como estructurante.

Por tanto se precisan restos vegetales, que pueden ir desde restos de cultivo, a plantas ornamentales, pero preferentemente especies leñosas. La cantidad, o más bien, la proporción de mezcla respecto a la cantidad de restos de comida añadidos, dependerá del porte de las especies vegetales añadidas. Cuanto menos leñosas sean mayor cantidad será preciso aportar. La relación más adecuada sería de partes iguales (en volumen) entre los restos de comida y los restos vegetales cuando sean herbáceos, y de la

mitad de restos vegetales respecto a los restos de comida cuando sean materiales de porte leñoso (en volumen).

Tabla 27.- Características de la constitución inicial de la pila en función del tipo de restos vegetales de que se disponga.

Tipo de restos vegetales	Proporción de mezcla (volumen) de restos vegetales con los demás residuos	Altura máxima que puede alcanzar la mezcla
Herbáceo	Partes iguales	100 cm
Leñoso	Media parte vegetal por cada parte de otros	150 cm

Para el montaje de la primera pila o montón es recomendable constituir la por capas. Una primera de restos vegetales, sobre la que se depositará el volumen de restos de comida correspondiente, según la relación mostrada en la tabla anterior. La siguiente capa será de restos vegetales, y así sucesivamente hasta completar bien la pila, o bien la totalidad de los residuos que se pretendan compostar. Una vez completada se deben mezclar cuidadosamente todas las capas entre sí, removiendo el material. Lo más adecuado es desplazar el conjunto con la horquilla, reconstituyendo la pila al lado, o introduciendo los materiales en el compostador poco a poco.

En el caso de que se vaya a realizar una única pila donde se aporten todos los restos orgánicos generados en un período de tiempo determinado (por ejemplo una semana), para evitar acumular los restos de comida frescos en cubos o recipientes con los problemas ya comentados, se irán constituyendo las capas sucesivas de restos vegetales y de comida, pero sin mezclarlas y dejando siempre cubiertos los restos de comida por una capa de restos vegetales. Todas las capas se mezclarán cuando se considere completada la cantidad de residuos que se van a compostar.

La humedad inicial debe ser alta, por lo que será casi imprescindible ir aportando agua a medida que se formaban las capas, sobre todo en las de restos vegetales. En cuanto a la cantidad de agua a añadir más que una cifra exacta se debe vigilar el aspecto y consistencia de la mezcla. Debe humedecer la palma de la mano cuando se toque, pero en ningún caso debe llegar a chorrear o lixiviar. Si se hace correctamente la humedad de partida quedará establecida aproximadamente en un 60%.

En cuanto a la altura que debe alcanzar el montón, pila o mismamente la mezcla de materiales dentro del compostador también dependerá del tipo de restos vegetales de que se disponga. Si son herbáceos la altura no

debería ser superior a 100 cm. Si son leñosos se pueden constituir pilas de hasta 150 cm (tabla 27).

Una vez concluida la operación se debe cubrir o tapar la pila, montón, o el mismo compostador. Los principales motivos son: protegerlo de la luz solar directa pues afecta negativamente a los microorganismos, de los excesos de lluvia que pudiera taponar la matriz porosa, evitar la atracción de insectos, mantener la humedad y prevenir la emisión de los gases derivados de la fermentación de carne y pescado (principalmente amoníaco) que resultarían molestos. Como ya se ha mencionado se puede cubrir con hojas secas y restos vegetales, o con una tela de saco, arpillera, etc..., pero siempre que permita el paso de aire al interior de la pila. En el caso de no disponer más que de una lona de plástico se deberá perforar.

2.2.3. Sobre las operaciones de cuidado y mantenimiento

Una vez iniciado el proceso la actividad biológica de los microorganismos se empezará a producir un incremento de la temperatura del material. Este es el mejor indicativo de que el proceso se está realizando correctamente. Además permite la higienización, destruyendo los microorganismos patógenos que pudieran estar presentes en los restos de comida. Pero para garantizar que la totalidad del material pasa por las mismas condiciones de temperatura el tiempo suficiente, conviene voltear y remover el material periódicamente. Si la pila, montón o compostador está convenientemente cubierto se puede mantener sin voltear hasta tres semanas. Más de eso no resultará conveniente, ya que el calor generado provoca el secado paulatino del material, por lo que será necesario aportar agua a la mezcla para rehumectarla y mantener la humedad correcta.

Por tanto la operación de volteo debe ir acompañada por el riego del material, para que este recupere los niveles de humedad que se establecieron al principio (figura 33). Conviene que se preste especial atención y tiempo a esta operación para que la mezcla quede nuevamente homogénea.

La forma más sencilla de realizar el volteo sería mover la pila o montón, de esta manera se tiene que deshacer y volver a constituir, aprovechando para volver a humedecerla y homogeneizarla. En el caso de que se esté realizando en un contenedor o compostador la operación consistiría en vaciarlo y volver a llenarlo, o bien, si hubiera dos o más, introducir el material en el nuevo. En caso de disponer de espacio suficiente esta estrategia permitiría constituir una pila o montón nuevo donde estaba la inicial.

Figura 33.- Operación de volteo y riego de una pila.



Esta segunda pila, montón o compostador sería considerada como de maduración. Los cuidados requeridos serían diferentes ahora, pues la parte más activa del proceso ya se habría producido en las tres semanas anteriores. En el siguiente volteo de esta pila, que se realizaría al cabo de otras tres semanas, habría que fijarse en el estado del material. Aquí ya entran en consideración los conocimientos prácticos sobre el proceso, pues se debería juzgar cual es el estado del material y si se debería continuar el proceso durante más tiempo. El material debería tener un aspecto terroso en cuanto a su textura y color, con un olor no desagradable, como a tierra húmeda.

2.2.4. Sobre el tiempo de proceso

Se trata por tanto de un factor sobre el que se puede “jugar” dependiendo del destino final que se le quiera dar al compost que se obtenga. El grado de madurez del compost resultante será consecuencia no sólo de que se hayan mantenido las condiciones de proceso adecuadas, sino del tiempo total de proceso que se mantengan las mismas. Por regla general se deberían establecer seis semanas como tiempo de proceso, con uno o dos volteos, pudiendo prolongarse más tiempo si fuera necesario (siempre bajo las condiciones adecuadas), pues siempre favorecerá el obtener un compost más estabilizado y de mayor calidad. En todo caso no debería ser necesario llegar más allá de diez semanas.

2.2.5. Sobre el compost final

Como no todos los compuestos orgánicos son iguales al final del proceso habrá ciertos elementos que no se habrán degradado tanto como otros. No será extraño encontrar pequeñas ramas o fragmentos de madera, sin degradar completamente. Mientras que huesos y espinas de pescado no se verán afectadas por la degradación microbiana, por lo que estarán intactos al final del proceso independientemente del tiempo que dure (en márgenes razonables). Dependiendo de la cantidad de estos elementos no degradados y de cual sea el uso final previsto para el compost puede ser necesario cribarlo o no. Lo ideal sería cribarlo para lo que sería suficiente una bandeja perforada con agujeros de entre 10 y 20 mm de luz de malla. El material que no haya pasado por la criba, denominado “rechazo”, podrá ser utilizado para dar estructura en una nueva pila inicial.

El material más pequeño, denominado “hundido” será el compost, apto para su aplicación en cultivos de huerta, jardinería, cultivos ornamentales, etc... siendo lo ideal mezclarlo con la tierra.

En caso de que no se contemplara la opción de cribar el material su aplicación debería ser preferentemente de cobertera, una vez se le hubieran extraído los fragmentos de materiales inertes como huesos, espinas y piedras.

El uso continuado de compost permitirá mejorar no sólo los contenidos en materia orgánica (y por tanto en nutrientes) del suelo, también permitirá reducir las necesidades de riego y el consumo de agua. Otra ventajas añadidas es una mayor resistencia de la microfauna del suelo frente a plagas y enfermedades, lo que a su vez protege de estas a las plantas.

Para más información sobre las ventajas de compost se puede consultar el apartado 1.8.

II-4. SUB-PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS INERTES RECICLABLES

Introducción

La mayor parte de los residuos recogidos que no son de naturaleza orgánica fermentable, residuos aprovechables que cuentan con una larga tradición de reciclaje en numerosos países y que disponen de sistemas de recogida selectiva para garantizar la calidad del material y el máximo precio posible. La circunstancia de insularidad, no sólo de Santo Antão, sino de todo Cabo Verde y la ausencia de industrias recicladoras, hace inviable desde el punto de vista monetario el proceso de aprovechamiento. Sólo con un esfuerzo por parte de las instituciones, tanto locales como estatales, mediante el cual se consiga recoger estos materiales de forma selectiva, concentrarlos en cantidades elevadas para su venta y realizar una gestión muy hábil para conseguir un transporte barato y un precio de compra lo más alto posible, será posible la comercialización de estos residuos.

Por razones ambientales y dada la demanda internacional de estos materiales, debería investigarse las posibles líneas de ayuda para llevar a cabo el aprovechamiento de estos residuos.

1. LOS RESIDUOS INERTES RECICLABLES

El subprograma de residuos reciclables comprende los residuos celulósicos (básicamente cartón), plásticos, vidrio, metales y textiles que, con unas 1.630 t/año, son los más importantes en peso (tabla 28).

Tabla 28.- Estimación de los residuos reciclables de Santo Antão.

Materiales	Masa (t)
Papel y cartón	543,7
Plásticos	375,6
<i>envases</i>	154,6
<i>otros</i>	221,0
Vidrio	371,0
Metales	212,7
Textil	127,2
Total	1.630,2

Estos materiales reciclables podrían ser aprovechados siempre que se den una

serie de circunstancias que permitan su comercialización con la finalidad de ser reciclados. En el momento actual, estas circunstancias no se dan, por lo que para su aprovechamiento se deberían realizar una serie de tareas que, si bien desde el punto de vista ambiental pueden estar justificadas, desde el punto de vista monetario es posible que no lo sean.

La dificultad más importante que se presenta para el aprovechamiento de estos residuos, es la falta de industria recicladora en la isla e incluso, la ausencia de empresas o entidades dedicadas a la recuperación y comercialización de residuos. Ante esta dificultad, nos encontramos con materiales que tienen valor en el mercado, pero que su recogida, clasificación y transporte, implica unos costes superiores al precio que se puede pagar por ellos. Esta dificultad podría ir disminuyendo si se estableciese una estrategia de recuperación de estos materiales en otras islas, al menos en San Vicente, de cara a una comercialización conjunta cuando se alcanzasen las cantidades suficientes para su transporte por mar.

2. LA RECOGIDA SELECTIVA DE LOS RESIDUOS INERTES RECICLABLES

Los cinco materiales señalados: celulósicos, vidrio, metales, plásticos y textiles, cumplen con el primer requisito para su recogida selectiva: se generan en cantidades suficientes y son fácilmente identificables por parte de la población generadora de estos residuos. A su vez cuentan con una larga tradición de aprovechamiento para su reciclaje en numerosos países, incluidos algunos africanos relativamente próximos a Cabo Verde, aunque, por ahora, no se dan las circunstancias necesarias para su comercialización.

Como se especifica más adelante, los materiales celulósicos, en concreto el cartón, cuenta con las mayores posibilidades de aprovechamiento por lo que su recogida selectiva, como se señala a continuación, debería ser prioritaria. El resto de los materiales cuentan con menos posibilidades de aprovechamiento, no obstante lo cual, se indican aquí las líneas básicas de lo que podría ser, si llegara el momento de una posible comercialización, su recogida selectiva. En este caso, como se indica más adelante, la recogida selectiva descansa en la información que deberá darse a los habitantes de la isla, así como de la que deberá obtenerse de ellos mismos en relación a la comprensión y voluntad de participación en dicho sistema de presentación y recogida de estos residuos.

Los datos sobre cantidades recogidas que aquí se muestran, son sólo aproximaciones a la realidad, por lo que no deben ser tomados como algo

totalmente verosímil y estable. Las pruebas analíticas de cantidades y composición de los residuos sólidos urbanos que deberán ser practicadas en lo sucesivo y el aumento probable y deseable de la recogida de estos residuos a poblaciones que aún no cuentan con este servicio, irá mejorando y, probablemente, aumentando las cantidades que aquí se han tomado por referencia.

3. LOS MATERIALES CELULÓSICOS

De los cuatro materiales indicados, el cartón, que es el componente mayoritario de los residuos celulósicos, es el que cuenta con las mayores posibilidades de ser comercializado. Su recogida selectiva es relativamente sencilla, ya que se origina mayoritariamente en los comercios al desembalar los productos importados. La calidad del cartón analizado (*kraft gris*,...) es buena y su precio de mercado en España se acerca a los 100 €/tonelada, mientras que, el papel y cartón sin seleccionar la calidad *mezcla*, se sitúa entre los 60 y 70 €/tonelada. En su conjunto las 544 t estimadas que son recogidas anualmente, tendrían un valor aproximado de 38.000 € en España.

Solamente cuando se hayan encontrado canales de comercialización de estos materiales celulósicos, se deberá proceder a la elaboración de un plan de recogida selectiva de los mismos, así como de su preparación y almacenamiento hasta el momento de su venta a la empresa comercializadora o recicladora.

