

TESIS DE MAESTRÍA

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SANEAMIENTO ECOLÓGICO EN CIUDAD DE LA HABANA

Con énfasis en el reuso de los subproductos en la
Agricultura Urbana



AUTOR:
MERCY VIVIANA AVENDAÑO

INSTITUTO DE TECNOLOGÍA EN LOS TRÓPICOS - ITT
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS DE COLONIA-FH
2004

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
SANEAMIENTO ECOLÓGICO EN CIUDAD DE LA HABANA**

**Con énfasis en el reuso de los subproductos en la
Agricultura Urbana**

Por

Mercy Viviana Avendaño R.

Mat. Nr. 11031127 1 5

Esta tesis cumple con los requisitos para la obtención del grado como

MASTER OF ENGINEERING (M. Eng.)

en el

Instituto de Tecnología en los Trópicos

Universidad de Ciencias Aplicadas de Colonia- FH Colonia Alemania

Supervisor: Prof. Dr.-Ing. Harmut Gaese
University of Applied Sciences Cologne, Germany

Co-Supervisor: Prof. Dr. Orestes González
Universidad Técnica de la Habana CUJAE, Cuba

Colonia, Alemania

Agosto 2004

De todo corazón, dedico mi trabajo y el éxito de mis estudios

A quienes me enseñaron a nadar contra corriente y a ser constante para lograr mis propósitos, mis amados padres.

A mi esposo, quien me apoyo para la realización de este trabajo, aunque el mismo significó para los dos el sacrificio de no estar juntos.

AGRADECIMIENTOS

En particular, quiero expresar mi agradecimiento al Sr. Prof. Dr. Hartmut Gaese, quién con la ética profesional que lo caracteriza, me brindó su apoyo y colaboración durante mis estudios de maestría.

Agradecimientos al Servicio Alemán de Intercambio Académico DAAD y a sus miembros por el financiamiento, que hicieron posible la realización de mi postgrado en Alemania.

Igualmente quisiera agradecer al Dr. Orestes González y al Sr. Lars Ribbe por su tutoría, sugerencias y dirección de mi trabajo.

Mis más sinceros agradecimientos a los integrantes del equipo ecosan, especialmente al Sr. Heinz-Peter Mang, a mis colegas Christiane Jung, Ibis Salvador, Osiel Altunaga y Martina Hammer por su apoyo, colaboración y constancia para la realización del trabajo de campo.

Agradezco a todas las organizaciones cubanas y colegas que participaron en las actividades realizadas dentro del margen de este estudio y de manera especial al ACTAF, GTE, Taller San Isidro y Jardines La Begonia por toda la información y atención brindada y a la Dr. Concepción Heredia por su asesoría en los experimentos agrícolas.

Así mismo, hago extensivos estos agradecimientos a Tania y familia y a Yadira, quienes me brindaron su amistad y ayuda incondicional durante los seis meses de mi estancia en Cuba.

Por último, me gustaría resaltar la ayuda y la paciencia de Gorka y de mi hermana, sin el apoyo de los cuales la culminación de esta tesis no hubiera sido posible.

RESUMEN

El presente trabajo tiene por objetivo realizar un diagnóstico para la posible implementación de sistemas de saneamiento ecológico en la ciudad de La Habana, Cuba y plantear opciones de tratamiento y reutilización de los residuales domésticos en la agricultura urbana.

Se realizaron consultas a expertos de diferentes Instituciones que trabajan en las áreas de saneamiento, agricultura urbana, ordenamiento territorial, salud y medio ambiente. También se recolectó información específica en dos escenarios seleccionados como posibles, para proyectos piloto.

Los datos recolectados sirvieron como base para identificar los potenciales y los obstáculos -análisis FODA-, para la implementación de tecnologías ecosan en Ciudad de La Habana. Posteriormente se definió una gama de opciones técnicas de saneamiento ecológico que responden al contexto local y a las preferencias de los usuarios en los lugares escogidos. Los trabajos en el área agrícola incluyeron un análisis de aceptación de los productos reciclados del saneamiento y experimentos preliminares para su utilización en la agricultura urbana.

Los resultados muestran que uno de los incentivos más fuertes para la adopción de sistemas ecosan en Ciudad de la Habana es la demanda de una fuente de fertilizante y materia orgánica, que este disponible y sea accesible en el área urbana, de buena calidad e higiénicamente segura. En tanto el ahorro de agua no representa hoy en día un incentivo en la población para la aplicación de estas tecnologías.

La restitución de nutrientes provenientes de los desechos urbanos, debe enfatizarse inicialmente en las fracciones que presentan mayor aceptación y demanda a nivel agrícola, es decir, las aguas amarillas, las aguas grises y la basura orgánica. Por tanto se recomiendan investigaciones para implementar opciones de recolección a nivel local y estandarizar normas seguras de manipulación; así como experimentos agrícolas para demostrar y determinar las dosis y el mejor manejo agro-ecológico del fertilizante orgánico en base a orina humana fermentada.

Ya que este enfoque de saneamiento es nuevo en el área y requiere de cambios en las creencias y prácticas actuales, urge la necesidad de demostraciones y proyectos piloto a pequeña y mediana escala que aseguren a la población la viabilidad, buen funcionamiento y sostenibilidad de estos sistemas. Finalmente se tienen como pilares estratégicos y fundamentales para la adopción de estas tecnologías, el análisis del marco legal, las actividades de promoción y educación ambiental y la participación de actores locales desde el proceso de diagnóstico hasta la fase de implementación.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Masterarbeit wird eine Untersuchung von Implementationsmöglichkeiten dezentralisierter kreislauforientierter Abwasserbehandlungssysteme in Havanna, Kuba erstellt und Behandlungs- und Wiederverwendungsmethoden flüssiger und fester Haushaltsabfälle in der urbanen Landwirtschaft erarbeitet.

Zur Realisierung der Arbeit wurden Gespräche mit Experten der verschiedenen themenverwandten Institutionen in den Bereichen Sanierung, urbane Landwirtschaft, Gesundheit und Umwelt, sowie der Verwaltung geführt. Außerdem wurden zu zwei ausgewählten Gebieten, die für potentielle Pilotmaßnahmen in Frage kommen, spezifische Informationen gesammelt.

Die gesammelten Daten dienen als Basis zur Identifikation der Stärken- und Schwächenanalyse (SWOT) für die Implementation von ecosan-Technologien in der Stadt Havanna. Daraus erweist sich eine große Bandbreite an technischen Optionen kreislauforientierter Abwasserwirtschaft, die auf den lokalen Gegebenheiten und den Präferenzen der Nutzer in den ausgewählten Gebieten basiert. Tätigkeiten im landwirtschaftlichen Bereich beinhalten eine Akzeptanzanalyse der ecosan-Rezyklate und einleitende Experimente für die Nutzung in der urbanen Landwirtschaft.

Die Resultate zeigen, dass die größte Motivation für die Bereitschaft zur Nutzung von ecosan-Systemen in Havanna die Nachfrage nach einer qualitativ guten und hygienisch sicheren Quelle von Düngemitteln und organischem Material ist, die im städtischen Bereich verfügbar und zugänglich sein muss. Wassersparen spielt für die Applikation dieser Technologien in der gegebenen Situation keine Rolle in der Bevölkerung. Besondere Akzeptanz zur Rückführung von Nährstoffen aus Haushaltsabfällen liegt auf landwirtschaftlicher Ebene bei den Fraktionen Gelbwasser, Grauwasser und organischem Abfall. Dort bieten sich Untersuchungen zur Implementation von dezentralisierten Sammelmöglichkeiten auf lokalem Niveau und zur Standardisierung sicherer Normen für die Manipulation an. Außerdem werden Experimente in der Landwirtschaft zu Demonstrationszwecken und zur Bestimmung von Dosis und der besten agrar-ökologischen Handhabung von organischen Düngemitteln auf Basis fermentierten menschlichen Urins empfohlen.

Da diese Art der Abwasserbehandlung in dem Gebiet neu ist, verlangt dies einen zukünftigen Wechsel im Denken und in den aktuellen Handlungspraktiken. Die Durchführung von Demonstrations- und Pilotprojekten auf kleiner und mittlerer Ebene versichern der Bevölkerung die Durchführbarkeit, gutes Funktionieren und Nachhaltigkeit dieser Systeme. Schon zu Beginn der Untersuchungs- bis zur Implementationsphase sind die strategischen und fundamentalen Säulen für eine Annahme dieser Technologien eine Analyse in rechtmäßigem Rahmen, Promotions- und Umwelterziehungsaktivitäten und die Partizipation lokaler Akteure.

SUMMARY

This master thesis compiles an investigation of implementation possibilities of ecological sanitation systems in Havana, Cuba. And demonstrates treatment and re-use methods of wastewater and household wastes in the urban agriculture.

To realise the work, discussions were held with experts of the different topic-related institutions in the fields of urban agriculture, health and environment, as well as the administration. In addition, specific information was collected in two selected regions, which have a good potential to conduct pilot measures. The collected data served as basis for the identification the strengthening and weakness analysis (SWOT) for the implementation of ecosan technologies in the city Havana. This proves a wide range of technical options for cycle-oriented sewage management, which is based on the local conditions and the preferences of the users in the selected regions. Activities within the agricultural level contain an acceptance analysis of the ecosan products and introductory experiments for the use in the urban agriculture.

The results show that the biggest motivation for the use of ecosan systems in Havana is the demand for a qualitatively good and hygienically safe source of fertilizers and organic material, which must be available and accessible in the urban scope. Water conservation for the application of these technologies has no importance for the users in the given situation.

Acceptance for the recycling of nutrients from household wastes for agricultural purposes is based on the parliamentary fractions from yellow water, grey water and organic waste. Investigations to be held for the implementation of decentralized collecting possibilities on local level and for the standardisation of safe standards for the manipulation of the wastewater fractions. In addition, experiments in agriculture are recommended on the topic of fermented human urine for the purpose of demonstration and for the regulation of dose and the best agrarian-ecological handling of organic fertilizers.

Since this kind of the wastewater treatment is new in the area, this requires a future change in thinking and in the current sanitation practices. Demonstrations and pilot projects at small and middle scale could insure the population the feasibility, good functioning and lastingness of these systems.

The strategic and fundamental aspects for the acceptance of these technologies are the analysis of the legal framework, awareness and environmental education activities and the participation of stakeholders. These must be considered from the beginning of the investigation up to the implementation phase

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
ZUSAMMENFASSUNG.....	v
SUMMARY	vi
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	x
ABREVIACIONES	xii

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN	14
1.1. Objetivo General.....	16
1.2. Objetivos específicos	16
1.3. Secuencia metodológica	16

CAPITULO II

MARCO TEORICO	18
2.1. Definición y estrategias del saneamiento ecológico	18
2.2. Tipos de aguas residuales según su calidad	19
2.3. Aspectos de salud en el reuso de excreta humana	21
2.3.1. Existencia de patógenos en los excrementos.....	21
2.3.2. Riesgos de salud y transmisión de enfermedades	22
2.3.3. Mecanismos para proteger la salud.....	23
2.3.4. Tratamiento para la reducción de patógenos.....	24
2.4. Tecnologías	25
2.4.1. Clasificación de tecnologías	25
2.4.2. Opciones tecnológicas	26

CAPITULO III

ESTUDIO DE CASO	29
3.1. Metodología.....	30
3.1.1. Análisis FODA.....	30
3.1.2. Estudio de línea base.....	30
3.1.3. Trabajos en el área agrícola.....	33
3.2. Descripción del estudio de caso: Ciudad de La Habana	37
3.2.1. Características generales.....	37
3.2.2. Población y urbanización.....	37
3.2.3. Caracterización del servicio de agua potable	38
3.2.4. Saneamiento e impacto ambiental de las aguas servidas	39
3.2.5. Incidencia de los servicios de agua y saneamiento en la salud	40
3.2.6. Tarifas para los servicios de agua potable y alcantarillado	40

3.2.7. Manejo de basuras.....	40
3.2.8. Inversiones en el sector medio ambiental.....	41
3.2.9. Agricultura urbana.....	41
3.3. Descripción de los posibles escenarios para la implementación de proyectos pilotos de ecosan.....	45
3.3.1. Caso Barrio San Isidro.....	45
3.3.1.1. Contexto geográfico.....	45
3.3.1.2. Contexto socio-económico.....	45
3.3.1.3. Prestación de servicios.....	46
3.3.1.4. La Agricultura urbana en el barrio San Isidro.....	46
3.3.1.5. El Taller San Isidro y los programas de medio ambiente.....	47
3.3.1.6. El problema a resolver.....	47
3.3.2. Caso Área del Parque Río Hondo.....	48
3.3.2.1. Contexto geográfico.....	48
3.3.2.2. Contexto socio-económico.....	49
3.3.2.3. Prestación de servicios.....	49
3.3.2.4. La Agricultura urbana en el área de estudio.....	50
3.3.2.5. El Grupo de la Bahía y el proyecto del Parque Río Hondo.....	51
3.3.2.6. El problema a resolver.....	52

CAPITULO VI

PROPUESTA PARA EL SANEAMIENTO ECOLÓGICO EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO.....	53
4.1. Análisis FODA para la aplicación de conceptos ecosan en la Habana.....	54
4.1.1. Fortalezas.....	54
4.1.2. Debilidades.....	55
4.1.3. Oportunidades.....	56
4.1.4. Amenazas.....	57
4.1.5. Estrategias para la adopción de sistemas ecosan.....	58
4.2. Concepto de agua y nutrientes para Ciudad de La Habana.....	60
4.3. Opciones técnicas de ecosan en los escenarios seleccionados.....	62
4.3.1. Taller san Isidro.....	62
4.3.2. Área del parque Río Hondo.....	63
4.4. Aspectos agrícolas.....	71
4.4.1. Aceptación por productos resultantes del saneamiento.....	71
4.4.2. Características y tratamiento de la orina.....	72
4.4.3. Experimentos “Uso de la orina como fertilizante en la agricultura urbana”.....	75
4.4.3.1. Experimento preliminar con plantas ornamentales.....	75
4.4.3.2. Experimento como fertilizante en organopónicos.....	76
4.4.4. Recomendaciones para el uso de un fertilizante a base de orina humana.....	77
4.4.4.1. Uso en la agricultura urbana.....	77
4.4.4.2. Recomendaciones genéricas para su aplicación.....	78
4.5. Estrategias de gestión.....	80
4.5.1. Marco legislativo.....	80

4.5.2. Promoción y educación ambiental.....82

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 86

5.1. Conclusiones 86

5.2. Recomendaciones..... 87

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 89

ANEXOS 95

Anexo 1: Desactivación de microorganismos por condiciones ambientales 95

Anexo 2: Diferentes conceptos tecnológicos sanitarios..... 96

Anexo 3: La matriz FODA 98

Anexo 4: Lista de regulaciones cubanas revisadas 99

Anexo 5: Lista de datos de estudio de línea base 100

Anexo 6: Características de los sistemas de abasto de agua potable y saneamiento de la
Ciudad de La Habana..... 102

Anexo 7: Formas de agricultura urbana en la Ciudad de La Habana 103

Anexo 8: Presupuesto y diseño para el sistema planeado en uno de los huertos 104

Anexo 9: Normas de la OMS para el reuso de aguas residuales 105

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Componentes principales en los flujos parciales de las aguas domésticas.	20
Tabla 2: Aparición de patógenos en heces y orina y enfermedades relacionadas	22
Tabla 3: Comparación del consumo de agua de diferentes sistemas sanitarios	27
Tabla 4: Matriz FODA para la aplicación de conceptos ecosan en La Habana	59
Tabla 5: Costo-beneficio de sistemas alternativos	69
Tabla 6: Tiempo de desactivación de patógenos en la orina	74
Tabla 7: Fertilidad del suelo del huerto experimental (canteros experimentales)	76
Tabla 8: Concentración de NPK en el fertilizante a base de orina“FLO	76
Tabla 9: Rendimiento de la producción en los diferentes tratamientos	76
Tabla 10: Concentración de NPK en la lechuga (%)	77
Tabla 11: Lineamientos para el tratamiento de la orina para su uso a gran escala	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Separación de los componentes de aguas residuales	18
Figura 2: Distribución de nutriente en las aguas domésticas	20
Figura 3: Rutas de transmisión de patógenos excretados	23
Figura 4: Mecanismos para proteger la salud	24
Figura 5: Diferentes opciones técnicas de saneamiento ecológico para el tratamiento de residuales domésticos	26
Figura 6: Modelos de sanitarios	27
Figura 7: Posibilidades de reutilización de la excreta humana	28
Figura 8: Esquema lógico estructural del trabajo	29
Figura 9: Diseño del experimento con plantas ornamentales	34
Figura 10: Esquema del diseño experimental	35
Figura 11: Indicadores del Clima en la Ciudad de La Habana	37
Figura 12: Mapa de la Ciudad de La Habana	38
Figura 13: Descarga de aguas residuales domésticas en la zona costera	39
Figura 14: Acumulación y quema de basuras	41
Figura 15: Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en Ciudad de La Habana	41
Figura 16: El organopónico – una de las formas de la agricultura urbana	42
Figura 17: Ubicación de los dos escenarios seleccionados para posibles proyectos pilotos de ecosan	45
Figura 18: Huerto popular en el barrio San Isidro	46
Figura 19: Trabajo de los niños en los huertos del barrio	47
Figura 20: Área proyectada para el vivero la Begonia	48

Figura 21: Escenarios en el área Río Hondo	49
Figura 22: Área agrícola colindante con la represa Río Hondo	50
Figura 23: Suelos erosionados dentro del área	51
Figura 24: Asentamiento urbano en el área del parque Río Hondo	52
Figura 25: Esquema para la implementación de sistemas ecosan en Ciudad de La Habana	53
Figura 26: Concepto de agua y nutrientes en Ciudad de La Habana	61
Figura 27: Árbol de decisión para la selección de tecnologías bajo demanda de aguas de riego	63
Figura 28: Selección de equipo sanitario y tecnología para el tratamiento de aguas negras	64
Figura 29: Concepto técnico de saneamiento para el escenario A Río Hondo	66
Figura 30: Concepto ecosan para escenario B	68
Figura 31: Comparación de costos – ecosan vs. Convencional	70
Figura 32: Aceptación por productos fertilizantes a partir de excremento	72
Figura 33: Medición del pH en la orina fermentada	73
Figura 34: Concentración de nutrientes y pH en el tratamiento de la orina	73
Figura 35: Características de la orina humana en varias etapas desde el sanitario hasta el campo	74
Figura 36: Resultados de las plantas ornamentales fertilizadas con FLO y testigos	75
Figura 37: Comparación del efecto del fertilizante a base de orina fermentada “FLO”	75
Figura 38: Resultados en el huerto experimental	77
Figura 39: Técnicas de aplicación del FLO	78
Figura 40: Actividades de promoción a nivel de instituciones locales	83
Figura 41: Dibujos realizados por los niños – “La visión cubana de ecosan”	84
Figura 42: Realización de un documental informativo para la comunidad	85

ABREVIACIONES

AU	Agricultura Urbana
CCS	Cooperativas de Crédito y Servicio
CENHICA	Centro Nacional para la Hidrología y la Calidad del Agua
CEPIS	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CIGEA	Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental
CIMAB	Centro Cubano de Ingeniería y Dirección de Medio Ambiente de Bahías y zonas Costeras
CITMA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
DEWATS	Plantas Descentralizadas de Tratamiento de aguas residuales
ENEA	Estrategia Nacional de Educación Ambiental
FLO	Fertilizante Líquido Orgánico
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GEF	Facilidad Medioambiental Global
GNAU	Grupo Nacional de Agricultura Urbana
GTE	Grupo de Trabajo Estatal para el Saneamiento, Conservación y Desarrollo de la Bahía de La Habana
INIFAT	Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical
INRH	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
JICA	Agencia de Cooperación Internacional del Japón
MINAG	Ministerio de Agricultura
MINSAP	Ministerio de Salud Pública
NC	Norma Cubana
O/M	Operación y Mantenimiento
OMS	Organización Mundial de la Salud (WHO)
OPS	Organización Panamericana de la Salud
PIB	Producto Interno Bruto
PTAR	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
UBPC	Unidades Básicas de Producción Cooperativa
UNDP	Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo
UNEP	Programa de Ambiente de de Naciones Unidas

Abreviaciones Químicas

DBO ₅ (DBO)	Demanda Bioquímica De Oxígeno (de 5 días en 20°C)
DQO	Demanda Química de Oxígeno
N _{Tot}	Nitrógeno Total
P _{tot}	Fósforo Total
m.o.-N	Materia orgánica- Nitrógeno
P ₂ O ₅	Anhídrido fosfórico / óxido de fósforo (V)
K ₂ O	Oxido de Potasio
CaO	Oxido de Calcio
MgO	Oxido de Magnesio
C/N	Relación Carbono / Nitrógeno

Unidades

Kg/ha.	Kilogramos por Hectárea
L.p.c.d.	Litros per cápita día
qq	quintal métrico = 100 kg ó 220,5 Lb
Ton.	Toneladas
MLC	Moneda Libremente Convertible = 1US\$
MN	Moneda Nacional

Tasas de cambio

Tasa oficial (transacciones comerciales)	1 peso	MN = 1 US\$
Tasa no oficial pero legal (transacciones personales)	26 pesos	MN = 1 US\$

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En 1900 una de cada 10 personas vivía en ciudades; actualmente casi 3,000 millones de personas, o sea, casi la mitad de la humanidad, residen en centros urbanos. Uno de los principales retos que tiene hoy en día las grandes urbes, sobre todo de países en vías de desarrollo es el abastecimiento de los servicios básicos a la población. Muchas de estas ciudades no pueden acceder a los recursos necesarios en términos de agua, dinero y capacidad institucional para proveer a la población con un sistema de saneamiento convencional. Como consecuencia el 90 por ciento de las aguas negras urbanas en los países en vías de desarrollo son descargadas actualmente sin tratamiento alguno a ríos, lagos y al mar [Esrey, 2001], ocasionando serios problemas de salud pública y contaminación ambiental.

Cuba, no es la excepción, si se tiene en cuenta que más del 75% de la población es urbana y donde cerca del 20% de la población total se encuentra concentrada en la capital. La antigüedad de la infraestructura de abastecimiento de agua potable, la insuficiencia de la red de saneamiento y la falta de equipamiento para el tratamiento de los residuales en la ciudad de La Habana, han llevado al deterioro de las condiciones higiénico-sanitarias y de contaminación ambiental, acentuándose sobre todo en algunas zonas de la ciudad. Sumándose a este problema, es de apreciar la difícil condición económica a la que continúa sometido el país hoy en día y que repercute directamente en la inversión del sector de saneamiento.