La recogida selectiva de estos materiales debe organizarse en función del origen de estos residuos y de la cantidad de los mismos. Como ya se indicado anteriormente, la mayor cantidad de los mismos procede del embalaje y deberán ser recogidos, una vez a la semana como máximo, a la puerta de los establecimientos generadores. Estimando que las cantidades generadas por el comercio, representan el 75%, en peso, de todos los materiales de esta naturaleza recogidos, nos encontraríamos con que anualmente se recogerían unas 400 t, lo que significa una media de unas 8 t semanales, cantidad suficiente para justificar una recogida selectiva.

El material sería depositado en el CENTRO DE TRATAMIENTO para su prensado y posterior depósito hasta su comercialización.

En el supuesto de ampliar la recogida selectiva de estos materiales hasta alcanzar la recuperación de los generados en los hogares, nos encontraríamos con otras 100 t anuales más que se obtendrían de la selección de papeles y cartones del contenedor mixto para la recogida del resto de los residuos

(vidrio, metales, plásticos, textiles y resto). En este caso, el prensado de los mismos debería ser aparte de los cartones procedentes del comercio, por su presunta peor calidad y menor valor de mercado (calidad *mezcla*).

En total, podría llegar a recuperarse en torno a un techo máximo de 500 t/año, lo que representa un volumen cercano a los 400 m³. El almacenamiento de los mismos durante todo un año podría ocupar una superficie de unos 150 m² y 3 m de altura. Sólo necesitaría una cubrición mediante un toldo para protegerse de la lluvia.

4. LOS PLÁSTICOS, METALES, VIDRIO Y TEXTILES

Como ya se ha señalado anteriormente, estos materiales presentan aún más dificultades para su comercialización que los residuos de papel y cartón. En unos casos por su escaso valor de mercado (vidrio y plásticos) y en otros (metales y textiles) por su escasa generación y estado de presentación. Por estas razones y de no ser que se encuentren vías para su comercialización o aprovechamiento en la isla, deberían ser recogidos junto con los otros residuos no aprovechables y depositados en el vertedero controlado proyectado en el CENTRO DE TRATAMIENTO .

En definitiva, si se opta por la recogida selectiva de los residuos sólidos urbanos de la isla, el modelo más lógico si las condiciones actuales no varían, sería la implantación de un nuevo contenedor de tamaño más reducido que los actuales (en torno a los 250 l) para la recogida selectiva de la materia orgánica fermentable y mantener el actual contenedor para el resto de los residuos.

5. UN CASO AISLADO: LA POBLACIÓN DE TARRAFAL

Este núcleo de población perteneciente al término municipal de Porto Novo, presenta unas características muy determinadas que se traducen en una serie de dificultades para aplicar en esta población de 870 habitantes, el PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS de la isla.

La escasa población y la práctica incomunicación, debido a la precariedad del camino que la comunica con los otros núcleos urbanos (cerca de cuatro horas en automóvil desde Porto Novo para una distancia de unos 45 km), son las dificultades mayores que se presentan para la aplicación del PLAN.

En la visita realizada a este núcleo de población, se pudo comprobar la existencia de sistema de recogida y la precariedad del sistema de tratamiento y destino final de los residuos, consistente en el depósito sobre un pequeño espacio relativamente próxima la población y la quema de los mismos cuando éstos son combustibles. No se realizó pesada alguna de los residuos recogidos ni análisis de composición, pero sí se pudo observar que la mayor cantidad de los residuos existentes en el incontrolado y pequeño vertedero, correspondían a envases de vidrio.

No obstante, estas dificultades no son irresolubles y ofrecen, por el contrario, una ocasión para poner a prueba el contenido propositivo del PLAN y, a partir de esta premisa, ofrecer una alternativa más respetuosa con el medio y más acorde con el sentido del PLAN que aquí se presenta. Esta alternativa es una ocasión extraordinaria para la aplicación de los Programas de Prevención de Aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos contemplados en este documento.

En primer lugar, debería aplicarse todo el rigor posible, el PROGRAMA DE PREVENCIÓN. En esta primera intervención se debe poner el énfasis máximo en la prevención de los residuos envases, potenciando al máximo el consumo de graneles y de envases retornables para relleno, sobre todo en lo referente a las bebidas (cerveza, agua,...).

Respecto a la aplicación del PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO, la estrategia a seguir debe centrarse en los residuos orgánicos fermentables, para lo cual debe divulgarse y aplicarse los contenidos de la Guía **de auto compostaje doméstico**. La abundancia de pequeños huertos familiares en la localidad facilitan una aplicación del compost obtenido como fertilizante o enmienda orgánica, en mejora de la calidad y productividad de los cultivos.

Para el resto de los residuos que no puedan ser objeto de ningún tipo de aprovechamiento según se contempla en este PLAN, deberían ser depositados en un recinto vallado. La acumulación de estos residuos, supuestamente inertes al no existir residuos orgánicos fermentables, deberá ser objeto de una evaluación periódica para, una vez establecido el ritmo de generación y composición de los mismos, investigar las formas más eficientes de su traslado al CENTRO DE TRATAMIENTO. En la evacuación de estos residuos, debe tenerse en cuenta y hasta que la comunicación por carretera no mejoren, la utilización de embarcaciones, incluidas aquellas que transportan mercancías hasta Tarrafal y que son desembarcadas mediante barcas de pequeño tamaño.

En cualquier caso, la aplicación del PLAN, tal como se ha señalado, en Tarrafal, debería ser objeto de un cuidado proyecto considerado como una experiencia piloto modélica para poblaciones de reducido tamaño y alejadas de otros los de población mayores.

III. PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS NO APROVECHABLES

Introducción

Este programa contiene las actuaciones que requieren la mayor atención debido a la importancia intrínseca del mismo por afectar a la mayor parte de los residuos y representar su ejecución, una inversión monetaria y una utilización de medios técnicos considerables. Nos referimos aquí al CENTRO DE TRATAMIENTO cuyo PROYECTO DE EJECUCIÓN da cuerpo a este PROGRAMA DE TRATAMIENTO Y DESTINO FINAL DE LOS RESIDUOS NO APROVECHABLES

Para el cálculo de los residuos a tratar en este centro, se parte de la cifra estimada de residuos recogidos en la actualidad, 3.241 t anuales (ver tabla 12 del CENSO DE RESIDUOS), a la que se aplica un margen de seguridad del 13 %, lo que nos da una cantidad inicial de partida, sujeta a variación según los escenarios establecidos, de 3.650 t/año ó 10.000 kg/día.

Dada la incertidumbre existente sobre la futura generación de residuos sólidos urbanos en la isla y la capacidad de recogida de los mismos, se ha elaborado una hipótesis de la evolución de estos parámetros, la cual ha permitido la elaboración de unos escenarios futuros y que son recogidos en la primera parte de este trabajo (CENSO DE RESIDUOS. Apartado 5.1. Planificación de la gestión del Centro de tratamiento).

El PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO, ha sido realizado por la empresa española AGROMED Consulting, SL, de forma coordinada con el resto de los trabajos que aquí se presentan.

Para la realización de este Proyecto, se ha visitado varias veces la isla y se ha estudiado con detalle las características geológicas, geomorfológicas, paisajísticas y ambientales del territorio sobre el que se ha proyectado la realización del vertedero controlado, edificios de diversos usos y otras instalaciones necesarias para el tratamiento de los residuos. Para ello se ha podido contar con la información de técnicos de Santo Antão sobre las características de este espacio, habiéndose contratado para la realización de los estudios geológicos sobre la naturaleza del terreno, a una empresa de ingeniería local: TOPOGEC, Lda. de Porto Novo.

De acuerdo con la legislación de Cabo Verde, se ha encargado a una consultoría de Praia, el necesario ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) del citado CENTRO DE TRATAMIENTO.

Este PROYECTO DE EJECUCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO PARA LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DE LA ISLA DE SANTO ANTÃO, consta de varios textos en tres volúmenes: Memoria, Pliego de condiciones técnicas particulares, Estudio de seguridad y salud y Anexos. La documentación del Proyecto, se completa con una exhaustiva colección de 43 planos que permiten una definición del mismo para poder pasar a la fase de ejecución de las obras.

En este PROYECTO, se contempla la construcción de un Vertedero controlado y una serie de instalaciones anexas para el correcto desarrollo de la gestión del CENTRO DE TRATAMIENTO, entre las que se incluye una instalación de captación de energía solar para la producción de electricidad que permita la autonomía energética del CENTRO DE TRATAMIENTO.

IV. MODELO DE GESTIÓN PARA EL DESARROLLO DEL PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS

El paso desde la situación actual de la gestión de los residuos de la isla a la gestión propuesta en este Plan integral, representa un cambio considerable tanto en lo que respecta al universo de los residuos a recoger como al sistema de recogida y tratamiento posterior. El Plan incluye también un completo Programa para la prevención y reducción de los residuos.

El Plan contempla todos los residuos sólidos que se generan en la isla (excepto los peligrosos industriales y hospitalarios que poseen legislación propia y tienen, o deberían de tener, sistemas específicos de gestión), y aborda su gestión sobre la base de su reducción y evitación a medio y largo plazo, y el máximo aprovechamiento posible a corto plazo. Para ello, el Plan integral se articula en varios Sub-programas relativamente independientes aunque lógicamente interrelacionados entre sí. El objetivo es alcanzar unos niveles altos de reducción y aprovechamiento que permitan reducir al máximo posible los residuos y su correspondiente impacto ambiental, y, como consecuencia de ello, disminuir los costes de gestión y prolongar la vida del vertedero controlado que se ha proyectado para Santo Antão.

Este objetivo de evitar al máximo el impacto ambiental que actualmente produce la gestión de los residuos en una isla de características naturales extraordinarias y gran belleza paisajística, se pretende alcanzar dentro de una lógica, tanto técnica como económica, aceptable pero que exige un alto grado de organización del nuevo sistema de gestión propuesto.

El sistema de gestión del PLAN INTEGRAL DE RESIDUOS DE SANTO ANTÃO, debe abordar los siguientes principios:

- ✓ El PLAN, tiene carácter integral, esto es: abarca la totalidad del territorio y de los residuos sólidos. Respecto a su tratamiento, se debe considerar integral dado que en él se contemplan todos los supuestos posibles: prevención, aprovechamiento y vertido controlado.
- ✓ Coordinación, las acciones, tanto preventivas, como de recogida y tratamiento, deben estar coordinadas en el espacio y en el tiempo, dentro de unos objetivos establecidos previamente. Esto implica en la práctica, entre otras cosas, la gestión integral de la recogida que deberá hacerse de forma centralizada en los tres Ayuntamientos, utilizando todos los vehículos disponibles en función de las necesidades que se presenten en el conjunto de la isla. Igualmente, se llevará a cabo todo lo relativo a la gestión de comunicación con la población, cobro de

tasas y gestión del CENTRO DE TRATAMIENTO.

- ✓ Subsidiariedad, se debe plantear la gestión sobre la base de la conservación de los recursos y el propio entorno insular, haciendo recaer los esfuerzos sobre todos los generadores de residuos, sean estos agricultores, industriales, comerciantes o simplemente vecinos consumidores.
- ✓ El PLAN debe contribuir ala mejora más o menos directa de los sectores agrícolas -aportación de abono de gran calidad (compost) y económicamente ventajoso- y turístico -turismo sostenible y mejora de la imagen insular-.
- ✓ Generación de empleo, esta es una de las consecuencias, que no objetivo, que se deben derivar de la correcta realización y gestión futura del PLAN.
- ✓ Costes económicos ajustados, es un objetivo ineludible que deberá estar siempre presente. EL PLAN permitirá reducir los costes actuales de gestión al adquirir carácter integral, y todo ello con una mejora ambiental y social considerable.

Estos principios y consideraciones exigen un modelo de gestión basado en una instancia de carácter representativo insular, de índole básicamente política, y una instancia del cometido fundamentalmente técnico.

Para conseguir estos objetivos, se propone la constitución de un **Organismo público** que estará constituido por una representación de los tres Ayuntamientos de la isla a través de sus Cámaras municipales. La forma de participación debería ser mixta, entre unitaria y proporcional a la generación de residuos, lo que obligaría a la presencia entre un mínimo y un máximo de representantes.

A partir de este **Organismo público**, se concretaría el modelo de gestión práctica del Plan a través de una entidad pública - sociedad anónima de capital público - que tomaría las decisiones de todo el conjunto del sistema de gestión de los residuos sólidos de Santo Antão.

ANEXO

1. CESIÓN DE BÁSCULA ELECTRÓNICA PORTÁTIL A LA ASOCIACIÓN DE MUNICIPIOS DE SANTO ANTÃO. DOCUMENTO DE CESIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA BÁSCULA

Proyecto: UB-CAP11-0500



La empresa **gea21** (Grupo de Estudios y Alternativas), con domicilio en Madrid, Puerta de Sol, 13 5º-5, C.P. 28013 (España) está realizando el trabajo "Apoyo a las Cámaras Municipales en la elaboración de Proyectos de gestión de residuos sólidos urbanos en Cabo Verde".