Otro de los problemas surgidos en Cuba a partir de la crisis llamada 'periodo especial', fue cómo afrontar el abastecimiento de alimentos frescos en las ciudades, debido a la escasez de combustible y a la reducción de cerca del 80 por ciento de las importaciones. En la búsqueda de soluciones para satisfacer las necesidades de la población surge la agricultura urbana. Actividad, que actualmente desempeña un importante rol en la seguridad alimentaria, ya que no solo se producen alimentos sino

que los habitantes tienen acceso a ellos. Entre las virtudes de esta agricultura, los expertos incluyen el uso de abonos orgánicos en lugar de los químicos, así como de métodos de control biológico de plagas y enfermedades.

Como factores decisivos en el desarrollo sostenible de la agricultura urbana en las condiciones de Cuba y teniendo en cuenta el nivel alcanzado, se hace imprescindible seguir trabajando en la conservación y manejo de la fertilidad de los suelos, lo que incluye la necesidad de un aporte constante de materia orgánica al suelo y de sustratos a los canteros que permitan devolver los nutrientes extraídos. Otro de los aspectos que toma gran importancia a través de la revitalización de servicios para la población, es el uso de agua del acueducto para riego; la sustentabilidad de la agricultura urbana depende en gran medida del uso adecuado de este recurso.

La situación actual en las grandes ciudades de países en vías de desarrollo, muestra la importancia de enfrentarse a los problemas de una forma integral, articulando diversos componentes de la ciudad para el aprovechamiento tanto de los recursos locales como de los desechos urbanos.

La palabra integral en la gestión de residuos no significa en ningún momento mezclar todos los desechos, sino por el contrario, se refiere a una planeación conjunta del manejo de estos, bajo el principio de recolección, manejo por separado de cada uno de ellos y reciclaje. Este concepto no solo es aplicable para desechos sólidos sino también para las aguas servidas.

Al recurrir a la utilización de las aguas residuales domésticas en la agricultura, dándoles el tratamiento apropiado, se contribuye a mejorar la productividad de los suelos. Asimismo se ayuda a minimizar en costes e impacto el problema que supone actualmente la descarga de aguas residuales al ambiente sin previo tratamiento. Bajo esta filosofía están basados los nuevos conceptos de saneamiento ecológico, abreviado bajo las siglas ecosan.

Hoy por hoy los sistemas ecosan, adquieren una mayor atención a nivel mundial, concerniendo de forma interdisciplinaria a investigadores, ecologistas, ingenieros, agricultores y usuarios potenciales del sistema tanto, ya que ofrecen una solución alternativa a las tecnologías de saneamiento existentes.

A nivel internacional, ya existen algunas experiencias de ecosan en el área urbana. No obstante, es importante una mayor investigación e implementación de posteriores proyectos piloto con el fin de desarrollar una variedad de soluciones tecnológicas y viables económicamente así como estrategias de gestión para zonas urbanas densamente pobladas [GTZ, 2003].

Este trabajo de tesis presenta un estudio base para la implementación de un proyecto piloto de saneamiento ecológico en la Ciudad de La Habana, Cuba. En el trabajo se

plantea la búsqueda de soluciones alternativas, adaptadas a las condiciones locales, que permitan cerrar el ciclo de nutrientes y agua entre el saneamiento y la agricultura urbana. Contribuyendo de esta forma a mejorar el abastecimiento de alimentos de la población urbana y el nivel de vida de sus habitantes. El mismo se realizó como parte del programa de implementación de proyectos piloto que lleva a cabo la agencia alemana de cooperación internacional GTZ departamento ecosan, para desarrollar conceptos de saneamiento sostenible en áreas urbanas.

Los objetivos trazados en la realización de este trabajo de maestría son:

1.1. Objetivo General

Realizar un diagnóstico para la implementación de sistemas de saneamiento ecológico en la provincia Ciudad de La Habana, planteando posibilidades de tratamiento y reutilización de los residuos domésticos en la agricultura urbana.

1.2. Objetivos específicos

- Analizar los potenciales y obstáculos (análisis FODA) para la posible implementación de diferentes alternativas de ecosan en la ciudad de la Habana.
- Definir tecnologías de saneamiento ecológico que respondan a las condiciones locales y a las preferencias de los usuarios en dos áreas previamente seleccionadas para futuros proyectos piloto de ecosan
- Identificar las opciones de uso de productos reciclados del saneamiento en la agricultura urbana como una solución a la alta demanda de nutrientes, materia orgánica y aguas de riego
- Proponer estrategias de gestión para el tratamiento y reuso seguro de las aguas residuales.

1.3. Secuencia metodológica

El presente trabajo se divide en 5 capítulos y anexos. El capítulo que se encuentra a continuación brinda el marco teórico de sustentación de este estudio; expone los conceptos y estrategias sobre los que se fundamenta el saneamiento ecológico, tecnologías e implicaciones de salud en el reuso de los residuales domésticos.

El tercer capítulo describe la metodología seguida para el desarrollo de la investigación. También se incluye en esta parte, la descripción del estudio de caso y

de los dos posibles escenarios propuestos para la implementación de proyectos pilotos de ecosan; partiendo de las investigaciones bibliográficas y del levantamiento de datos realizado.

El cuarto capítulo muestra el análisis de los resultados, presentando las propuestas para el saneamiento ecológico en el área de estudio, desde el punto de vista tecnológico, agrícola y de gestión.

En el quinto y último se presentan las conclusiones sobre el trabajo y se realizan algunas sugerencias y recomendaciones de estrategias a seguir, así como futuras líneas de investigación para la viabilidad de proyectos de saneamiento ecológico en la Ciudad de la Habana.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Definición y estrategias del saneamiento ecológico

El saneamiento ecológico, abreviado como ecosan, es un enfoque alternativo para el manejo y gestión de recursos tanto hídrico como de fertilidad de los suelos. Se basa en un sistema de ciclo cerrado, es decir, permite la recuperación de los nutrientes, oligoelementos y energía contenidos en los desechos domésticos (líquidos y sólidos), para su posterior uso en la agricultura.

La estrategia de ecosan consiste en separar los componentes de las aguas residuales desde su origen (ver Figura 1) para hallar soluciones apropiadas de tratamiento y posterior utilización.

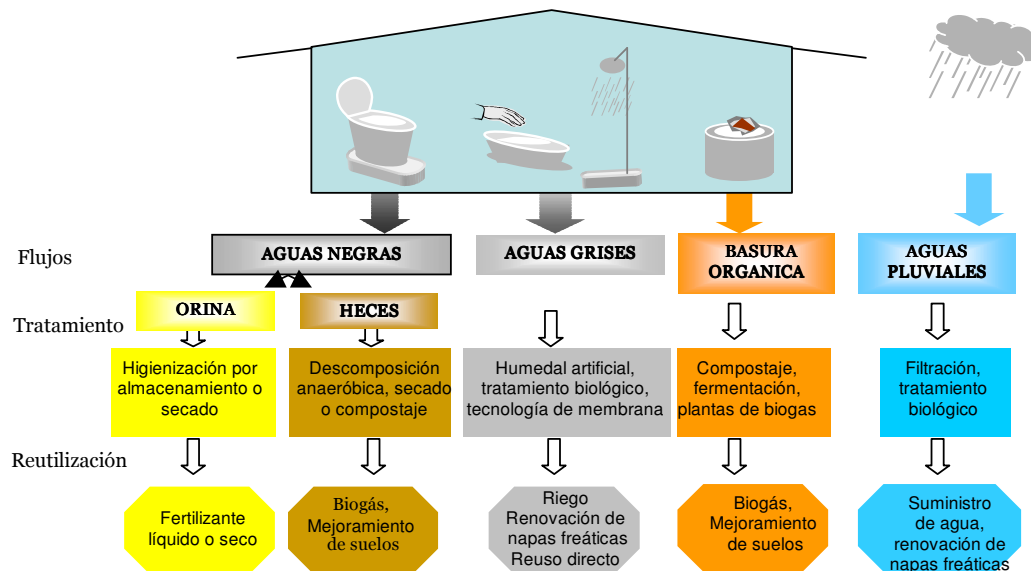


Figura 1: Separación de los componentes de aguas residuales
Modificado a partir de GTZ, 2000.

El saneamiento ecológico reevalúa los conceptos tradicionales de la gestión de aguas y residuos, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- La excreta humana es considerada como un recurso¹, que al convertirse en material seguro (mediante un tratamiento apropiado), adquiere un valor agregado
- Al tener en cuenta las diferentes calidades de las aguas residuales (ver inciso 2.2) y darles un tratamiento adecuado para su reutilización, se evitan muchos de los problemas ambientales y de salud ocasionados por las tecnologías lineales [GTZ ecosan, 2002].
- Menor consumo de agua, esto incluye la reducción en el empleo de agua potable para la descarga sanitaria, propiciando un ahorro considerable del preciado líquido y una disminución en el volumen total de “residuos” a manejar².
- Un enfoque interdisciplinario e integral para la gestión de residuos, que no solo considere las soluciones técnicas sino que incluya temas como la agricultura y la seguridad alimentaria, la conservación de recursos, la sociología, la higiene y la salud, la planificación urbana, la promoción de la pequeña empresa, etc.
- La importancia de desarrollar un sentido de responsabilidad por parte de los usuarios en cuanto al ciclo del agua y al destino de las sustancias contaminantes³.

Ecosan ofrece una gama de tecnologías, que puede ser utilizadas en un amplio espectro de condiciones físicas, culturales y económicas, permitiendo la posibilidad de alcanzar un sistema de evacuación sostenible [Werner, 2003].

2.2. Tipos de aguas residuales según su calidad

Para entender el principio de separación y reutilización de las aguas residuales domésticas se debe partir de las diferentes propiedades de cada uno de los componentes o flujos que integran esta agua.

Como se observa en la Tabla 1 las aguas grises (provenientes de la ducha, lavamanos y cocina) representan el mayor volumen de las aguas servidas. Estas contienen muy poco nutrientes pero alrededor del 40 por ciento de la carga orgánica. Su purificación es simple y representan un recurso importante para la generación de agua de irrigación de alta calidad [Oldenburg & Otterpohl, 2002].

¹ Una persona puede proveer una cantidad suficiente para abonar un área de producción agrícola de 200 a 400 m² dependiendo del suelo y la plantación

² En los sistemas de flujo y descarga se requieren aproximadamente 15000 L de agua potable para el arrastre de 50 L de materia fecal y 400 L. de orina por persona al año.

³ En los sistemas convencionales la invisibilidad e invulnerabilidad de la infraestructura de recogida de aguas residuales (principalmente por la disolución y no degradación final de las sustancias químicas) limitan la participación de los usuarios a “tirar de la palanca y olvidarse del problema”.

Tabla 1: Componentes principales en los flujos parciales de las aguas domésticas⁴.

	Aguas servidas	Aguas grises	Orina	Fecales
	Volumen (litros por persona. Año)	25.000 – 100.000	500	50
Componentes	Carga anual total por persona y año	%	%	%
N	aprox. 4 – 5 Kg.	3	87	10
P	aprox. 0.75 Kg.	10	50	40
K	aprox. 1.8 Kg.	34	54	12
COD	aprox. 30 Kg.	41	12	47
Gérmenes patógenos	+++++++	++	+	+++++++

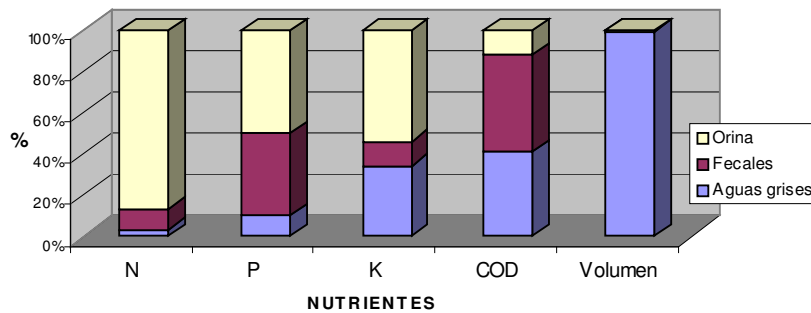


Figura 2: Distribución de nutriente en las aguas domésticas
Fuente: Oldenburg & Otterpohl, 2002; Froehlich, 2003.

La orina, fracción denominada también como aguas amarillas, representa cerca del 90 por ciento de la excreta humana. La mayoría de los nutrientes contenidos en las aguas servidas provienen de esta fracción (ver Figura 2). Los seres humanos producen cada uno a través de la orina cerca de 3,8- 4,7 Kg. de nitrógeno, 0,7 Kg. de fósforo y 1,3 Kg. de potasio anualmente [Drangert, 1998; West, 2001]. La orina, con pocas excepciones no juega ningún rol en la transmisión de enfermedades [Schönning, 2001]. Estudios realizados sobre el tema, indican que la orina humana puede ser considerada como un excelente fertilizante (comparando su eficiencia con fertilizantes artificiales como el NPK), debido a la concentración de nutrientes y a la disponibilidad de estos para ser usados por las plantas, el nitrógeno se encuentra en forma de urea, el fósforo como superfosfato y el potasio como ión [Jönsson, 2000].

El riesgo para la salud reside principalmente en la fracción de los fecales. Su separación posibilita un tratamiento higiénico y la producción de un abono para el mejoramiento de la estructura de los suelos. Las aguas cafés (ó heces fecales)

⁴ La cantidad de excreta puede variar en función de factores como la dieta, el clima y el estilo de vida, pero la proporción de nutrientes y agua excretada permanece relativamente constante independientemente del total del producto [Esrey, 2001].

contienen algo más del 45 por ciento de la carga orgánica y representan menos del 0.5 por ciento de las aguas servidas (ver Figura 2). Por tanto es más sencillo sanear una fracción concentrada de este material que diluirlo en agua y darle un tratamiento a todo el conjunto de aguas una vez contaminadas. La destrucción de patógenos y la interrupción del ciclo infectivo se aseguran a través de un adecuado tratamiento y manipulación de esta fracción (ver 2.3.5.).

La separación de las aguas residuales domésticas, puede considerarse como un paso importante hacia un planteamiento sostenible del uso del agua y del reciclaje de nutrientes.

2.3. Aspectos de salud en el reuso de excreta humana

El saneamiento y la salud humana están estrechamente conectados. Hay evidencia de que un pobre saneamiento y la utilización de excrementos no tratados, conllevan directa o indirectamente a la transmisión de enfermedades. Un mayor entendimiento de los procesos ayudará a prevenir los riesgos asociados con el uso de excrementos.

2.3.1. Existencia de patógenos en los excrementos

En la excreta se pueden hallar cuatro categorías de patógenos⁵: bacterias, virus, amebas o protozoos y parásitos (huevos de helmintos). Hay aproximadamente 30 infecciones relacionadas con la excreta, de importancia en la salud pública [Strauss, 2000], las más relevantes son listadas en la Tabla 2 de acuerdo con su aparición en heces y orina. Los coliformes fecales, especialmente *Escherichia coli* y huevos de helmintos son usados como indicadores para contaminación fecal.

Las heces fecales contienen el mayor número de patógenos en el excremento humano como se observa en la Tabla 2 y por tanto representan la fuente más importante de transmisión de enfermedades infecciosas. La orina es higiénicamente menos crítica y puede ser considerada como estéril si proviene de personas sanas; no obstante surge un riesgo importante si hay contaminación fecal de la orina. La separación y baja dilución de orina y heces ofrece una excelente opción para medidas específicas de higienización.

⁵ microorganismos que pueden causar infecciones y enfermedades

Tabla 2: Aparición de patógenos en heces y orina y enfermedades relacionadas⁶

Patógenos	Enfermedad	Orina	Heces
Virus			
- Polio	Parálisis infantil (polio)		X
Bacterias			
- Escheria coli	Diarrea	X*	X
- Salmonella typhi	Tífus	X	X
- Vibrio cholerae	Colera		X
Protozoos	Disenterias		X
Helmintos	Infestation con parásitos		X

* Su aparición se reporta por contaminación cruzada con heces

Fuente: Windberg, 2001.

2.3.2. Riesgos de salud y transmisión de enfermedades

El riesgo para la transmisión de enfermedades por la reutilización de la excreta, esta dado por la combinación de las rutas de transmisión (vía oral por contacto directo, por insectos, a través del agua, suelo y transmisión secundaria a través de los alimentos) y de las cuatro barreras: saneamiento, hábitos de higiene, factores de patogenicidad de los microorganismos y factores del hospedero; como se muestra en la Figura 3.

Un adecuado tratamiento y disposición final de la excreta, asociado a buenas prácticas de higiene previenen eficazmente la mayoría de enfermedades gastrointestinales.

Las otras dos barreras están relacionadas con la interacción hospedero – patógeno y la dosis mínima de infección. La sobrevivencia de patógenos excretados varia entre los diferentes tipos de microorganismos y el medio (condiciones de humedad, temperatura y nutrientes) en el que se encuentran (ver anexo 1-A). La actividad microbiológica disminuye con un contenido inferior al 35 – 40% de humedad y se detiene con un contenido de humedad de 12% o menos. A mayor temperatura el tiempo de sobrevivencia de los patógenos disminuye (ver anexo 1-B). Otro factor importante es el pH; para las bacterias, p.ej. E. coli, es ideal un medio con un pH entre 6.0 y 7.0 (pH del agua) y en general valores de pH más altos, alrededor de 9.0 son nocivos para el crecimiento microbiano [Austin, 2001].

Otro factor importante es **la dosis infectiva**, esta corresponde a la dosis requerida para que se desarrolle una enfermedad en el huésped humano. Para helmintos, protozoos y virus la dosis infectiva es menor que ($<10^2$ No/l) y para bacterias se encuentra entre ($\sim=10^4$) y ($> 10^6$) [Strauss, 2000].

⁶ Una tabla más extensa de microorganismos en excreta puede encontrarse <http://www.sanicon.net/tp2table1>

Adicional a esto, el riesgo de enfermedades se encuentran asociado también a los factores relacionados con el huésped, p.ej. el grado de inmunidad contra ciertas infecciones y aspectos como la edad, la nutrición, el género, etc.

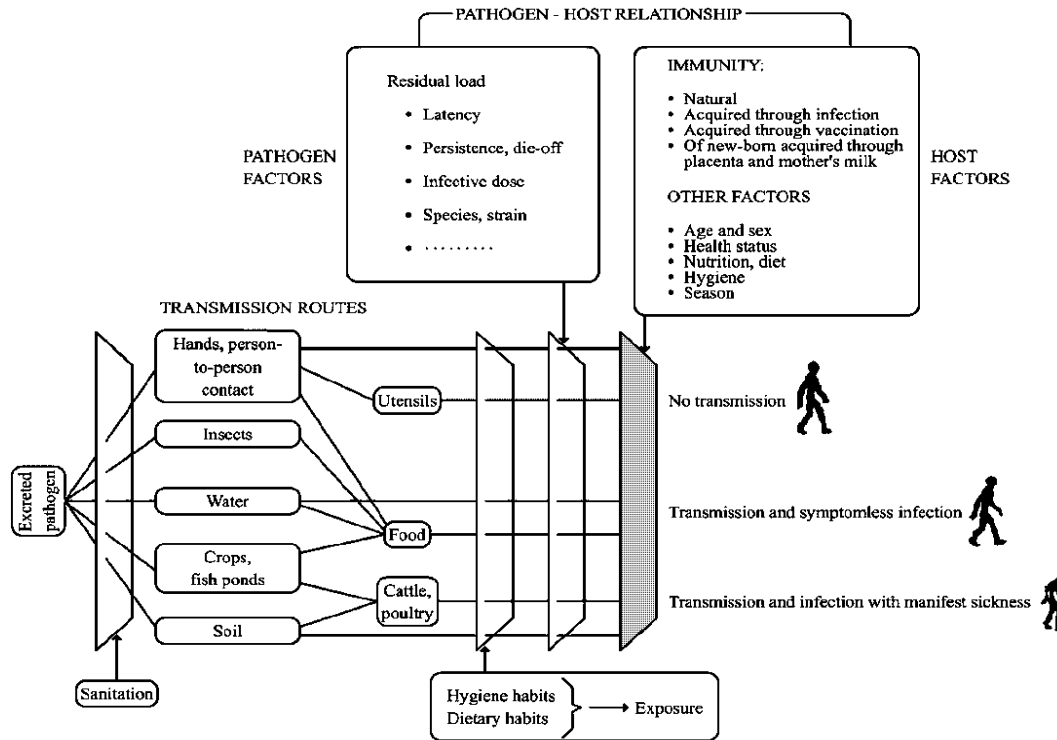


Figura 3: Rutas de transmisión de patógenos excretados
Fuente: Strauss, 2000.

2.3.3. Mecanismos para proteger la salud

Hay diferentes medidas para prevenir que los patógenos alcancen al hospedero humano (ver Figura 4), estas pueden ser agrupadas de la siguiente forma:

- Mejoramiento del saneamiento e higiene personal en los hogares.
- Tratamiento apropiado de los residuales domésticos y de la excreta.
- Restricción de cultivos que pueden ser fertilizados o regados con esta aguas negras⁷.
- Métodos y medidas de aplicación del material saneado (regulaciones).
- Medidas de seguridad para el personal que este en contacto con la excreta
- Control de la exposición y contacto con la excreta (sin tratamiento), ya sea de forma directa o diluida p. ej. a través de aguas contaminadas.

⁷ Las directrices de la OMS (1989) para el uso seguro de aguas residuales y excretas (como fracción combinada) en la agricultura indica los límites para los patógenos. Estas directrices de 1989 están siendo revisadas y se espera que en la próxima edición se incluyan también directrices sobre la orina [Schönning, 2003].

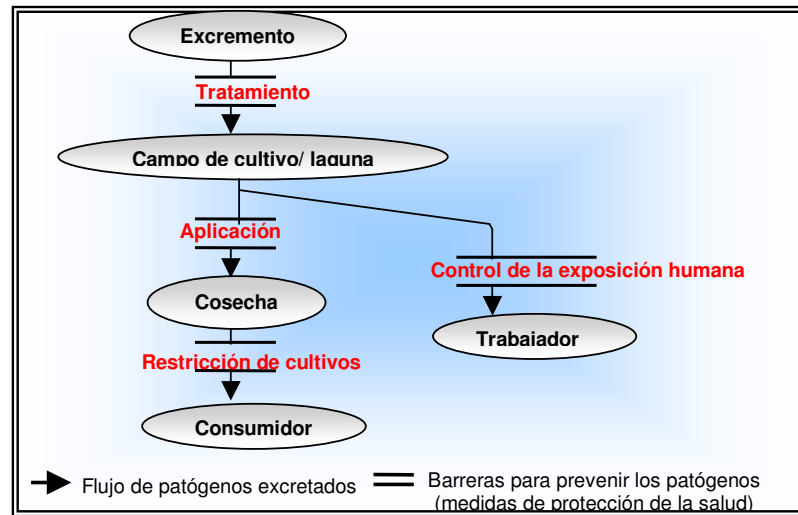


Figura 4: Mecanismos para proteger la salud
Fuente: Mara & Cairncross, 1989.