D. Amadeu Cruz, como Presidente da Associação dos Municípios de Santo Antão (AMSA) e alcalde del Municipio de Porto Novo, en Santo Antão, República de Cabo Verde.

D. António Monteiro Neves, Coordenador do Gabinete Técnico Intermunicipal (GTI) de la Associação dos Municípios de Santo Antão, (AMSA), con sede en Ribeira Grande – Santo Antão, República de Cabo Verde.

D. Alfonso del Val Rodríguez, con D.N.I. 2.476.479-T, en nombre y representación de **gea21**.

ANTECEDENTES,

La Asociación de Municipios de Santo Antão, con fecha noviembre de 2008, dirige a la Cooperación Española en Cabo Verde un documento en el que solicitan ayuda para la elaboración de un *Proyecto de Recolha, Tratamento e Acondicionamiento de Resíduos Sólidos* y declaran un consenso relativo a la construcción de un vertedero intermunicipal que sirva a toda la isla. Dicha asociación representa en lo referente a este proyecto la voluntad de las Cámaras de Santo Antão, siendo referente básico y colaborando activamente en el desarrollo del mismo.

gea21 ha sido adjudicataria por la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID) del Proyecto *Ayuda a las Cámaras Municipales en la elaboración de proyectos de gestión de residuos sólidos urbanos* (Referencia 09-CAP1-0500). Dicho Proyecto se centra en el estudio, propuestas de alternativas y realización del proyecto básico de un centro de tratamiento para la gestión de residuos sólidos urbanos en la Isla de Santo Antão, República de Cabo Verde.

Dado que en la isla no existe, a fecha de la realización de este Proyecto, báscula o balanza capaz de realizar esta labor imprescindible para el estudio abordado, ha resultado necesario la adquisición de una báscula electrónica portátil, que permita la pesada de camiones de recogida de residuos, a fin de poder conocer el peso de los mismos.

La Asociación de Municipios de Santo Antão manifiesta su interés en contar con una báscula capaz de pesar camiones de hasta 40 toneladas como elemento valioso en la consecución de sus fines y cometidos.

Es voluntad de **gea21** al término de estos trabajos, ceder la referida báscula como aportación de la cooperación española a la Asociación de Municipios de Santo Antão, para sus fines y cometidos con arreglo a las cláusulas que se recogen en este documento.



[Handwritten signature]
GRUPO DE ESTUDIOS Y ALTERNATIVAS

Proyecto OR-CAMU-02010



En consecuencia **acuerdan:**

gea2i cede en propiedad y la AMSA recibe la báscula cuyas características son:

- Dos plataformas, de la marca DiniArgeo, modelo WWSC 10T de dimensiones 500 x 400 mm.
- Un ordenador indicador electrónico, de la marca DiniArgeo, modelo DFWKR, con maletín de transporte.
- Elementos de conexión y alimentación de dichos equipos.

Conforme a las siguientes **cláusulas:**

1. Dicha báscula (ordenador y plataformas) no se podrán vender ni transferir.
2. La AMSA se compromete al cuidado y mantenimiento de estos equipos.
3. Estos equipos estarán siempre a disposición de **gea2i** mientras dure el trabajo de cooperación antes citado.
4. Estos equipos estarán a disposición de la AECID siempre que sean necesarios en el desarrollo de los proyectos citados en la isla Santo Antão.

Y para que así conste, tanto el proceso de cesión como el de aceptación aquí reseñado, firman el presente documento en Porto Novo, a día 9 de marzo de 2010, los señores D. Amadeu Cruz alcalde de Porto Novo e Presidente da AMSA, D. Antonio Monteiro Neves y D. Alfonso del Val.



D. Amadeu Cruz

D. António Monteiro Neves

D. Alfonso del Val

2. CRITERIOS DE AHORRO

- *Ahorro de agua*

La medida más elemental es dejar siempre los grifos bien cerrados y evitar cualquier fuga. Una gota por segundo equivale a unos 200 litros a la semana.

Reutilizar al máximo el agua usada. La de lavar verduras, de la ducha y de los aclarados de la lavadora y lavavajillas es apta para regar el jardín o la terraza.

Recoger el agua de lluvia en un depósito.

Utilizar preferentemente la ducha al baño, se consume entre 5 y 20 veces menos agua.

Instalar mecanismos de ahorro de agua en:

- La cisterna es generalmente, donde se produce el mayor consumo de agua en el hogar. Existen dosificadores de agua que permiten realizar una descarga con menor volumen de agua que la otra, éstos vienen incorporados a las nuevas cisternas o se pueden instalar en las que ya tenemos (cuestan unos 30€.). En su defecto introducir una o dos botellas de plástico llenas de agua en la cisterna.
- Los grifos, fundamentalmente en la ducha (hay que cambiar el cabezal), basados en la reducción de la presión y en la mezcla de agua y aire que permite ahorros muy elevados de agua (hasta e 71% en la ducha).
- Los grifos monomando facilitan la mezcla de agua caliente y fría y permiten un cierre rápido y cómodo.

En la piscina: mantener limpios los circuitos, filtros y válvulas. Limpiar bien, recogiendo las hojas y otros residuos con un cazamariposas. Cubrir por la noche o cuando no se vaya a usar, con una tela de mosquitera. Mantener los bordes (que deben estar elevados) de la piscina limpios (evitar el césped). Cuánto más limpia mantengamos el agua menos necesidad de cambiarla tendremos.

Llenarla siempre por la noche, lavando el vaso con el detergente mínimo necesario para no contaminar el agua y tener que cambiarla. El éxito del tratamiento químico del agua y su limpieza son la clave para el ahorro de agua. Informarse bien sobre los productos químicos. Para la alcalinidad:

1kg de bicarbonato sódico por 10.000 litros de agua (el pH se situará entre 7,4 y 8,2).

En el jardín, (ver apartado “EL JARDÍN”).

- ***Ahorro de energía***

Aislamiento, imprescindible en nuevas construcciones en las que se deberán incorporar también los criterios de orientación, los sistemas de ventilación y la protección solar, así como los sistemas de captación solar térmica, fotovoltaica y, si es posible, eólica.

En construcciones antiguas debemos proteger del sol directo (toldos, persianas, parasoles...), pero sin impedir la ventilación entre el protector y la fachada o ventana. Aislar las paredes siempre que sea posible y desde el exterior, que deberán ser de colores claros, instalar doble acristalamiento y proteger lo más posible de la luz las habitaciones (la luz se convierte en calor) son, junto con la correcta ventilación nocturna, los consejos básicos para lograr un confort sin consumo energético.

- ***Acondicionadores de aire.***

Estos electrodomésticos están convirtiéndose en los aparatos domésticos de mayor consumo eléctrico en Canarias. Una vivienda de techos altos, en los que se pueden colocar ventiladores cenitales, con buen aislamiento en sus paredes, protegida del sol con toldos y persianas y bien ventilada a partir del anochecer, es el mejor sistema para disponer de un buen ambiente. Nunca debemos olvidar que, además del sol, también la luz, cuando entra en una habitación, se convierte en calor (efecto invernadero), por lo que la oscuridad es el sistema más sencillo de aislamiento. En Canarias estas medidas son prácticamente suficientes para mantener una casa a una temperatura de confort de 25°C -26°C.

En caso de decidir la instalación de acondicionadores de aire para alcanzar el confort deseado, es conveniente tener presente los siguientes criterios:

Criterios de uso:

- El funcionamiento de estos aparatos se basa, como en los frigoríficos, en la evaporación de un gas que da lugar al enfriamiento.
- Hasta 1995, año a partir del cual quedó prohibida la fabricación e importación en la UE, este gas era un compuesto

de cloro – flúor – carbono (CFCs), extremadamente dañino para la capa de ozono. Por esta razón los aparatos antiguos que contengan este gas deberán cuidarse en extremo. Cualquier fallo en le rendimiento (menor refrigeración) puede ser debido a fugas del gas refrigerante. Vigilar y llamar al técnico inmediatamente.

- Para evitar enfriamientos nunca nos situaremos delante del aparato, dado que la temperatura del aire a la salida está entre 10°C y 15°C, ni tampoco bajar de una temperatura ambiente de 25°C. Nunca debe existir más de 12°C de diferencia entre el exterior y el interior refrigerado. Por cada grado menos, aumenta el consumo en un 8%.
- Las lamas del aparato deben situarse de forma que difundan el aire frío a toda la habitación.
- El mejor lugar para instalarlo es el más próximo al techo.
- Es conveniente contar con un termómetro fuera y otro dentro para saber cuando debemos ventilar, al descender la temperatura exterior, y prescindir del acondicionador de aire.
- El aparato debe tener termostato con el que se pueda regular la temperatura que deseamos. En caso de que sólo cuente con varias posiciones (máximo, medio, bajo...), es preciso adquirir un termostato de ambiente y situarlo lejos de focos de calor (se pueden adquirir por menos de 50€).
- No usar el aparato si no se usa la habitación. Debemos dejar la estancia cerrada y a oscuras.
- Se deben revisar y limpiar periódicamente los filtros.
- Al final de su vida útil, entregar a un gestor autorizado de residuos peligrosos que garantice la extracción del gas refrigerante y su tratamiento adecuado, además de aprovechar los demás componentes.

Crterios de adquisición

Básicamente se reducen a conocer bien las necesidades de refrigeración: metros cúbicos a enfriar (multiplicar los metros

superficiales por la altura de la habitación) de lo que se deducirán las frigorías del aparato; la temperatura que deseamos alcanzar; y el nivel de ruido que estamos dispuestos a soportar.

Sólo contamos, por ahora, con la “etiqueta energética” de la UE para poder seleccionar el aparato más conveniente.

- Etiqueta energética

Vigente y obligatoria en todos los aparatos desde el 1 de enero de 2003 (Directiva 2002/31/CE) nos permite, dado el elevado consumo de electricidad, seleccionar el más eficiente y el de menor nivel de ruido. Los siguientes apartados nos informan de:

I. Nombre y marca comercial.

II. Identificación del modelo.

III. Clase de eficiencia energética del modelo o de la combinación del modelo, indicada por la letra contenida por la punta de flecha. La clase A es la de máxima eficiencia y la G la de mínima.

IV. Símbolo de haber sido concedida la etiqueta ecológica, aunque actualmente estos aparatos no se encuentran entre los susceptibles de ser distinguidos con la etiqueta ecológica europea.

V. Indica el consumo de energía, calculado con la potencia total de entrada multiplicado por una media de 500 horas en modo refrigeración a carga total. Hay que tener cuidado si se van a sobrepasar esas 500 horas al año (equivalentes a poco más de una hora diaria), ya que entonces el consumo sería muy superior (el año tiene 8.760 horas).

VI Capacidad de refrigeración, a carga completa en kW.

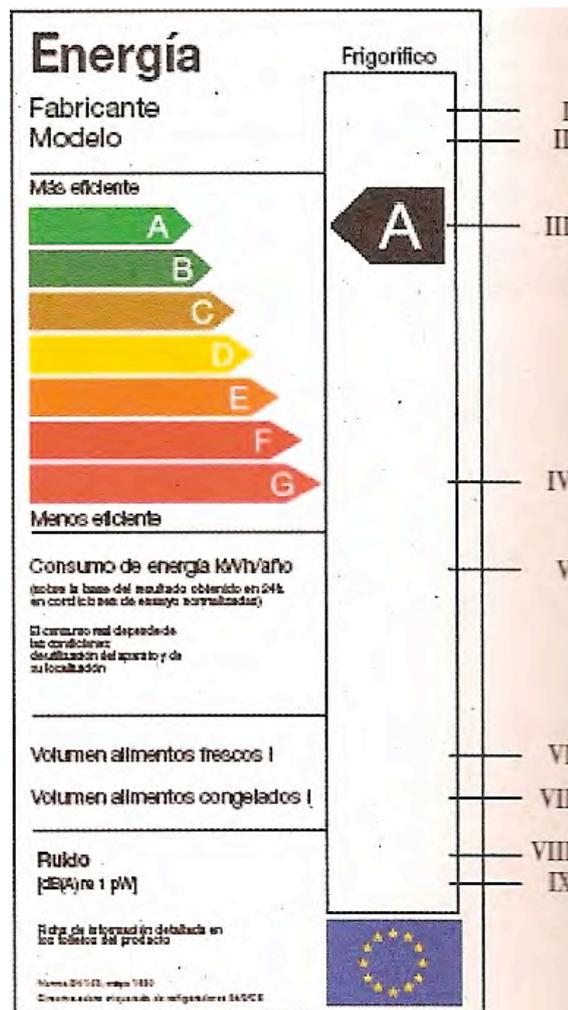
VII. Índice de eficiencia energética del aparato en modo de refrigeración a carga completa.

VIII. Tipo de aparato señalado por la flecha.

IX. Modo de refrigeración por aire o por agua según indica la flecha.

X y XI. Sólo para aparatos que también tengan capacidad de calefacción: Potencia en Kw a carga completa (X) y clase de eficiencia energética en modo calefacción, tiende la A las más eficiente y la G, la menos.