2.3.4. Tratamiento para la reducción de patógenos

El objetivo al manejar y reutilizar productos fertilizantes provenientes del saneamiento, no solo es satisfacer la demanda de estos productos en el mercado local, sino el de minimizar los riesgos de transmisión de enfermedades infecciosas. Siendo el tratamiento de las excretas, el obstáculo más importante para prevenir la propagación de patógenos en el medio ambiente. Hay una variedad de opciones tecnológicas que diseñadas, construidas, operadas y mantenidas de forma apropiada pueden garantizar un producto seguro y un medio ambiente libre de contaminación (ver inciso 2.4.2.)

Para obtener un fertilizante a partir de las excretas que sea de uso seguro es posible aplicar métodos de tratamiento que utilicen cualquiera de los parámetros que afectan la desactivación de los patógenos en el ambiente, en función del tiempo:

- Humedad (decremento), p. ej. en sanitarios de deshidratación.
- Temperatura (incremento), p. ej. baches de digestión termofílica, pilas de co-compostaje aireado.
- Nutrientes (decremento)
- Luz solar (incremento), p. ej. sanitarios solares.
- pH (incremento), p. ej. con la adición de cenizas o cal en el tratamiento.

En el caso de que las heces sean incineradas, las cenizas pueden usarse también como fertilizante.

En el almacenamiento de la orina la temperatura y un pH elevado (~9), en combinación con el amoníaco, provocan la desactivación de microorganismos.

La contaminación fecal de la orina separada representa probablemente el mayor riesgo y se ha sugerido almacenarla como medida de seguridad antes de usarla para abonar [Schönning, 2003].

2.4. Tecnologías

El saneamiento ecológico comprende una variedad de opciones tecnológicas que van desde tecnologías simples a muy sofisticadas. Se da preferencia a módulos descentralizados o semi-centralizados, pero sistemas centralizados con un apropiado tratamiento que enfatice el saneamiento y el reuso del efluente en lugar de la eliminación de los nutrientes, es considerado como un sistema ecosan. La recolección de aguas lluvias, el tratamiento de basura orgánica y de estiércol animal pueden también integrarse dentro de los conceptos ecosan.

2.4.1. Clasificación de tecnologías

Las tecnologías de saneamiento ecológico se pueden clasificar de diferentes formas, dependiendo de:

- La localización del tratamiento - contempla las *opciones en el sitio y fuera del sitio*.
- La utilización de agua para el transporte de los excrementos - incluye las *opciones secas* y las *opciones que requieren uso del agua*.
- La posibilidad de separación de las fracciones - *opciones con separación en la fuente, post-separación y sin separación*.

Adicional a estos factores se debe tener en cuenta:

- El nivel tecnológico a utilizar - alta tecnología o baja tecnología.
- Los costos de inversión y operación - sistemas económicos o costosos.
- El área donde se instala (densidad poblacional) - sistemas apropiados para áreas urbanas y áreas rurales.
- Estado de la tecnología en el mercado - tecnologías nuevas y probadas.

Para seleccionar una opción tecnológica apropiada es necesario tener en cuenta las diferentes opciones para cada uno de los componentes del sistema, como se muestra en la Figura 5.

instalados también sanitarios de bajo consumo, que previenen una mayor dilución y menor cantidad de las aguas a tratar (Ver Tabla 3).

Tabla 3: Comparación del consumo de agua de diferentes sistemas sanitarios

(Litros)	Sanitario convencional	Sanitario Compostero	Sanitario al vacío	Sanitario con separación
Volumen de agua por descarga	9**	0 - 0,2	1	0,2 para descarga de orina y 9 para descarga total
Volumen de agua por persona al día*	45	0 - 1	5	10

* Asumiendo 1 vez "descarga para heces" y 4 veces "descarga para orina" por día/ persona

** El volumen de agua por descarga en un sanitario convencional varía desde 9 hasta 12 - 18 Litros según el modelo.

Fuente: Li et al., 2000.

En los sanitarios al vacío se reducen el consumo de agua por descarga a un litro o menos, pero su implementación requiere mayor inversión. En el caso de ser necesario sistemas de post-separación (líquido-sólido) existen sanitarios que trabajan con sistemas mecánicos como el aquatrón.



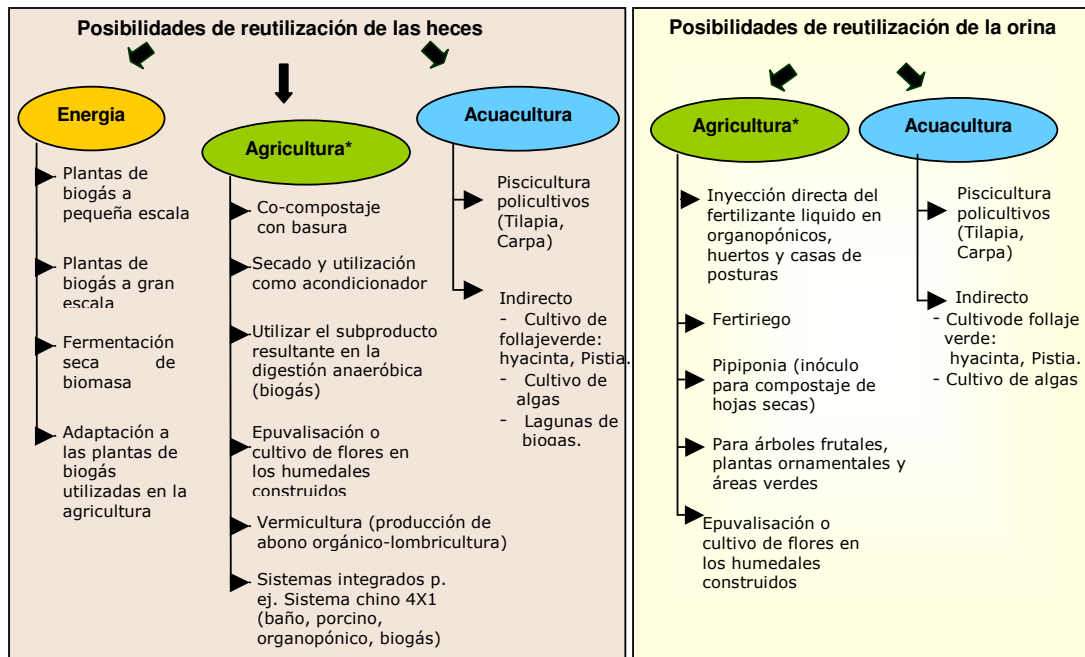
Figura 6: Modelos de sanitarios

El tipo de tratamiento a seleccionar depende de la selección del equipo sanitario y viceversa. El tratamiento de la orina consiste en un almacenamiento en tanques no ventilados y a temperatura ambiente. La relación tiempo y condiciones de

almacenamiento (temperatura y dilución) garantiza la obtención de un producto seguro higiénicamente [Jönsson, 2000].

Para el tratamiento de las heces la selección del proceso depende del contenido específico de humedad en el material inicial. Esta fracción se puede tratar en conjunto con desechos orgánicos y dependiendo de las condiciones locales (clima, demanda de energía, aceptación socio-cultural, etc.) se puede usar los procesos de deshidratación, compostaje, incineración y digestión anaeróbica (biogás o fermentación en seco) para obtener un producto higienizado (ver 2.3.4).

Según el tipo de tratamiento establecido, los productos resultantes al sanear las heces y la orina humana pueden ser utilizados en la agricultura, piscicultura o a nivel energético, como se observa en la Figura 7.



* Con la excreta saneada de una persona adulta se puede abastecer con nutrientes un área de cultivo con sorgo de mínimo 400 a 550 m² esto significa que en promedio con una familia de 10 personas se abastece un área de 0,3 a 0,45 Hectáreas

Para cualquiera que sea la forma de reutilización de la excreta humana se debe analizar la aceptación de la comunidad, de los usuarios y agricultores para usar el producto resultante del saneamiento y entablar un mercado para estos productos.

Figura 7: Posibilidades de reutilización de la excreta humana

Algunas opciones incluyen el tratamiento de las aguas residuales, separando las dos fracciones: aguas grises y aguas negras. Las aguas grises pueden ser tratadas en sistemas sencillos como filtros, humedales construidos, lagunas de estabilización o sistemas de filtración por membrana, entre otros y las aguas negras, a través de sistemas descentralizados “DEWATS” (p. ej. tanque Imhoff, UASB, lagunas de oxidación, humedales artificiales, plantas de biogás, entre otros) o una integración de diferentes procesos. En el anexo 2 se encuentran algunos ejemplos de combinaciones técnicas posibles para el saneamiento.

CAPITULO III

ESTUDIO DE CASO

Para dar una visión general al lector, se presenta a continuación el esquema estructural utilizado en este trabajo (ver Figura 8)

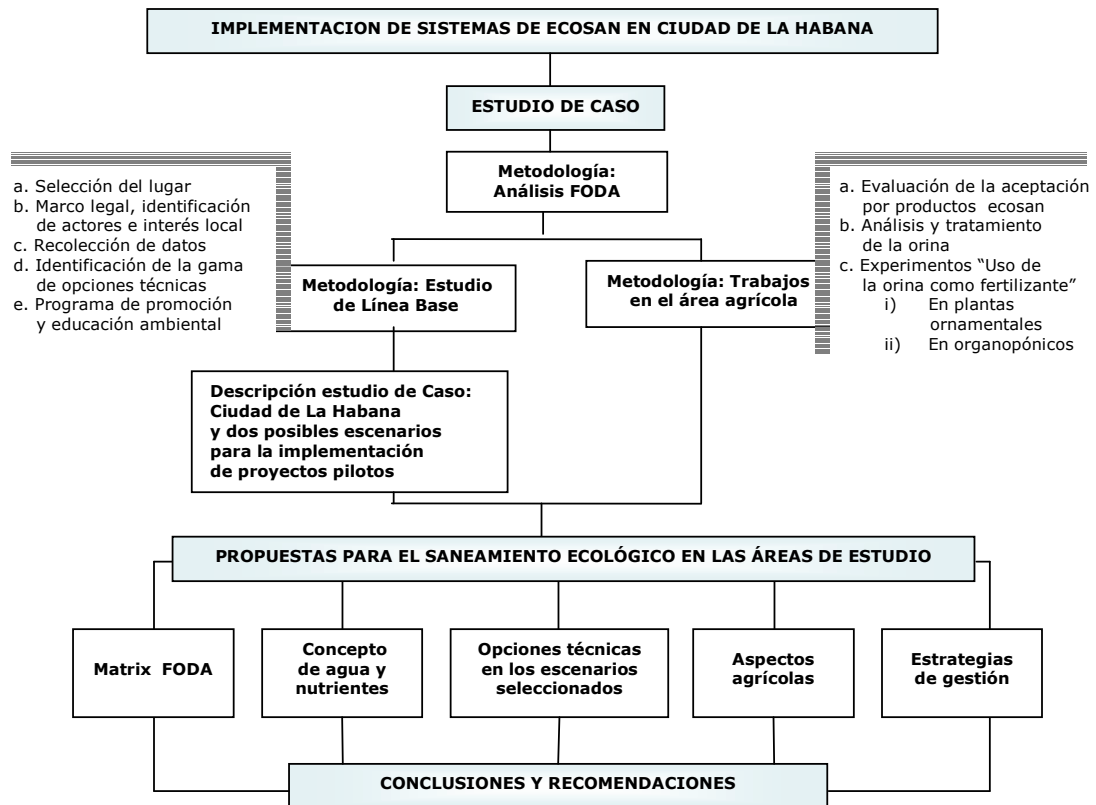


Figura 8: Esquema lógico estructural del trabajo

3.1. Metodología

3.1.1. Análisis FODA

Para recabar la información se realizó una revisión bibliográfica y se consultaron 20 expertos de diferentes Instituciones que trabajan en las áreas de saneamiento, agricultura urbana, ordenamiento territorial y salud. La información obtenida estuvo en función de la situación actual de agua y saneamiento, nuevas tendencias, balance de nutrientes y abasto de agua en la agricultura urbana, proyectos y limitaciones para el reuso de residuales domésticos y tecnologías de biogás. Los datos recolectados sirvieron como base para identificar las potenciales y obstáculos -análisis FODA- para la implementación de tecnologías de saneamiento ecológico en la Ciudad de la Habana.

En la matriz FODA (ver anexo 3) se confrontaron los factores internos:

(F) Fortaleza y (D) Debilidades del sistema, con los factores externos del entorno: (O) Oportunidades y (A) Amenazas, para generar diferentes opciones de estrategias y formular el plan de acción.

3.1.2. Estudio de línea base

a. Selección del lugar donde se desea implementar un saneamiento ecológico

Para la selección del lugar se realizó una evaluación preliminar del lugar teniendo en cuenta los criterios que promueven la aceptación o el rechazo a los sistemas de saneamiento ecológico [emitidos por la GTZ, 2002]. Para recabar esta información se visitaron los lugares y se observó las condiciones físicas, los patrones de asentamiento y las instalaciones existentes; se mantuvo una conversación informal con los habitantes y productores sobre las prioridades en el área y se consultó con personas externas que conocen el lugar (ONGs o funcionarios gubernamentales).

b. Identificación de los actores involucrados, el marco legal e interés de los funcionarios locales en las áreas seleccionadas

Se hizo una lista de normas y regulaciones que podrían prohibir, limitar o promover los sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas (ver Anexo 4: Lista de regulaciones cubanas revisadas). Entre los aspectos legales que se revisaron se encuentran: los parámetros de calidad del agua residual para su disposición final o su uso productivo, las normas técnicas para el tratamiento y uso

agrícola de las aguas residuales domésticas y los derechos de uso de las aguas tratadas [CEPIS, 2000].

Posteriormente se realizó una charla con los portavoces locales sobre el desarrollo local, las prioridades de desarrollo y la situación actual de la provisión de servicios públicos básicos en el área. Se realizó una presentación sobre el tema (abarcando los principios, beneficios e implicaciones del saneamiento ecológico) y se discutió el alcance actual y las perspectivas de estas tecnologías.

c. Recolección de datos preliminares

Para lograr seleccionar una tecnología que responda al contexto local y a las preferencias de los usuarios, fue necesario recopilar información acerca de las condiciones locales (localización física, condiciones técnicas, sociales, financieras, ambientales y de salud).

Las principales necesidades incluyeron información sobre:

- El desarrollo urbanístico y planes futuros en el área.
- Las prácticas de saneamiento existentes (disposición de aguas grises y negras).
- Los actuales niveles de suministro de agua potable y los planes para realizar mejoras en el futuro.
- Las condiciones y prácticas de salud e higiene.
- Situación de los desechos sólidos y fuentes de energía.
- Las formas de agricultura urbana en el área y las fuentes de materia orgánica y agua disponibles en el sector.
- Usuarios potenciales de los productos reciclados del saneamiento y las opciones de reuso del material reciclado.
- Creencias y percepciones sobre el reuso de residuales domésticos.

Para recolectar la información se incluyó:

La revisión de información ya disponible y recolección de datos de algunas instituciones; visitas a los hogares y entrevistas estructuradas con algunos informantes y grupos claves; observaciones directas e inspecciones de la infraestructura existente y toma de fotos (Ver anexo 5: Lista de datos del estudio de línea base).

d. Identificación y análisis de la gama de opciones técnicas

La información recolectada sirvió como base para determinar la gama de opciones técnicas y realizar un árbol de decisiones de las posibles tecnologías de saneamiento ecológico a tomar en consideración bajo las condiciones locales; seleccionando opciones técnicas:

- A nivel domiciliario — incluyendo las opciones secas y las que requieren del uso de agua.
- Para separar y recolectar las aguas residuales — incluyendo opciones en el sitio o fuera del sitio.
- Para el tratamiento y su reutilización — a nivel domiciliario, comunitario o según se requiera.

El siguiente paso es la **selección final de la tecnología**, pero ya que la decisión final del sistema a implementar debe ser un proceso de consulta pública con los grupos interesados, no forma parte de este trabajo.

Este trabajo llega hasta el planteamiento de la gama de opciones técnicas posibles con sus ventajas y desventajas. Estas opciones deben ser presentadas en un taller a los grupos interesados, autoridades y líderes locales, para que se pueda tomar una decisión informada antes de proceder con el desarrollo de los planes detallados (estudio de prefactibilidad y posterior implementación de proyectos pilotos de ecosan).

e. Programa de promoción y educación ambiental

- Todo el proceso fue acompañado por una campaña de promoción sobre las estrategias del saneamiento ecológico. Se realizaron un total de 25 charlas⁸ a distintos niveles, que incluyeron ONGs, autoridades locales, profesores e investigadores en las universidades y centros de investigación que trabajan en las áreas de agricultura urbana y saneamiento.

- Trabajo con las cuatro escuelas primarias en una de las áreas seleccionadas para el estudio, en colaboración con las personas encargadas del programa de educación ambiental, en este caso las bibliotecarias. Para el trabajo con los niños se utilizó los esquemas gráficos del saneamiento ecológico y material visual. Posterior a cada sesión, se realizaron discusiones con el grupo para contextualizar el tema de saneamiento ecológico en su entorno inmediato, de barrio y ciudad.

El material utilizado consistió de tres afiches de ecosan, 1 CD de música “la salud llegó”, el video del grupo de la bahía “Salvando la esperanza” y un video de agricultura orgánica y compostaje. Para transmitir el mensaje a padres y vecinos del barrio, se organizó la realización de un mural de exteriores con la participación en el diseño, por parte de los niños pertenecientes al grupo de arte y medio ambiente de las escuelas. La actividad fue coordinada por uno de los círculos de interés de medio ambiente y una trabajadora social del barrio.

⁸ De las cuales 15 charlas fueron en el área de agricultura (ver 4.4.1) para medir la aceptación de los productos reciclados del saneamiento

- Participación en la elaboración de un documental de 20 minutos acerca del saneamiento ecológico y la situación actual en la Ciudad de la Habana. El trabajo fue coordinado por personal del canal educativo cubano.

3.1.3. Trabajos en el área agrícola

a. Evaluación del grado de aceptación para utilizar el material reciclado del saneamiento en la agricultura urbana

Se realizaron entrevistas estructuradas a 80 productores, pertenecientes a diferentes modalidades productivas o formas asociativas de producción en la agricultura urbana, entre las que se encontraron: CCS (Cooperativas de créditos y servicios), UBPC (Unidades Básicas de Producción Cooperativa) y grupos de parceleros.

Las entrevistas se efectuaron antes y después de una charla sobre saneamiento ecológico. Posterior a cada charla se organizó un debate con los productores para conocer la percepción con respecto al sistema, su disposición a tomar parte en experimentos y alternativas para el manejo del material reciclado. Para la organización de las charlas con los agricultores se contó con la coordinación del ACTAF (Asociación Cubana de Técnicos Forestales y Agrícolas) y del gobierno de las áreas seleccionadas para posibles proyectos pilotos de ecosan.

b. Análisis y tratamiento de la orina

El tratamiento del producto consistió en el almacenamiento bajo condiciones de fermentación, verificando las condiciones de pH periódicamente (con tiras de pH).

Se tomaron 10 muestras de orina, almacenadas por un productor en el rango de una a 10 semanas en tanques plásticos debidamente cerrados y se determinó la concentración de Nitrógeno total y Fósforo mediante NT-colorimetría (Lasa 100 Dr. Lange a base de test calibrados) y el pH mediante electrométrico. A cuatro de las muestras se les determinó la concentración de Potasio por espectroscopia de absorción atómica. Después de uno y dos meses de almacenado el producto se realizó un análisis microbiológico, (recuento total de bacterias en placa) a dos muestras por duplicado.

c. Experimentos “Uso de la orina como potencial fertilizante”

i) Experimento preliminar en plantas ornamentales

Se diseñó un ensayo de campo en la Finca Vivero La Begonia.

Se sembraron plantas de las especies Begonia blanca (*begonia sp.*) y Pilea plateada, (*pilea plateada*); en dos tipos de suelos, ferralítico rojo y pardo.

Como se muestra en la Figura 9 los tratamientos resultantes en el diseño experimental fueron:

T# 1: Suelo ferralítico rojo Testigo

T# 2: Suelo ferralítico rojo con fertilizante a base de *orina tratada*⁹(FLO)

T# 3: Suelo ferralítico rojo con materia orgánica

T# 4: Suelo Pardo Testigo

T# 5: Suelo pardo con FLO

T# 6: Suelo pardo con materia orgánica

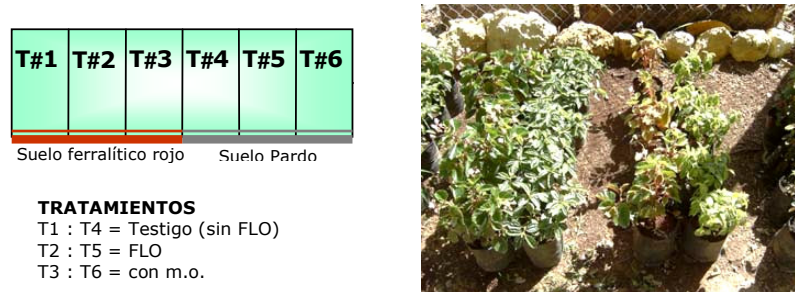


Figura 9: Diseño del experimento con plantas ornamentales

- Materia orgánica: a base de estiércol vacuno.
- Siembra: en bolsas de polietileno.
- Repeticiones: Cada tratamiento se repitió 5 veces, lo que resultó en un total de 30 unidades experimentales (bolsas de 250gr) para cada especie cultivada.
- Riego: manual cada dos días para mantener la humedad.
- Fecha de siembra: 13/12/2003
- Fecha de evaluación: 24/2/2004
- Procedimiento: Por cada bolsa en el T#2 y T#5, se vertieron 250 ml de la mezcla de FLO con agua. En la aplicación inicial la concentración fue 1L de FLO: 5L de agua; en las posteriores aplicaciones la dosis fue más diluida 1L de FLO: 10L de agua. Las aplicaciones se realizaron en intervalos de 15 días.
- Preparación del producto fertilizante "FLO": Tratamiento por almacenamiento de la orina 6 semanas a temperatura ambiente.

ii) Experimento como fertilizante en organopónicos

Se diseñó un ensayo de campo en la propiedad agrícola perteneciente al ACTAF, bajo la asesoría y colaboración de un experto de la Universidad Agrícola de La Habana.

⁹ A partir de este momento, se nombrará al fertilizante hecho en base de orina tratada con el término de FLO, que significa Fertilizante Líquido Orgánico.