XII. Nivel de ruido en un ciclo normal medido en db(A).



- ***Los distintivos ecológicos de ámbito internacional***

Permiten distinguir empresas, productos y servicios por su mayor calidad ambiental, aunque dada la gran variedad de ellos y su relativa poca extensión no son todo lo operativos que de su naturaleza pudiera pensarse. Dada la dificultad de adquirir estos productos en Santo Antão, se señalan

aquí los de ámbito europeo en general (UE) y algunos nacionales muy extendidos en sus respectivos países.

- ***Logotipo europeo de agricultura ecológica***

Es el distintivo de la UE para la agricultura ecológica europea, se concede bajo los mismos requisitos en todos los países (Reglamento (CEE) 2092/91 y posteriores modificaciones). El logotipo es único en toda la UE.



- ***Etiqueta ecológica de la Unión Europea (la flor)***

Este distintivo se encuentra muy extendido en los diferentes países de la UE y se puede encontrar en numerosos productos importados (en 2004 más de 118 licencias, 19 categorías de productos, varios centenares de productos y más de 15 millones de artículos, se mostraban a la venta con la etiqueta ecológica europea.

Para más información:

<http://www.aenor.es>

ecolabel@cec.eu.int

- **FSC *Forest Steward Council***

Este logotipo, *FSC*, responde a una iniciativa internacional a cargo de una ONG sin ánimo de lucro con oficina central en Oaxaca (Méjico). Se otorga desde 1993, a los productos de madera que provengan de árboles gestionados respetando unos criterios ambientales, sociales y económicos



- **EMAS (*Reglamento 761/2001 de la UE*)**

De ámbito europeo, se crea en la UE en 2002.

La acreditación se obtiene al implantar en la empresa un sistema de gestión ambiental según se establece en el Reglamento (CE) 761/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo (Anexo 1). Sistema que deberá ser evaluado periódicamente de forma objetiva, en cuya evaluación deberá participar activamente el personal de la empresa, debidamente formado, y comunicar al público los resultados.

Esta acreditación complementa al etiquetado de productos y pretende ofrecer una garantía previa concedida al sistema productivo. Puede resultar, si se utiliza correctamente y se generaliza en las empresas, un avance en la mejora ambiental.



- **Norma ISO 14001.** Indica un proceso de elaboración cumpliendo la norma **ISO 14001** de calidad ambiental que garantiza el bajo impacto ambiental en su producción y utilización (ingredientes naturales, biodegradabilidad...).
- ***El Cisne Blanco***

Etiqueta ecológica de los países nórdicos (Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia) otorgada, desde 1989, por el Consejo Nórdico a los productos que cumplan una serie de requisitos. Para su concesión se estudia el Ciclo de Vida (ACV) o ecobalance completo del producto: consumo de recursos naturales y energía y emisiones al suelo, agua y aire. Se otorga a 44 categorías de productos.

Para más información: jca@ecolabel.no



- ***Distintivos de ámbito nacional europeo***
 - ***El Ángel Azul***

Etiqueta ecológica alemana, la primera creada en el mundo en 1978. Se otorga, por parte del Ministerio de Medio Ambiente Alemán, a los productos que cumplen una serie de requisitos ambientales. Se han otorgado más de 4.000 etiquetas correspondientes a 70 categorías de productos. Más de la mitad de las etiquetas corresponden a pinturas y barnices, lámparas de gas de bajo impacto ambiental, productos para el tratamiento de aguas y papel reciclado. más información: wolfgang.lohrer@uba.es



- Umweltbundesamt

Etiqueta ecológica austriaca que concede la Agencia Federal de Medio Ambiente desde 1994. Los requisitos exigidos para su concesión se refieren al consumo de recursos naturales; toxicidad; embalaje, transporte y distribución; residuos; calidad, seguridad, durabilidad y facilidad de reparación. Se concede a 33 categorías de productos.

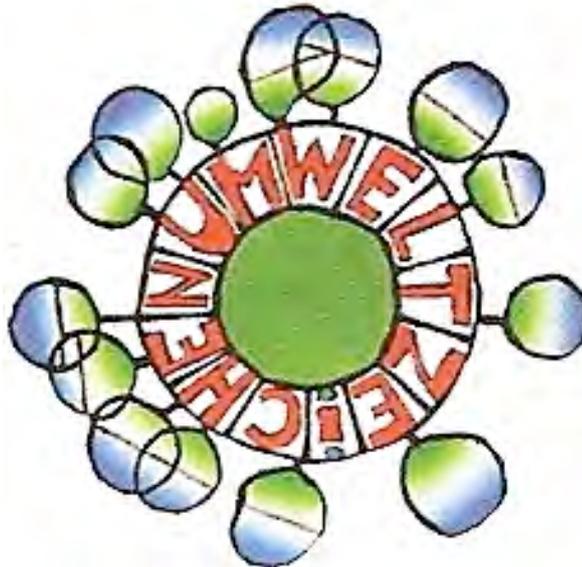
Para más información: Umweltbundesamt

Federal Environment Agency Ltd.

Spitttenlauer Lände, 5

A-1090 Wien, Austria

Teléfono: 43-1-31304-0/Fax: 43-1-31304-5400



- NF-Environment

Etiqueta ecológica francesa, se concede desde 1991 por AFNOR (Asociación Francesa de Normalización). Se otorga a cinco categorías de productos.

Para más información: www.afnor.org

**- Milieukeur**

Etiqueta ecológica holandesa, existente desde 1992. La otorga una organización independiente, “Sitching Milieukeur”, a los productos que cumplen unos requisitos en relación con el consumo de recursos, reducción y reciclado de residuos, protección de los ecosistemas y de la biodiversidad. Se otorga a 54 categorías de productos.

Para más información: www.milieukeur.nl

<http://www.smk.nl/nl/s357/SMK/Programma-s/Milieukeur/c324-Milieukeur>



- AENOR Medio Ambiente

La concede desde 1993 la Asociación Española de Normalización (AENOR). Para la concesión se analiza el “Ciclo de vida del producto” (ACV): Fabricación, distribución, consumo y gestión de los residuos, valorando su incidencia ambiental sobre suelo, aire y agua.

También concede una versión de la etiqueta denominada “AENOR Medio Ambiente Servicios”, a los Centros de recogida de papel y cartón (28 etiquetas concedidas) y a las instalaciones de desguace y reciclaje de automóviles.

Para más información: <http://www.aenor.es>



3. PRODUCTOS DE LIMPIEZA NO PELIGROSOS

- ***Productos de limpieza y desinfección alternativos***

- Criterios generales.

Alternativas, basadas en la utilización de productos naturales y tradicionales no agresivo ni contaminantes, a los productos de limpieza a base de álcalis y ácidos industriales.

Productos de limpieza y desinfección alternativas

NATURALEZA/FINALIDAD	PRODUCTO
Limpiador alcalino	Hidróxido sódico, hidróxido potásico, bicarbonato sódico
Limpiador ácido	Ácido cítrico, ácido acético, ácido peracético
Tensioactivo	Jabones elaborados con grasas naturales
Desengrasante	Ácido cítrico, ácido acético
Secuestrante	Citrato de sodio, aluminosilicato de sodio
Desinfectante	Ácido acético, peróxido de hidrógeno, ácido peracético, peróxido de sodio, sulfato sódico, propanol

Fuente: CCOO.

Para más información: *Guía sindical para la eliminación de tóxicos del sector de limpiezas*. CCOO Madrid, 2003, 59 pags. De donde se ha tomado este cuadro.

Productos naturales y tradicionales

Se obtienen buenos resultados en la limpieza y abrillantado usando productos naturales tradicionales: zumo de limón o ácido cítrico, vinagre o ácido acético, bórax, bicarbonato sódico y alcohol de quemar.

Limpieza: emplear vinagre diluido en agua (o esencia de vinagre o ácido acético, una parte por dos de agua), humedeciendo con la mezcla un paño y limpiar (suelos y superficies duras); unas gotas en el agua de lavar la vajilla reduce el consumo de detergente y se logra más brillo. Para suelos es muy eficaz el jabón de escamas tradicional así como la lejía de ceniza de leña.

- Plásticos: es muy eficaz el alcohol de quemar.
- Bañera y lavabo: con tiza mojada se limpia y desinfecta.
- Inodoros: vinagre dejándole actuar y bicarbonato sódico. No utilizar lejía, elimina las bacterias que son imprescindibles para la biodegradación de los residuos fecales.
 - Desagües: generalmente es suficiente con una bomba de ventosa; algo más fuerte es una mezcla de sosa con sal, a partes iguales, se echa en el desagüe y a los treinta minutos se vierte lentamente agua hirviendo.
 - Filtros: mantener en vinagre varias horas.

- Grifos: se limpian de cal con un paño humedecido en una mezcla de esencia de vinagre (una parte) y agua (dos partes) dejando actuar 12 horas. Se limpian y abrillantan con alcohol de quemar.
- Metales: suele ser suficiente limpiarlos con vinagre puro. De forma más específica: el oro con zumo de cebolla, dejándolo actuar varias horas antes de abrillantar; la plata encuentra en la pasta de dientes el limpiador más eficaz, también se limpia con pieles crudas de patata. Los objetos de cobre se limpian frotándolos con una cebolla partida por la mitad, mientras que los cromados recuperan su brillo con vaselina y después lavándolos con agua caliente, el brillo aparece al secarlos.
- Limpiadores de hornos: bicarbonato sódico disuelto en agua, dejar actuar y limpiar.
- Vidrios (ventanas, mesas,...): nunca se deben limpiar con sol. Tres cucharadas de alcohol en un recipiente con agua, para su limpieza; como abrillantador, una cucharadita de sal. Si el vidrio está muy sucio, emplear cebolla. También se limpian con una mezcla de vinagre y sal.
- Mármol: mezclar zumo de limón y detergente, secando bien para evitar la corrosión del limón. Las manchas de aceite se quitan con tiza disuelta en agua mezclada con bórax, aclarando bien y secando posteriormente.
- Los polvos limpiadores: se sustituyen con eficacia por una mezcla de bórax o bicarbonato sódico con agua.
- Abrillantadores: para madera y similares: los arañazos se eliminan con aceite de oliva y vinagre a partes iguales, también se abrillanta con zumo de limón, dejando la mezcla reposar 12 horas. El brillo a la madera se devuelve también con aceite de oliva y unas gotas de vino tinto. Para suelos, usar cera de abeja o una gamuza sobre la que se ha frotado una pastilla de jabón de glicerina.
- Los trapos del polvo aumentan su eficacia si se lavan con agua y unas gotas de glicerina.
- Ambientadores: utilizar aceites esenciales o esencia de pino, limón de hierbas, vinagre. También plantas (aromáticas): en la cocina geranios y albahaca; en el baño: helechos y potos; en el salón: cintas, ficus y rododendro.
- Desodorizadores: Para evitar el olor a pescado, quemar una cáscara de limón (o mandarina) en el momento de generarse el olor. El frigorífico se desodoriza dejando abierto un paquete de bicarbonato sódico. En el cuarto de

baño usar esencia de limón o pino que absorbe el olor a amoníaco de la orina.

- Uno o varios recipientes con agua sirven para que ésta absorba los olores y purifica la habitación.

Direcciones de productos alternativos de limpieza con bajo impacto ambiental durante su fabricación y uso.

Productos ECOVER:	Esta empresa belga fabrica una gama amplia de productos de limpieza: detergentes para ropa y vajillas, limpia vidrios, multiusos, quitamanchas... www.ecover.com
Productos ECO LINO	Fabricados cumpliendo la norma ISO 14001 de calidad ambiental que garantiza el bajo impacto ambiental en su producción y utilización (ingredientes naturales, biodegradabilidad...) El Catálogo de productos, similar en variedad a los ECOVER, se puede consultar: www.ecolino.be Distribuidor en España: Luz de Vida, Carretera Los Planes, Km 4, nave 4, 71505 S. Gregoric (Girona). 972 42 86 85
Productos SODASAN	Fabricados en Alemania con ingredientes naturales, cuentan con una docena de productos de limpieza. Dirección: Tef.: 04499-8848/ Fax: 0449-2166 Hauptstr. 18D-2913 Nordloh
Productos "almacabio"	Fabricados en Alemania con ingredientes vegetales, son totalmente biodegradables según se anuncia en su etiqueta en la que figura la composición. Se encuentran en herboristerías. Son fabricados por HEDERA-NATUR, 1-39100 Bozen-Bolzano Südtirol

Sistemas y prácticas alternativas a los insecticidas

- Evitar dejar restos de comida, sobre todo en el suelo.
- Instalar "mosquiteras" en ventanas y puertas.
- Evitar encender la luz por la noche en habitaciones sin esta protección.

- Las “moscas” se van solas si antes de ponerse el sol, cuando aún queda un pequeño rayo de sol que penetra en la vivienda, se cierran todas las puertas y ventanas por un momento, dejando la casa a oscuras menos la pequeña rendija por la que aún penetra el sol, las moscas se irán por ella.
- Se evita la entrada de “moscas y mosquitos” situando plantas o ramilletes de albahaca en las ventanas; también con ramilletes de clavo, romero, tomillo, ruda y poleo.
- Pintar de azul los marcos, puertas y ventanas.
- Situar bolsas de plástico transparentes con agua en ventanas y puertas. No penetrarán moscas, mosquitos y otros voladores. El mismo efecto se consigue con lociones repelentes a partir de aceites esenciales de saúco, lavanda, eucalipto, limón, melisa o geranio (estos dos últimos muy efectivos para ahuyentar mosquitos). También quemando barritas de incienso, mirra u otras resinas naturales, o cociendo canela y clavo en agua a fuego lento, se ahuyentan los mosquitos.
- Las “polillas” se evitan colocando un saquito con cortezas de limón seco y lavanda. Más efectivo resulta el siguiente cóctel: cuatro partes de pétalos de rosas rojas, tres de clavel, dos de lirios, dos de granos de cilantro, uno de raíz de junco oloroso en polvo y medio de benjuí. Poner todo junto en bolsitas. También es muy efectivo el aceite de madera de cedro o, en su defecto, virutas de cedro en un saquito. Nunca usar naftalina o paradiclorobenceno, son tóxicos, irritantes y contaminan aire y aguas.

4. PINTURAS Y BARNICES. PRÁCTICAS Y PRODUCTOS RECOMENDADOS

- *Criterios de uso*

Procurar siempre la utilización de productos naturales, tal como se señala más adelante. En caso de decidirse a utilizar pinturas y barnices industriales adquirir los fabricados con disolventes vegetales e ingredientes naturales. Utilizar productos reconocidos por su eficacia y baja toxicidad (etiqueta ecológica).

Preferir siempre las pinturas al agua en lugar de las que tienen de base aceite y disolventes orgánicos.

Calcular bien la cantidad a usar para evitar que nos sobre.

Abrir el bote con cuidado para evitar que se dañe el cierre y no podamos cerrar éste de forma hermética una vez abierto. Cerrar bien el recipiente,

si es metálico y con tapa apretar sin golpear con objetos metálicos, si acaso colocar una tabla y golpear sobre ésta.

Dejar la pintura restante en bote bien cerrado y depositar éste al revés (tapa tocando la estantería). La propia pintura o barniz evitará que entre aire y no se secará.

Los restos de pintura son residuos peligrosos que debemos llevar a lugar seguro (puntos limpios, droguería...).

- ***Tratamientos y recubrimientos naturales tradicionales***

El aceite de linaza, crudo o con secante (secado más rápido) es el protector más natural y efectivo para maderas exteriores e interiores que no tengan pintura previa, también para recubrimientos de corcho, linoleum, arpilleras y otros productos vegetales.

El disolvente más común es el aguarrás, cuyo ingrediente básico es la esencia de trementina (extraída de la resina de pino).

La cera de abeja es un excelente protector para maderas y muebles, permitiendo un acabado extraordinario por su tenue brillo y textura se puede aplicar diluida, al baño maría, con aguarrás (cuidado con éste y el fuego). Para madera de roble, hervir agua (2/3) y cera (1/3) añadiendo dos cucharadas de azúcar, la mezcla se aplica a pincel y se frota con paño de lana.

Para fachadas exteriores, la pintura de cal (lechada de hidróxido cálcico y agua) es antiséptica, fácil de aplicar y muy útil en Canarias para favorecer la reflexión de los rayos de sol, evitando el calentamiento de los muros. También la mezcla de las pinturas con cola natural o caseína, las convierte en impermeables y más duraderas.

- **Criterios de adquisición**

Existen en el mercado español pinturas y barnices fabricados con ingredientes naturales, incluidos los disolventes, tanto para interiores como para exteriores, contando con la etiqueta ecológica de la UE algunos de los productos fabricados en España.

- **Etiqueta ecológica:** se concede a las pinturas y barnices que cumplan, entre otros, los siguientes requisitos:
 - Tener un contenido en pigmentos blancos, no superior a 38 g por metro cuadrado de la pintura seca.

- Limitación de emisiones contaminantes durante la fabricación de dióxido de titanio, según valores determinados.
 - Contenido limitado, según pinturas, de compuestos orgánicos volátiles (COV) y de los hidrocarburos aromáticos volátiles en particular.
 - No contener ninguno de los metales pesados siguientes: arsénico, cadmio, cromo VI (exavalente), mercurio y plomo.
 - No podrá contener ningún ingrediente clasificado como: “muy tóxico”, “tóxico”, “carcinógeno”, “mutagénico”, “tóxico para la función reproductiva”, “tóxico para los organismos acuáticos”.
 - No podrá contener alquilfenoletilados (APEO) ni éteres de glicol.
 - No superar el contenido en compuestos de isotiazolinona en 500 ppm (partes por millón) y el de la mezcla de tres de ellos en 15 ppm.
 - No superar los 10 mg/kg en el contenido de formaldehidos.
 - Alcanzará un rendimiento mínimo (con un poder de cubrición del 98%) de 8 m² por litro de producto, así como una “resistencia al frote húmedo” (lavado) determinada según normas específicas.
- ***Direcciones de productos recomendados con bajo impacto ambiental en su fabricación y utilización.***

Son los fabricados por industrias que utilizan en su totalidad o en su mayoría ingredientes naturales y cuya aplicación práctica demuestra su calidad.

Productos **BIOFA** (*Biofa Naturfarben*) de fabricación alemana, abarcan una amplia gama de productos para el tratamiento de maderas nuevas (protectores de la intemperie), barnices, pinturas de fondo, lacas, esmaltes, disolventes, decapantes, colas... Tanto para interior como para exterior.

LIVOS, pinturas. Productos a partir de ingredientes naturales para la protección y decoración de la madera. Fabrica protectores para maderas, aceites, lacas, esmaltes, imprimaciones, colas y masillas e incluso productos especiales para alérgicos. Cuentan con la concesión de seis distintivos ambientales (incluido el de la Asociación Vida Sana y el Ángel Azul alemán).

BIODUR pinturas. Productos para exteriores e interiores, incluidos los protectores para madera. Están fabricados en España.

BIODUR: C/San Jaime, 85 07840 Santa Eulalia (Ibiza) Telef.: 971 33 64 63 biodur@ctv.es

KEIM, pinturas al silicato, para exteriores e interiores. Distribuidas en España por ECOPAINT (ver LIVOS) y por Wenceslao García (Telef.: 91 725 28 02/ 91 725 28 03).

CAPAROL, pinturas al silicato, distribuidas en España por U.V.I. (Tlf: 91 532 83 91).

LUMASA, pinturas al silicato; distribuidora en España Tlf: 91 611 35 15.

CALPEFACH ECOLÓGICO: pintura que fabrica una gama de 364 colores, cuenta con la etiqueta ecológica europea. Distribuidora en España: Pinturas Ralpe, S.L. c/Pintor Casas, 6 08031 Barcelona Telef: 93 357 12 98; Fax: 93 357 12 54 www.ralpe.es Ralpe@jet.es

PARROT: Pintura plástica de interior con la denominación PARROCRIL INTER-ECO, ha contado con la etiqueta ecológica europea. Distribuidores en España: AZKO NOBEL COATINGS, S.A. DECO Avda. Eduard Maristany, 58-90 08930 S. Adria del Besós (Barcelona)Tlf: 93 484 26 28; fax: 93 484565 PROA, pintura plástica interior mate blanca. Ha contado con la etiqueta ecológica europea. S. Salvador de Budiño –Gándaras de Prada 36475 Porriño (Pontevedra) Tlf: 986 34 65 25; Fax: 986 34 65 89 www.pinturasproa.com proa@pinturasproa.com TITAN. Pinturas y esmaltes para interior y exterior, alguno de cuyos productos tienen concedida la etiqueta ecológica europea. Se encuentran con gran facilidad. Tlf: 93 479 74 94; Fax: 93 479 495 www.titanlux.com infosevi@titanlux.es

5. IMÁGENES SOBRE EL SUBPROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ANIMAL CONTROLADA

Las siguientes figuras han sido tomadas del libro: “Tratamiento de los residuos urbanos”. *Institute for Solid Wastes of American. Public Works Association*. Editado en español por el Instituto de Estudios de la Administración Local. Madrid, 1976. 586 páginas.

Se muestran aquí como complemento de todo lo expuesto en el punto II-1 dentro del SUBPROGRAMA DE ALIMENTACIÓN ANIMAL CONTROLADA, desarrollado entre las páginas 74 y 78 de este documento.

Se han conservado los textos de a pie de imagen como explicación de la expuesto en cada figura.

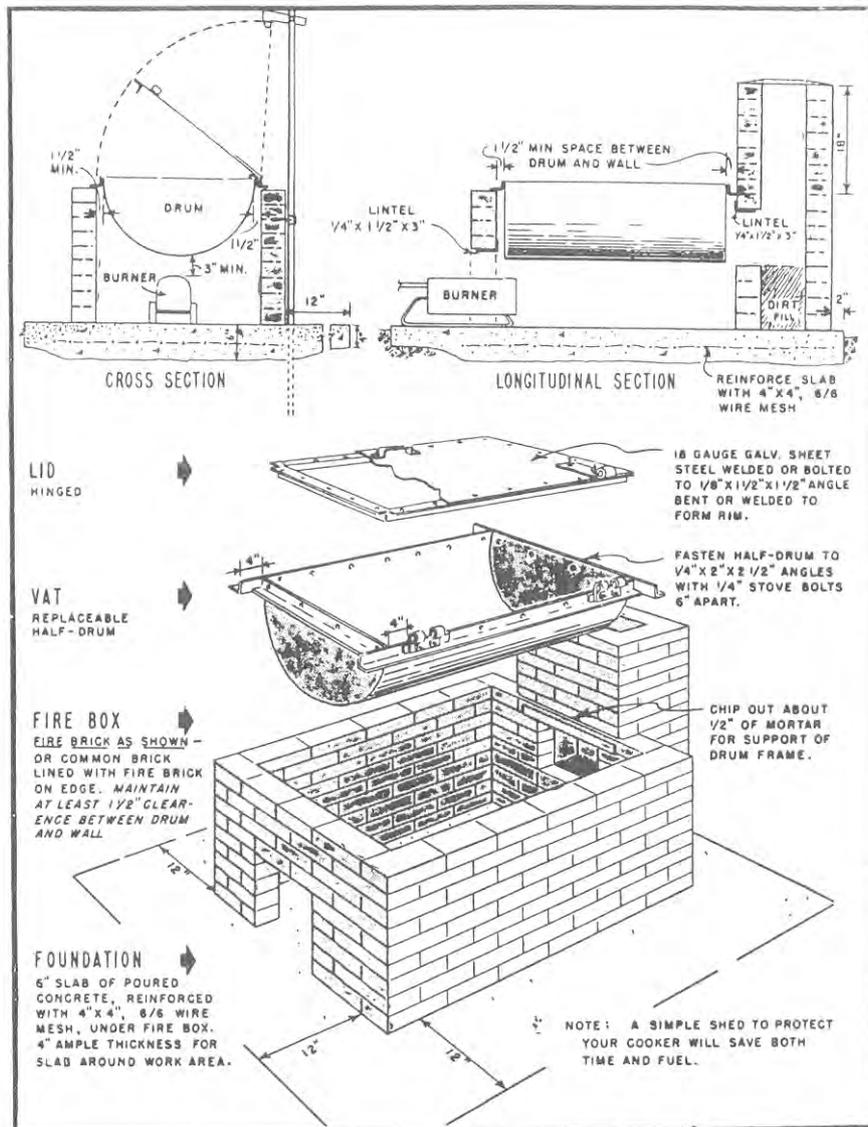


Fig. 109.—Las basuras se cuecen con frecuencia por el método de «calentamiento directo» en instalaciones al aire libre.

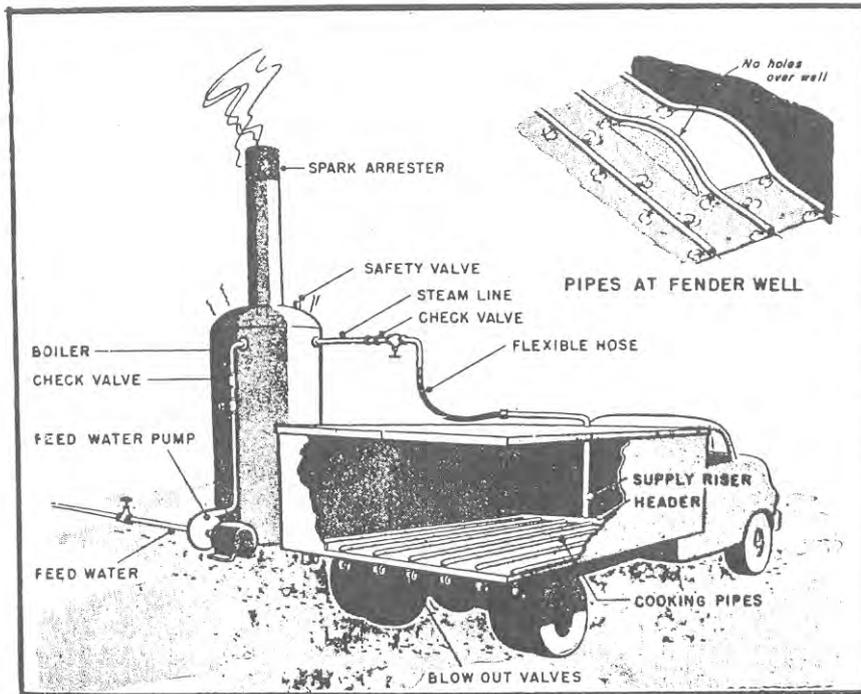


Fig. 110.—Las basuras se pueden cocer inyectando vapor en los camiones especialmente equipados que las recogen.