Se sembraron plantas de lechuga de la variedad “Black Sison” (ciclo de 55 a 60 días). La lechuga se cosechó el 07/02/04, a los 18 días de sembrada la postura.

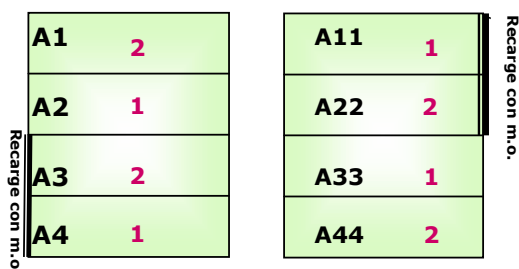
- El diseño experimental fue en bloque al azar con 2 tratamientos y 4 repeticiones. Los dos tratamientos resultantes fueron:

Tratamiento 1: mezcla de *orina tratada*⁹ (FLO) 1:5

Tratamiento 2: testigo sin aplicación.

En la mitad del cantero se aplicó la materia orgánica según las normas establecidas en la agricultura urbana para la preparación del mismo.

Se sembraron un total de 4 parcelas por tratamiento, con una superficie de 6,87 m²



cada una. Lo que implicó una superficie experimental aproximada de 75,6m², incluyendo las borduras. La altura del cantero fue de 0,1-0,20 mt.. La distancia de plantación fue de 0,1X 0,1mt y la densidad de plantación fue de 360 *plantas por parcela*.

La Figura 10 presenta un esquema de la distribución de las parcelas en el diseño experimental.

Figura 10: Esquema del diseño experimental

- Preparación del producto fertilizante FLO “orina tratada”
El tratamiento del producto se llevó a cabo mediante el almacenamiento durante 9 semanas en tanques plásticos. Se chequeó continuamente el pH (con papel de pH) para asegurar las condiciones higiénicas del producto. Se realizaron 2 aplicaciones del producto, en una concentración de 1:5 con agua. Se realizó un riego homogéneo, aplicando 3L /m² de la solución.

- Labores culturales
El riego (microaspersores) y el tratamiento fitosanitario se aplicaron según las normas establecidas en la agricultura urbana, donde no se utiliza agroquímicos.

- Determinaciones
Los análisis fueron realizados bajo las siguientes técnicas:

- pH, mediante potenciómetro.
- Fósforo (P₂O₅) por método colorimétrico (amarillo de Vanadio).
- Nitrógeno mediante determinación de Messler.
- Potasio (K+) mediante Fotometría de llama.

- e) Materia orgánica, por método Walkley-Black
- f) Calcio+Magnesio, mediante complexometría con EDTA.

Se realizaron las siguientes determinaciones:

- Al producto fertilizante FLO "orina tratada": pH, (%) Nitrógeno, Fósforo y Potasio.
- Al sustrato: mo-N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, C y pH
- A las plantas de lechuga: masa fresca, masa seca, % N, % P, %K
- Producción: Kg/m²
- Aspecto visual de las plantas

Los efectos estudiados responden a variables de rendimiento y de concentración de nutrientes tomados por las plantas.

- El análisis de datos

Los análisis estadísticos fueron realizados mediante la utilización del paquete estadístico SATRGRAPH 4.1 y cuando se encontró diferencias significativas se aplicó el test de Duncan para determinar el orden de las medias.

3.2. Descripción del estudio de caso: Ciudad de La Habana

3.2.1. Características generales

La ciudad de La Habana es la capital de la República de Cuba y principal centro político, administrativo y económico del país. Se encuentra ubicada en la costa norte de la región occidental de la isla.

El clima es húmedo, con valores relativos de humedad anual que oscilan entre 79 y 85^º [Alonso, 1998]. La temperatura media anual es de 24,5^ºC, con una media máxima mensual de 29,8^ºC en los meses de julio y agosto y una media mínima mensual de 19,9^ºC en el mes de enero. La precipitación media anual alcanza una lámina de 1411 mm/año; se presenta un periodo húmedo “un verano lluvioso” comprendido entre mayo y octubre y un periodo seco desde noviembre hasta abril (ver Figura 11).

La velocidad media de los vientos está comprendida entre 12 y 15 km/h, con épocas de ciclones tropicales, donde se alcanza una velocidad máxima de 288 km/h.

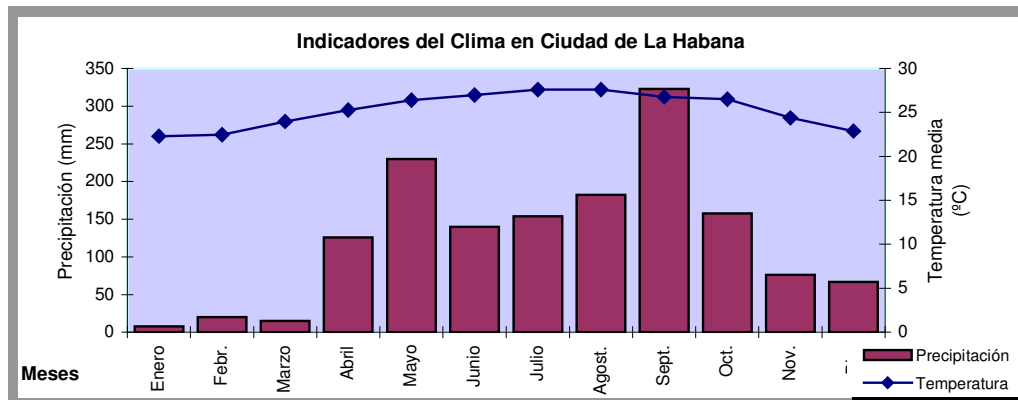


Figura 11: Indicadores del Clima en la Ciudad de La Habana

Elaborado a partir de Datos del Clima de La Habana 2002 (medidos en Casablanca)

3.2.2. Población y urbanización

La ciudad de La Habana cuenta con una población de 2.181.535 habitantes [ONE, 2002], la cual representa el 20% de la población total de Cuba. El área total es de 728 km², para una densidad poblacional de más de 3000 habitantes/km².

Dentro de la misma Ciudad se presentan distintos escenarios demográficos, alrededor de la Bahía se encuentran las áreas más densamente pobladas, p. ej. municipios de Centro Habana, Habana vieja¹⁰, 10 de Octubre y al sureste las áreas con menor ocupación urbana, población dispersa y grandes extensiones agrícolas. El tipo de viviendas es muy variado, desde viejas residencias coloniales, hasta bloques

¹⁰ La densidad de la población en la Habana vieja es de aprox. 22000p/ km².

de apartamentos multifamiliares y casas de construcción de la post-revolución. En general se observa un alto grado de deterioro de las viviendas por la falta de mantenimiento, se estima que aproximadamente el 49% de las edificaciones se encuentran en regular y mal estado, concentrándose el deterioro especialmente en los municipios de Centro Habana y Habana vieja [Metrópolis, 1997].

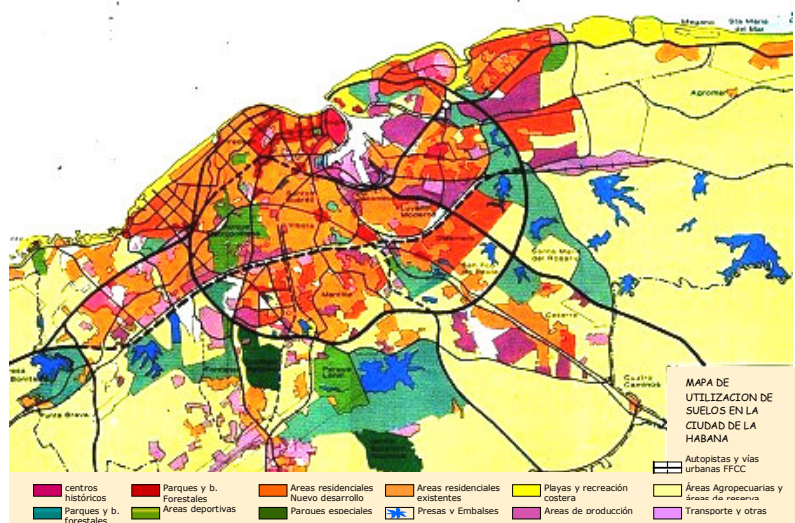


Figura 12: Mapa de la Ciudad de La Habana

La ciudad muestra un desarrollo radial, cuyo centro es la bahía de La Habana (ver Figura 12).

Las áreas verdes se encuentran ubicadas más hacia la periferia, notándose una escasez de estas áreas en el centro de la ciudad.

3.2.3. Caracterización del servicio de agua potable

La cobertura del servicio de agua abarca el 95% de la población, contando con conexión intradomiciliaria el 75% [ONE 2002].

En la Ciudad de la Habana existen cuatro sistemas de abasto (sistema central, este, sur, oeste), casi la totalidad del agua potable suministrada es de origen subterráneo (ver anexo 6-A: características de los sistemas de abasto existentes). De las fuentes de abasto se extrae un volumen total de entrada de 1,33 millones m³/día, para una dotación promedio de 604 litros per. cápita día. Cifra que al parecer¹¹ resultaría suficiente para abastecer toda la población durante las 24 h del día. No obstante, en la realidad, este servicio se suministra en horarios limitados y con presiones y caudales insuficientes. El problema de la disponibilidad del servicio radica precisamente en la antigüedad de la infraestructura de abastecimiento de agua potable. Esto ocasiona un alto volumen de pérdidas de agua por fugas en la conductora, en las redes de distribución (se estima que más del 55% del agua se pierde por este concepto) e incluso en el interior mismo de las viviendas [Alonso, 1998].

¹¹ en comparación con la dotación en ciudades europeas con la misma escala.

A su respecto, el país ha venido realizando cuantiosos esfuerzos por rehabilitar y mantener las redes para elevar la eficiencia de este servicio y acciones que tiendan a garantizar la calidad del agua. Esto se ve reflejado en la fuerte inversión (ver inciso 3.2.8.) y participación de empresas mixtas en este sector.

3.2.4. Saneamiento e impacto ambiental de las aguas servidas

El 55% de la población está conectado a algún sistema de alcantarillado y un 39% dispone de sistemas de saneamiento in situ (fosas sépticas y pozos de infiltración). Dentro de las debilidades del sistema de saneamiento actual se tienen, el deficiente estado de las redes de alcantarillado, su carácter parcial en el territorio (ver anexo 6-B: características de los alcantarillados existentes en La Habana), el déficit de las



Figura 13: Descarga de aguas residuales domésticas en la zona costera

plantas de tratamiento de aguas residuales, la falta de mantenimiento en los sistemas e inoperante funcionamiento depurador de un elevado porcentaje de las lagunas de estabilización. En su conjunto, más del 40% de las aguas residuales generadas en el entorno urbano no reciben ningún tratamiento [Metrópolis, 1997], incidiendo en el detrimento de la situación sanitaria en áreas específicas de la ciudad y

en los altos grados de contaminación de los cuerpos fluviales y zonas costeras (ver Figura 13).

Se reportan un gran deterioro de la calidad de aguas superficiales (altos niveles de concentración en parámetros como la DBO, DQO; N_{Tot} y P_{Tot}) identificándose problemas críticos en la Cuenca del río Jaimanitas, río Quibú, río Almendares -Vento y la Cuenca colectora a la bahía de la Habana (Ríos Luyanó, Martín Pérez y Arroyo Tadeo), cuyos ríos fluyen a través de la ciudad y se comportan a efecto, como sistemas de alcantarillado a cielo abierto.