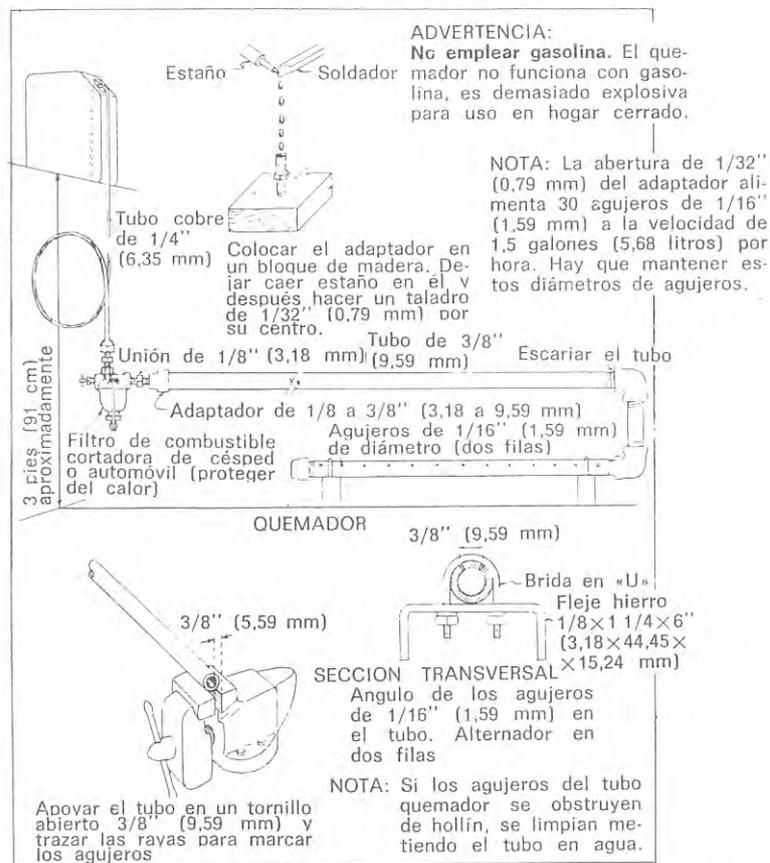


Fig. 111.—Modificando el hogar es posible utilizar petróleo para cocer las basuras por el método del «calentamiento directo».

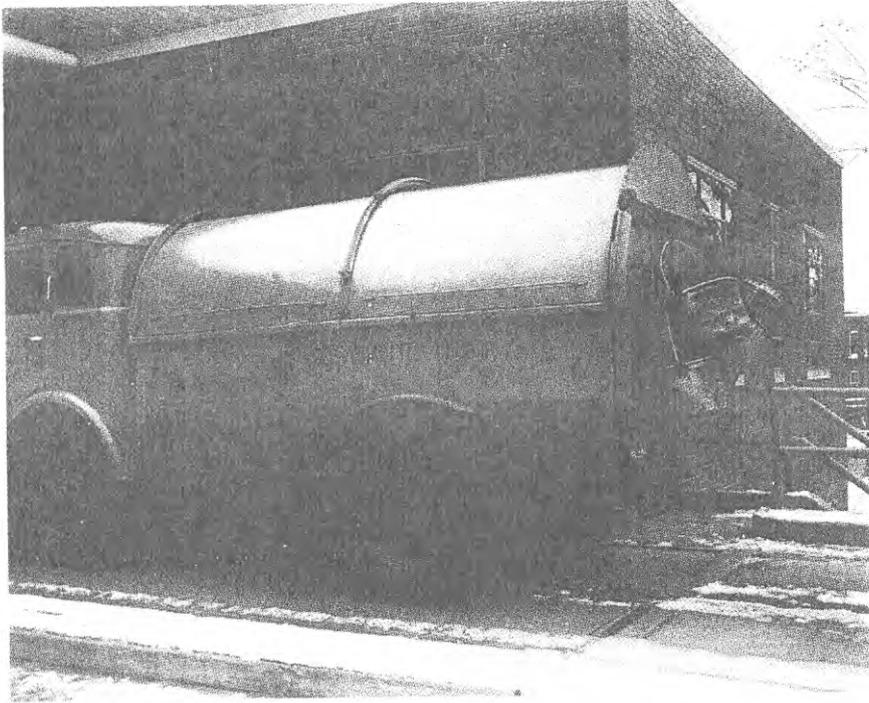


Fig. 112.—La recogida de basuras para la cría de cerdos exige utilizar camiones de diseño especial.



Fig. 113.—Si se recogen grandes cantidades de basuras de restaurantes e instituciones, a veces merece la pena emplear receptáculos que se puedan levantar y volcar en los camiones de recogida por medios mecánicos.

LOS ANGELES COUNTRY LIVESTOCK DEPARTMENT
 203 Administration Building
 Union Stock Yards
 Los Angeles 58, California

Teléfono:
 Jefferson 3233

INFORME MENSUAL DE INSPECCION

Granja _____, 19__
 Número de inspecciones durante el mes _____ Estado de los cerdos _____

	Muy satisfactorio.	Satisfactorio	Poco satisfactorio	Nada satisfactorio	Recomendaciones
Unidades de engorde - Instalación general de ceba					
Pocilgas, cercas, pasadizos					
Bebederos					
Drenaje de aguas					
General					
Colectores de grasa, etc.					
Receptáculo de huesos					
Instalación lavado vehículos					
Cocedero de basuras					
Residuos de los comederos					

Observaciones: _____

Estas observaciones se deben cumplir con prontitud.
 COMUNICAR INMEDIATAMENTE los casos sospechosos al Departamento de Ganadería o al Inspector.

Inspector de Ganadería del Condado,

Fig. 114.—Los funcionarios municipales y del condado tienen con frecuencia la responsabilidad de la inspección de las granjas donde se crían cerdos con basuras. El Departamento de Ganadería del condado de Los Angeles utiliza este impreso para el informe de las inspecciones de estas granjas.

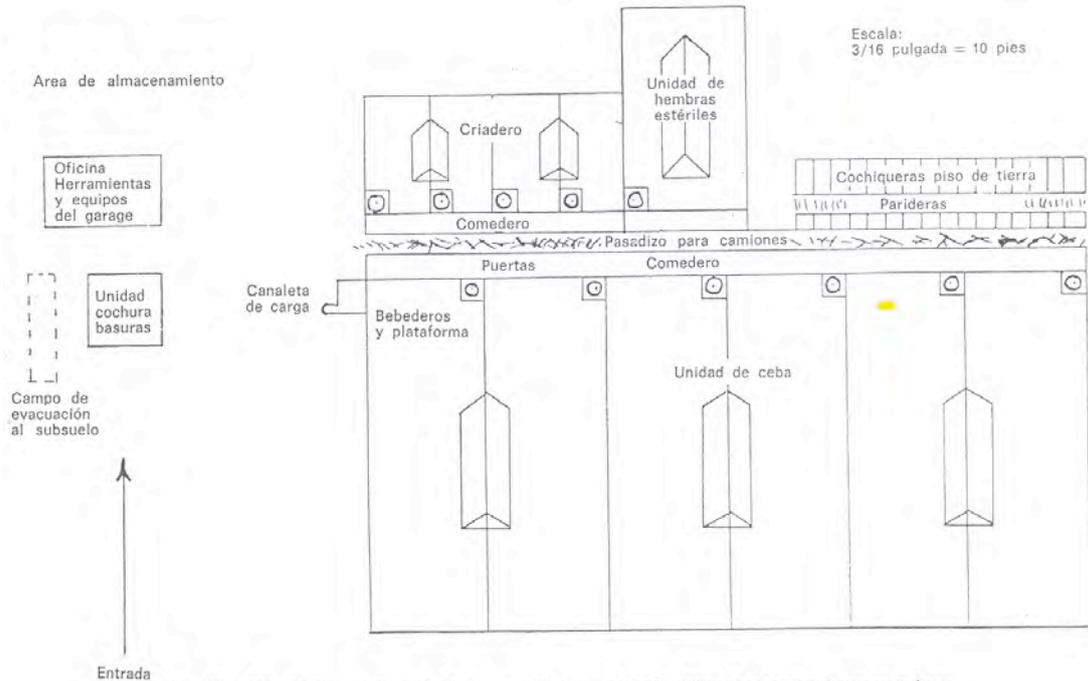


Fig. 116.—Si la granja está bien proyectada, es posible criar cerdos con basuras a base de una «cadena de producción».



El campo de evacuación debe tener aproximadamente una anchura una vez y media mayor que la del colector de grasa y por lo menos el doble de longitud. (El campo de evacuación se puede sustituir por un canal de percolación. Puede solicitarse más información a los departamentos de sanidad locales.)

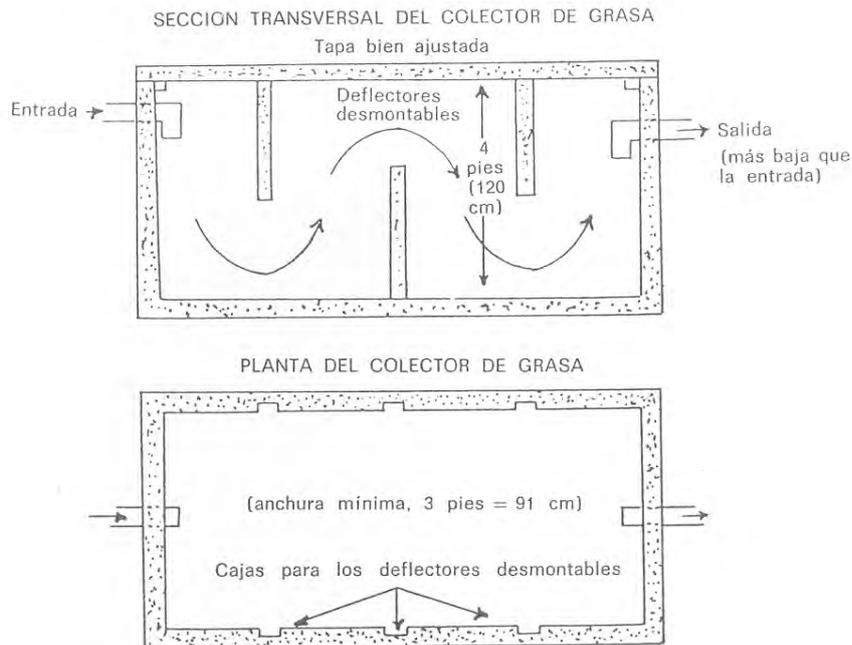


Fig. 117.—Sección transversal del colector de grasa y del campo de evacuación de residuos líquidos de una granja de cerdos.

6. ANALÍTICAS DE LAS MUESTRAS DE SUELOS TOMADAS EN LA UBICACIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS DE SANTO ANTÃO PROYECTADO



Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en
EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH
con nº LE911-CD-04

ENSAYO DE SUELO

MUESTRA Nº: 1869 A 1874

PETICIONARIO: AGROMED CONSULTING

OBRA: VERTEDERO EN CABO VERDE

REFERENCIA: MUESTRA TRAJIDA A LABORATORIO EL 16/03/10 DE ZONA 1
HORIZONTE 3 ESPESOR >1 METRO.

Este informe consta de 3 páginas





Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH con nº LE011-CO-04

ENSAYO DE SUELOS

* Esta actividad no está incluida dentro de la acreditación ENAC

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite

Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio

Informe simplificado, la información completa relativa a los ensayos está a disposición del cliente que lo solicite

LÍMITES ATTERBERG (UNE 103-103/104)		EQ. ARENA (UNE 103-109.95)	PROCTOR N. (UNE 103-500/501-94)		Lambe * (UNE103600)	CONTENIDO EN * (NLT 114-UNE103207-UNE103.204)		CLASIFICACION* ASTM D-2487- PEE72	
LL. UNE 103103-94	No tiene	E.A.	D.M. (g/cm ³)	H.O. (%)	Compresión S* UNE103.400	Salos Solubles *	1,58%	U.S.C.S. *	GM-GP
LP. UNE 103104-94	No tiene				Densidad Seca*	SO (mg/kg)*	1380,0	H.R.B. *	A-1-a
IP.	No tiene	DESG. LOS ANG. * (GranulA) (NLT 149)			% Humedad UNE 103200-93	Materia Org.	0,004	I.G. *	0
PETICIONARIO:		AGROMED CONSULTING							
OBRA:		VERTEDERO EN CABO VERDE							
GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *		GRANULOMETRIA DE SUELOS							
TAMICES (mm)	% PASA								
63	100								
50	91,8								
40	75,5								
25	61,4								
20	58,4								
10	45,3								
5	34,8								
2	29,9								
0,4	21,4								
0,05	5,0								
PROCEDENCIA:	Zona 1 Horizonte 3 Espesor >1 metro								
TIPO DE MATERIAL:	Arenas marrones con Roca volcánica						Nº MUESTRA: 1869 A 1874		

Córdoba 14 de Abril de 2 010

EL TECNICO

EL DIRECTOR DEL LABORATORIO

Fdo: Jose Luis Moreno Moreno
Ingeniero T. Obras Públicas



Fdo: J. Enrique Saez P.

ENSAYOS DE SUELOS/ZAHORRAS

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite.
La toma de muestra no está dentro del alcance de acreditación ENAC.
Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio.

NUMERO DE MUESTRA:	1869 A 1874		
FECHA RECEPCIÓN:	16/03/2010		
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG			
FECHA ENSAYO:	22/03/2010		
LÍMITE LIQUIDO UNE 103-103-94	No tiene	LÍMITE PLASTICO UNE 103-104-93	No tiene
		INDICE DE PLASTICIDAD	No tiene
DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA S/N UNE EN-833-8/00			
FECHA ENSAYO:			
Tº DE ENSAYO:			
HUMEDAD MUESTRA:			
E.A. (redondeado a número entero más próximo)			
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD MEDIANTE SECADO EN ESTUFA S/N UNE-103-300-93			
FECHA ENSAYO:	22/03/2010		
% HUMEDAD	18,9		

Observaciones:

JEFE DE AREA

Fdo. Jose Luis Moreno M.
Ingeniero T. Obras Públicas

Córdoba a 14 Abril de 2010

DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo. J. Enrique Saiz Plaza.

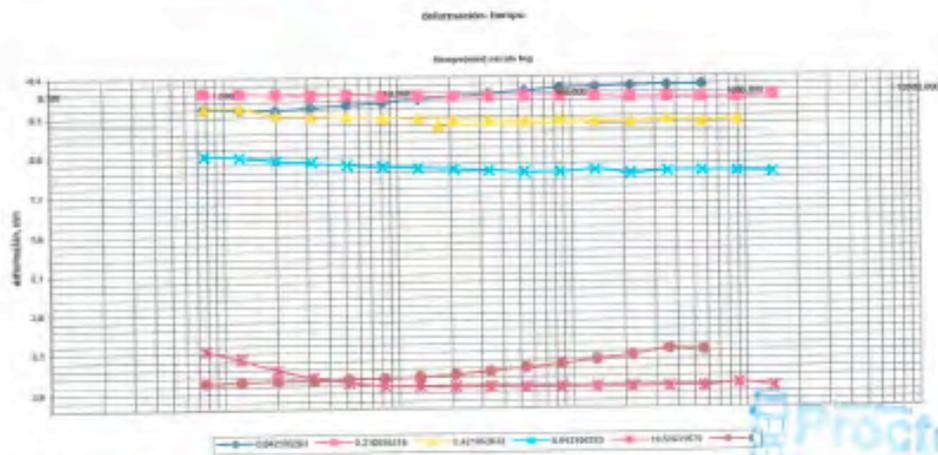
Pag. 3

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE UN SUELO EN EDÓMETRO (UNE 103405:94)

PETICIONARIO	AGROMED CONSULTING		
SONDEO	ZONA 1	PROFUNDIDAD	HORIZONTE 3
FECHA DE ENSAYO	may-10		
Nº DE REGISTRO	1557		

DATOS DEL ANILLO	
ALTURA (mm)	20
DIAMETRO (mm)	50,5
SECCIÓN(mm ²)	2003
VOLUMEN (cm ³)	40,06

PARÁMETROS INICIALES			PARÁMETROS FINALES		
MASA MUESTRA +TARA		133,6	MASA FINAL HÚMEDA (g)		
MASA INICIAL HÚMEDA (g)	M_h	74,50	HUMEDAD FINAL (%)		6,21
MASA INICIAL SECA (g)	M_s	67,38	INDICE DE HUECOS FINAL	e_f	0,829
HUMEDAD INICIAL (%)		4,58	SATURACIÓN FINAL (%)	S_r	0,00
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	γ	1,77			
DENSIDAD SECA(g/cm ³)	γ_s	1,70			
DENSIDAD SATURADA(g/cm ³)	M_{sd}	1,89			
DENSIDAD SUMERGIDA(g/cm ³)	M_{sd}	0,70			
INDICE DE HUECOS INICIAL	e_0	0,93			
POROSIDAD	n	0,46			
SATURACIÓN INICIAL (%)	S_r	31,54			
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS	γ_s	2,80			



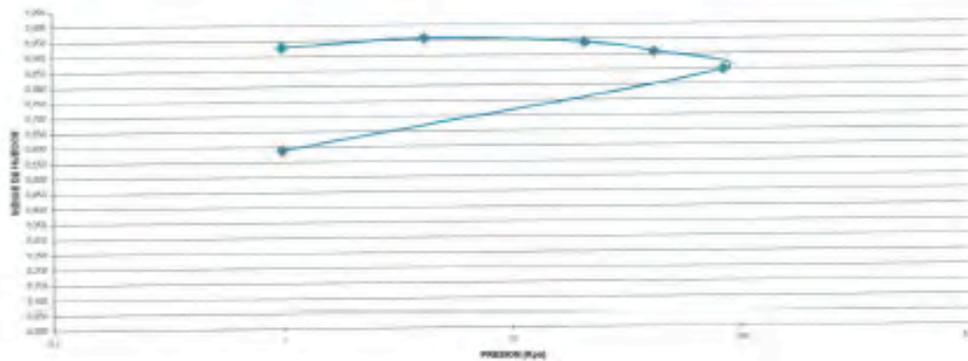
Escuela Ramón Barba, 2 - Teléfonos 957 280 712 - 957 280 812 - Fax 957 272 316 - 14012 CORDOBA e-mail: proctor@inforespro.com

P_s	Sobrecarga actual, Kg	0,1000	0,5000	1,0000	2,0000	25,0000	0
P_s	Sobrecarga actual, Kg./cm ²	0,0421	0,2105	0,4211	0,8421	10,5263	0
C_v	Coef consolidación, cm ² /min	0,0096	0,0302	0,0294	0,0359	5,3135	0,190015897
m_v	Coef compresibilidad volumetrico cm ² /Kg	-0,3432	0,0494	0,0811	0,0728	0,0140	0,00224675
E_{ed}	Modulo edometrico, Kg/cm ²	-2,9139	20,2429	12,3295	13,7330	71,5625	445,0873484
$U_{100\%}$	Deformación $U_{100\%}$, mm	-0,2890	-0,1226	-0,2189	0,8321	3,5306	3,0656
$U_{75\%}$	Deformación $U_{75\%}$, mm	-0,0087	-0,2014	-0,0175	0,5868	3,0744	3,4596
$U_{50\%}$	Deformación $U_{50\%}$, mm	-0,1489	-0,1620	0,1007	0,7095	3,3065	3,2627
$H_{100\%}$	Altura 100% consolidación, mm	20,2890	20,1226	19,7811	19,1679	16,4614	16,9344
K	Permeabilidad horizontal cm/s	0,00057	0,00054	0,00016	0,0006	1,23748E-05	0,00001
t_{50}	tiempo para $U_{50\%}$, min	20,9330	6,6335	6,6335	5,1000	2,5830	69,675
n_1	porosidad al final escalón	0,4891	0,4848	0,4759	0,4592	0,3702	0,387837523
n_1	Indice huecos final escalón	0,9572	0,9411	0,9082	0,8490	0,5879	0,63355
a_v	Coefficiente de compresibilidad Kg./cm ²	-0,8621	0,0563	0,1565	0,1405	0,0270	0,00433

Permeabilidad horizontal, k, cm/s

3,61E-04

Indice de huecos presión



Fdo

D. Antonio Encuerda Quero
 Licenciada en Ciencias Geológicas



D. Enrique Sáez Plaza
 Director del laboratorio



Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en
EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH
con nº LE011-CO-04

ENSAYO DE SUELO

MUESTRA Nº: 1863 A 1868

PETICIONARIO: AGROMED CONSULTING

OBRA: VERTEDERO EN CABO VERDE

REFERENCIA: MUESTRA TRAJIDA A LABORATORIO EL 16/03/10 DE PERFIL 1
ZONA 3.

Este informe consta de 3 paginas



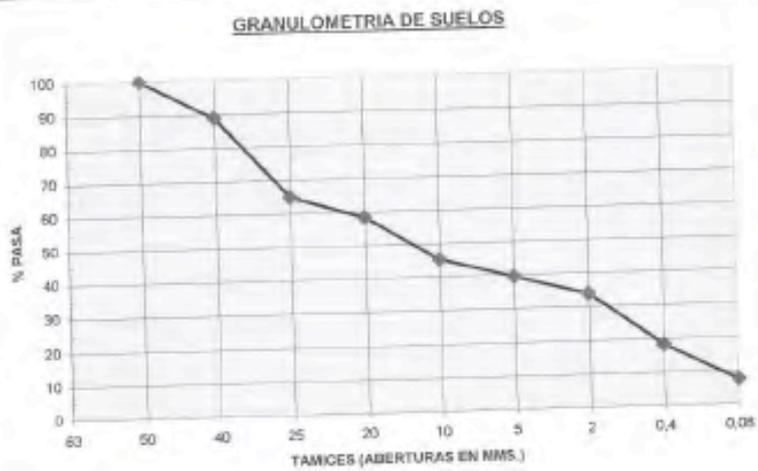


Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH con nº LE011-CO-04

ENSAYO DE SUELOS

* Esta actividad no está incluida dentro de la acreditación ENAC
 Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite
 Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio
 Informe simplificado, la información completa relativa a los ensayos está a disposición del cliente que lo solicite

LÍMITES ATTERBERG (UNE 103-103/104)		EQ. ARENA (UNE-103-109:95)	PROCTOR N. (UNE 103-500/501:94)		Lambe * (UNE103600)	CONTENIDO EN * (NLT 114-UNE103201-UNE103.20M)		CLASIFICACION* ASTM D-2487-PEETZ																							
L.L. UNE 103103:94	No tiene	E.A.	D.M. (g/cm3)	H.O. (%)	Compresión S* UNE103.400	Sales Solubles *	0,20%	U.S.C.S.*	GM-GP																						
L.P. UNE 103104:93	No tiene				Densidad Seca*	SO ₄ (mg/Kg)	270,0	H.R.B.*	A-1-a																						
LP.	No tiene	DESG. LOS ÁNG. * (GranulA) (NLT 149)			% Humedad UNE 103309:93	Materia Org.	0,008	I.G.*	0																						
PETICIONARIO:		AGROMED CONSULTING																													
OBRA:		VERTEDERO EN CABO VERDE																													
GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *		<table border="1"> <thead> <tr> <th>TAMICES (mm)</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>40</td><td>88,9</td></tr> <tr><td>25</td><td>64,8</td></tr> <tr><td>20</td><td>58,2</td></tr> <tr><td>10</td><td>45,1</td></tr> <tr><td>5</td><td>39,5</td></tr> <tr><td>2</td><td>33,8</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>18,3</td></tr> <tr><td>0,08</td><td>7,4</td></tr> </tbody> </table>								TAMICES (mm)	% PASA	63		50	100,0	40	88,9	25	64,8	20	58,2	10	45,1	5	39,5	2	33,8	0,4	18,3	0,08	7,4
TAMICES (mm)	% PASA																														
63																															
50	100,0																														
40	88,9																														
25	64,8																														
20	58,2																														
10	45,1																														
5	39,5																														
2	33,8																														
0,4	18,3																														
0,08	7,4																														
PROCEDENCIA:		Perfil 1 Zona 3																													
TIPO DE MATERIAL:		Arenas marrones con Rocas volcánica					N° MUESTRA: 1853 A 1868																								



Córdoba 14 de Abril de 2.010

EL DIRECTOR DEL LABORATORIO

EL TECNICO

Fdo: Jose Luis Moreno Moreno
 Ingeniero T. Obras Públicas



Fdo: J. Enrique Saez P.



Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-APH-APH con nº LE011-CO-04

ENSAYOS DE SUELOS/ZAHORRAS

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite
 La toma de muestra no está dentro del alcance de acreditación ENAC
 Los resultados obtenidos se corresponden sólo con la muestra ensayada en el laboratorio

NUMERO DE MUESTRA: 1869 A 1874					
FECHA RECEPCIÓN: 19/03/2010					
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG					
FECHA ENSAYO: 22/03/2010					
LÍMITE LÍQUIDO UNE 103-103:94	No tiene	LÍMITE PLÁSTICO UNE 103-104:93	No tiene	ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	No tiene
DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA S/N UNE EN-933-8/00					
FECHA ENSAYO:					
Tº DE ENSAYO:					
HUMEDAD MUESTRA:					
E.A. <small>(redondeado al número entero más próximo)</small>					
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD MEDIANTE SECADO EN ESTUFA S/N UNE-103-300:93					
FECHA ENSAYO: 22/03/2010					
% HUMEDAD		6,5			

Observaciones:

JEFE DE AREA

Fdo. Jose Luis Moreno M.
Ingeniero T. Obras Públicas

Córdoba a 14 Abril de 2010

DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo. J. Enrique Sáez Plaza

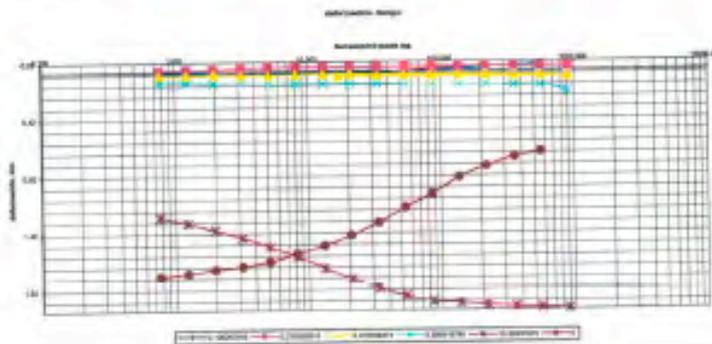


CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE UN SUELO EN EDÓMETRO (UNE 103405:94)

PETICIONARIO	AGROMED CONSULTING		
SONDEO	PERFIL 1	PROFUNDIDAD	ZONA 3
FECHA DE ENSAYO	MAYO 2010		
Nº DE REGISTRO	1285		

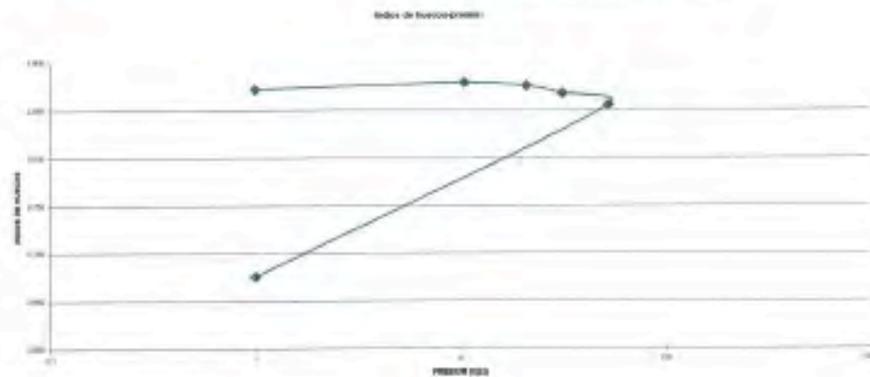
DATOS DEL ANILLO	
ALTURA (mm)	20
DIAMETRO (mm)	50.5
SECCIÓN (mm ²)	2553
VOLUMEN (cm ³)	40.98

PARÁMETROS INICIALES		PARÁMETROS FINALES	
MASA MUESTRA +TAPA	193.2	MASA FINAL HÚMEDA (g)	
MASA INICIAL HÚMEDA (g)	M_H 14.20	HUMEDAD FINAL (%)	5.32
MASA INICIAL SECA (g)	M_s 59.90	INDICE DE HUECOS FINAL	e_f 3.872
HUMEDAD INICIAL (%)	w 3.89	SATURACIÓN FINAL (%)	S_f 47.89
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	ρ 1.79		
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	ρ_s 1.71		
DENSIDAD SATURADA (g/cm ³)	M_L 1.84		
DENSIDAD SUMERGIDA (g/cm ³)	M_u 0.79		
INDICE DE HUECOS INICIAL	e_i 0.87		
POROSIDAD	n 0.47		
SATURACIÓN INICIAL (%)	S 45.02		
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS	ρ_p 2.81		



P_0	Sobrecarga actual Kg	0,2500	0,5000	0,7500	1,2500	25,0000	0
P_0	Sobrecarga actual Kg/cm ²	0,1053	0,2105	0,3158	0,5263	10,5263	0
C_v	Coef consolidación, cm ² /min	0,0011	0,0764	0,0306	0,0003	1,5539	0,398387442
m_v	Coef compresibilidad volumetrico cm ³ /Kg	-0,0333	0,0167	0,0416	0,0312	0,0095	0,006823375
E_s	Modulo edometrico, Kg/cm ²	-30,0323	59,9790	24,0327	32,0680	104,7395	146,5550406
U_{100s}	Deformación U_{100s} mm	-0,0701	-0,0350	0,0525	0,1639	2,0834	0,6669
U_{50s}	Deformación U_{50s} mm	0,0088	-0,0088	0,0350	0,0954	1,2786	1,8044
U_{20s}	Deformación U_{20s} mm	-0,0307	-0,0219	0,0438	0,1402	1,8961	1,23065
H_{100s}	Altura 100% consolidación, mm	20,0701	20,0350	19,9474	19,8161	17,3096	19,3431
K	Permeabilidad horizontal cm/seg	-3,01E-04	0,00012563	-3,78E-04	-3,52E-04	0,00012658	0,0012568
t_{90}	Tiempo para U_{90s} min	178,3800	2,5600	355,2657	730,6500	10,6300	43,55
n	porosidad al final escisión	0,4576	0,4667	0,4644	0,4603	0,4033	0,447617962
n_f	indice huecos final escisión	0,8784	0,8751	0,8669	0,8546	0,6739	0,81004
a_v	Coefficiente de compresibilidad Kg/cm ²	-0,0623	0,0312	0,0779	0,0584	0,0179	0,01277

Permeabilidad horizontal, k, cm/s **6,47E-04**

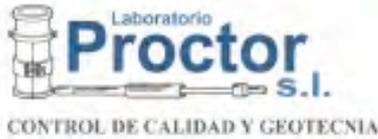


fdo
Antonio Recuerda Quero

Jefe de Área

D. Enrique Saez Plaza

Director del laboratorio



Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en
EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH
con nº LE011-CO-04

ENSAYO DE SUELO

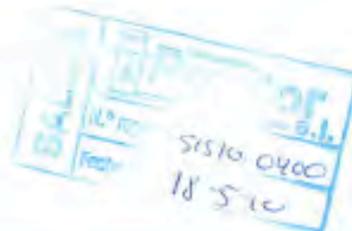
MUESTRA Nº: 1857 A 1862

PETICIONARIO: AGROMED CONSULTING

OBRA: VERTEDERO EN CABO VERDE

REFERENCIA: MUESTRA TRAJIDA A LABORATORIO EL 16/03/10 DE ZONA 1
HORIZONTE 2 ESPESOR 1 METRO.

Este informe consta de 3 paginas





CONTROL DE CALIDAD Y GEOTECNIA



Central en Córdoba acreditado por la Junta de Andalucía en EHC-GTL-GTC-VSF-VSG-AFC-AFH-APH con nº LE011-C0-04

ENSAYO DE SUELOS

* Esta actividad no está incluida dentro de la acreditación ENAC

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite

Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio

Informe simplificado. La información completa relativa a los ensayos está a disposición del cliente que lo solicite

LÍMITES ATTERBERG (UNE 103-103/104)		EQ. ARENA (UNE-103-103.95)	PROCTOR N. (UNE 103-500/501-94)		Lambe * (UNE103609)	CONTENIDO EN* (NLT 114-UNE103201-UNE103.204)		CLASIFICACION* ASTM D-2487- PEE72																									
L.L. UNE 103103.94	No tiene	E.A.	D.M. (g/m ³)	H.O. (%)	Compresión S* UNE103.400	Sales Solubles *	2,35%	U.S.C.S.*	GM-GP																								
L.P. UNE 103104.93	No tiene				Densidad Seca*	\$O_2\$ (mg/kg)*	1000,0	H.R.B.*	A-1-a																								
LP.	No tiene	DESG. LOS ANG.* (GranulA) (NLT 148)			% Humedad UNE 103300.93	Materia Org.	0,004	I.G.*	0																								
PETICIONARIO:		AGROMED CONSULTING																															
OBRA:		VERTEDERO EN CABO VERDE																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *</th> </tr> <tr> <th>TAMICES (mm)</th> <th>% PASA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>63</td><td></td></tr> <tr><td>50</td><td></td></tr> <tr><td>40</td><td></td></tr> <tr><td>25</td><td></td></tr> <tr><td>20</td><td>100,0</td></tr> <tr><td>10</td><td>95,5</td></tr> <tr><td>5</td><td>75,6</td></tr> <tr><td>2</td><td>49,5</td></tr> <tr><td>0,4</td><td>21,6</td></tr> <tr><td>0,08</td><td>8,6</td></tr> </tbody> </table>										GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *		TAMICES (mm)	% PASA	63		50		40		25		20	100,0	10	95,5	5	75,6	2	49,5	0,4	21,6	0,08	8,6
GRANULOMETRIA (UNE 103-101/95) *																																	
TAMICES (mm)	% PASA																																
63																																	
50																																	
40																																	
25																																	
20	100,0																																
10	95,5																																
5	75,6																																
2	49,5																																
0,4	21,6																																
0,08	8,6																																
<p style="text-align: center;">GRANULOMETRIA DE SUELOS</p>																																	
PROCEDENCIA:		Zona 1 Horizonte 2 Espesor 1 metro																															
TIPO DE MATERIAL:		Roca volcanica - Terreno aluvial - Gravas limosas					N° MUESTRA: 1857 A 1862																										

Córdoba 14 de Abril de 2.010

EL TECNICO

EL DIRECTOR DEL LABORATORIO

(Signature)
Fdo: Jose Luis Moreno Moreno
Ingeniero T. Obras Públicas



(Signature)
Fdo. J. Enrique Saez P.

ENSAYOS DE SUELOS/ZAHORRAS

Los cálculos de la incertidumbre de medida están a disposición del cliente que los solicite.
La toma de muestra no está dentro del alcance de acreditación ENAC.
Los resultados obtenidos se corresponden solo con la muestra ensayada en el laboratorio.

NUMERO DE MUESTRA:	1857 A 1862		
FECHA RECEPCIÓN:	16/03/2010		
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE ATTERBERG			
FECHA ENSAYO:	22/03/2010		
LÍMITE LÍQUIDO UNE 103-103:84	No tiene	LÍMITE PLÁSTICO UNE 103-164:93	No tiene
		ÍNDICE DE PLÁSTICIDAD	No tiene
DETERMINACIÓN DEL EQUIVALENTE DE ARENA S/N UNE EN-933-8/00			
FECHA ENSAYO:			
Tº DE ENSAYO:			
HUMEDAD MUESTRA:			
E.A. <small>(Redondeado al número entero más próximo)</small>			
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD MEDIANTE SECADO EN ESTUFA S/N UNE-103-300:93			
FECHA ENSAYO:	22/03/2010		
% HUMEDAD	10,9		

Observaciones:

JEFE DE AREA

Fdo. José Luis Moreno M.
Ingeniero T. Obras Públicas

Córdoba a 14 Abril de 2010

DIRECTOR DE LABORATORIO

Fdo. J. Enrique Saenz Plaza

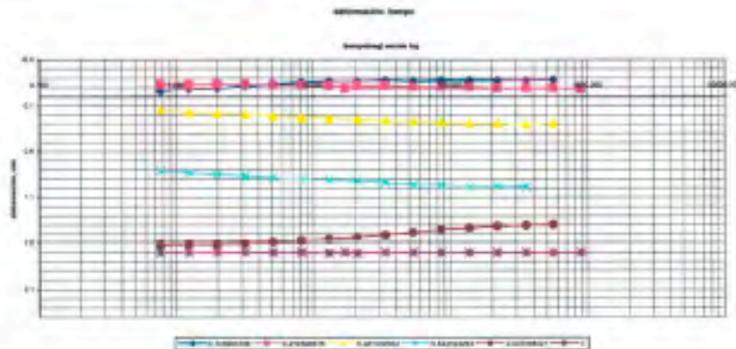
Pag.3

CONSOLIDACIÓN UNIDIMENSIONAL DE UN SUELO EN EDÓMETRO (UNE 103405-94)

PETICIONARIO	AEROMED (INSA, IING)		
SOCIEDAD	ZONA 1	PROFUNDIDAD	HORIZONTE 2
FECHA DE ENSAYO	may-10		
Nº DE REGISTRO	1586		

DATOS DEL ANILLO	
ALTURA (mm)	20
DIAMETRO (mm)	50,5
SECCIÓN (mm ²)	2503
VOLUMEN (cm ³)	46,06

PARÁMETROS INICIALES			PARÁMETROS FINALES		
MASA MUESTRA + TARA		128,04	MASA FINAL HÚMEDA (g)		
MASA INICIAL HÚMEDA (g)	M _i	69,04	HUMEDAD FINAL (%)	w _f	9,74
MASA INICIAL SECA (g)	M _s	62,35	ÍNDICE DE HUECOS FINAL	e _f	0,738
HUMEDAD INICIAL (%)	w _i	9,76	SATURACIÓN FINAL (%)	S _f	45,02
DENSIDAD APARENTE (g/cm ³)	ρ _a	1,83			
DENSIDAD SECA (g/cm ³)	ρ _s	1,75			
DENSIDAD SATURADA (g/cm ³)	M _s	2,05			
DENSIDAD SUMERGIDA (g/cm ³)	M _u	0,83			
ÍNDICE DE HUECOS INICIAL	e _i	1,09			
POROSIDAD	n	0,52			
SATURACIÓN INICIAL (%)	S	33,16			
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS	γ _s	2,77			



*Documento finalizado y entregado en Madrid (España) en
septiembre de 2010*