El vertido de los residuales domésticos afecta también a las aguas subterráneas, debido a la gran vulnerabilidad que presentan las formaciones geológicas en el territorio, fenómenos vinculados al carso con altas velocidades de infiltración [Metrópolis, 1997]. Una de las principales causas de la contaminación microbiológica y de nitratos de las aguas subterráneas, son las técnicas de disposición final de los residuales de fosas sépticas en el área urbana (técnicas de barreno¹²).

¹² Esta técnica consiste en la infiltración directa de residuales con tratamiento primario, alcanzando las capas acuíferas.

3.2.5. Incidencia de los servicios de agua y saneamiento en la salud

En los últimos años no se ha reportado ningún caso de cólera y los niveles de incidencia de enfermedades transmitidas por agua son muy bajos (p. ej. la tasa de mortalidad por enfermedades diarreicas es 4.1 X 100.000 habitantes). Estos datos resultan muy contradictorios en relación con el deterioro significativo de la situación sanitaria. No obstante, esto se explica por la prioridad que tienen los programas de atención de salud, con una extensa red preventiva –asistencial (167 habitantes por medico) [ONE, 2002] y una educación higiénica bastante extendida.

Este modelo de salud se realiza a un costo por encima de las posibilidades actuales y se debe tener en cuenta que no logra el mismo efecto cuando ocurren focos o brotes de enfermedades transmisibles especialmente por vía hídrica (p. ej. el dengue). No existe ninguna duda acerca de que, para poder alcanzar mejores indicadores de salud y mantener lo ya obtenidos a un costo viable para el Programa Nacional de Salud, se requiere mejorar las condiciones higiénico – sanitarias, en las cuales juegan un papel fundamental los servicios de agua y saneamiento [CEPIS/OPS, 2000].

3.2.6. Tarifas para los servicios de agua potable y alcantarillado

La mayoría de la población, que no cuentan con contadores, pagan una tarifa fija de 1,00 peso por persona integrante de la vivienda y adicionalmente 30 centavos por el servicio de alcantarillado. Mientras que el sector estatal paga 10 centavos por m³, según el volumen establecido o el consumo medrado.

Las entidades del sector turístico, industrial y empresas extranjeras o embajadas pagan las tarifas en MLC (Moneda Libremente Convertible), dependiendo del consumo; los índices son de 1USD m³, 0,75 USD m³ y 0,50 USD m³ respectivamente. En estos tres casos se cobra adicionalmente un 20% del valor facturado por el uso de alcantarillado.

3.2.7. Manejo de basuras

En la Ciudad se generan alrededor de 1.530 toneladas de desechos sólidos diarios [Cruz, 2001]. Estudios realizados en seis de los municipios colindantes con la Bahía, determinan un índice de generación de basura de 0.49 kg/habitante.día, con un predominio de material orgánico del 75% [PALACIO, 2000]. La etapa actual de gestión de los residuos sólidos se caracteriza por una recogida no diferenciada de la basura y



Figura 14: Acumulación y quema de basuras

su disposición final en vertederos. En este sector se confrontan dificultades en cuanto a la recogida debido al mal estado técnico, ausencia y deterioro de los camiones recolectores, notándose acumulación de basuras en algunas zonas específicas de la ciudad (ver Figura 14).

3.2.8. Inversiones en el sector medio ambiental

El gobierno destinó en el año 2001 un plan total de inversiones ascendente a 208,3 millones para la protección del medio ambiente, encaminado a ejecutar las acciones identificadas en la Estrategia Ambiental Nacional. De la inversión total se asignó alrededor de un 36% para la Ciudad de la Habana [ONE, 2002].

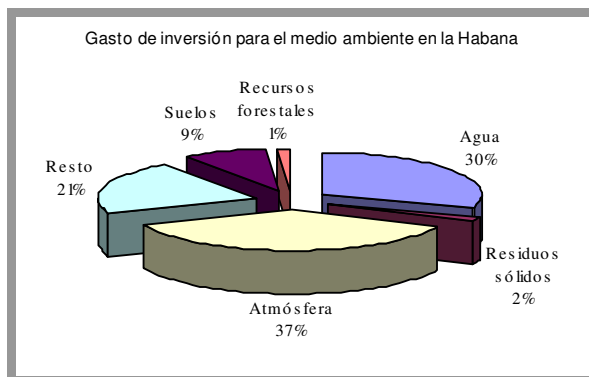


Figura 15: Gastos de inversión para la protección del medio ambiente en Ciudad de La Habana
Elaborado a partir de ONE, 2002.

El recurso atmósfera y agua constituyen los sectores con mayor asignación de recursos financieros, como se observa en la Figura 15. En las condiciones presentes de Cuba, el recurso agua resulta ser uno de los más agredidos; por ello es una de las prioridades dentro del Programa Nacional de Medio Ambiente y Desarrollo.

3.2.9. Agricultura urbana

Los cultivos agrícolas dentro de la ciudad cobraron auge a partir de la década de los 90, en medio de la crisis económica originada por la disolución de la Unión Soviética y la desaparición del campo socialista¹³.

La actividad agrícola urbana, ocupa actualmente el 12% del territorio total de la Ciudad de La Habana, vinculando a más de 22.000 productores urbanos y periurbanos, aporta a la población capitalina de 150 a 300 g/per. cápita / día de hortalizas y condimentos frescos [Cruz, 2001]. Con este movimiento se ha logrado reducir la cadena de eslabones acopio- transporte – acopio – punto de venta – consumidor, ofreciendo

¹³ Este período de crisis es conocido en el lenguaje político cubano como “período especial”

una variedad de productos frescos y sanos directamente al consumidor y contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población urbana.¹⁴

Durante el año 2002 se cosecharon 200.000 toneladas de hortalizas y condimentos frescos, mostrándose una tendencia creciente en la producción [GNAU, 2002]. En la actualidad hay 26 subprogramas que abarcan temas específicos tales como, producción de hortalizas, plantas medicinales y condimentos, flores, frutas, materia orgánica, crianza de animales, entre otros.

La agricultura urbana esta basada en el aprovechamiento de los recursos locales y las técnicas de agro-ecología, enfatizándose en los aspectos de manejo integrado ó biológico de plagas, manejo orgánico del suelo y costos mínimos de transporte [ALTERI, 1998]. Es una agricultura para el autoconsumo y la comercialización directa. Hay distintas modalidades productivas que difieren entre sí por tamaño, productos cosechados y nivel de manejo. Dentro de las más extendidas se encuentran los



Figura 16: El organopónico – una de las formas de la agricultura urbana

huertos intensivos, organopónicos (ver Figura 16), fincas suburbanas, huertos populares, autoconsumos estatales, cultivos domésticos.

En el anexo 7 se presenta una caracterización de las diferentes formas de producción en la agricultura urbana. Cada una de estas modalidades productivas cuenta con su tecnología de explotación y formas organizativas propias [Companioni, 1997]. Por tanto exhiben

diferentes niveles de eficiencia, tamaño, producción y manejo de los recursos (suelo, agua, semillas, etc.) Dos de los factores limitantes y de gran importancia para lograr la sostenibilidad de esta actividad son el manejo del agua y de la materia orgánica. Este último directamente relacionado con el manejo de la fertilidad de los suelos.

a. Manejo de fertilizantes y materia orgánica

Con el “período especial” Cuba confrontó una reducción del 50% en la importación de fertilizantes artificiales y pesticidas. A partir de entonces, se concentraron los esfuerzos para propiciar el uso de abonos orgánicos con vista al mantenimiento y fertilidad de los suelos y a la obtención de rendimientos estables durante todo el año en la producción intensiva.

¹⁴ Cabe destacar que por la complejidad que tiene La Ciudad de La Habana (2.2 millones de habitantes) todavía se está lejos de satisfacer las necesidades de alimentos (recomendadas por la FAO) que requiere la población, para lo cual se está trabajando, sobre todo en aquellas zonas más densamente urbanas que se encuentran limitadas en áreas donde desarrollar estas producciones [Castellón, 2002].

Entre los lineamientos de la agricultura urbana se hace especial énfasis en la aplicación sistemática de la materia orgánica mediante el uso de todas las alternativas locales y el desarrollo de programas territoriales que aseguren ese importante insumo. Se recomienda la aplicación de una cantidad superior a 10 kg/m² (100 ton/ha) de materia orgánica para la formación de los canteros en organopónicos y huertos intensivos [GNAU, 2000].

Para ello se han establecido centros de acopio y producción de materia orgánica (actualmente hay 12 UBPC distribuidas en diferentes municipios de la Ciudad) y un centro de referencia de producción de materia orgánica ubicado en el INIFAT.

Dentro de las fuentes de materia orgánica, disponibles en la Ciudad de La Habana se encuentran el estiércol (vacuno, ovino y porcino), la cachaza¹⁵, el humus de lombriz y el compost (realizado en base a desechos de agromercados o restos de la misma producción). La elección de una de ellas, depende de la disponibilidad territorial, los costos de transportación (desde las afueras de la Ciudad) y la calidad.

Solo unos pocos productores, especialmente aquellos que se encuentran vinculados a cooperativas (CCS) cuentan con una cantidad, aunque mínima de agroquímicos (fertilizantes, insecticidas y pesticidas), asignada fundamentalmente para el cultivo de flores, en cosechas bajo contratación [EHM, 2003].

En general se observó en las entrevistas, inconformidad de los productores con la gran variabilidad en la calidad de las fuentes de materia orgánica y su disponibilidad en el mercado dentro del perímetro urbano.

A pesar de los esfuerzos realizados a nivel institucional en el subprograma de materia orgánica, la experiencia demuestra que no se satisfacen las necesidades agrícolas de la ciudad [Cruz, 2001].

Adicionalmente al uso de materia orgánica muchos de los productores usan biofertilizantes, por citar algunos, Rhizobium, micorrizas, Azotobacter y Fosforina, y se toman medidas de rotación y asociación de cultivos para mejorar el rendimiento y la calidad de la cosecha [Alteri, 1998].

b. Manejo de agua para riego

El manejo del recurso agua es de vital importancia bajo las condiciones actuales de la Ciudad de la Habana, tanto a nivel de la población como en la agricultura urbana. El agua de riego puede llegar a ser un factor limitante para las cosechas especialmente durante la temporada seca, de noviembre a abril (ver Figura 11).

¹⁵ Entre los residuos sólidos agroindustriales de mayor disponibilidad en Cuba se encuentra la cachaza, subproducto obtenido durante el proceso de fabricación de azúcar.

Como se muestra en la siguiente tabla, el agua para riego utilizada hoy en día en organopónicos y huertos intensivos de la Ciudad de La Habana proviene de diferentes fuentes, siendo la red de abasto, pozos y embalses las más utilizadas.

Tabla 4: Utilización de agua para el riego en organopónicos y huertos intensivos en La Habana

FUENTE	TOTAL (%)
Red de abasto a la población	38
Pozos	29
Embalses, tranques y microempresas	28
Más de una fuente	4
Pipas (cisternas)	1

*No hay datos del reuso de agua

Fuente: Novo, 2000

Dada la crítica situación del abastecimiento del agua en la ciudad de la Habana, el gobierno ha tomado medidas de restringir el uso de agua potable para la irrigación. Considerando que el 38% de agua utilizada para riego proviene del acueducto¹⁶, se requiere la búsqueda de vías alternativas que aseguren la disponibilidad del agua y de esta forma, la sustentabilidad de la agricultura urbana a largo plazo. Aún así, no se está trabajando según se precisa en aspectos como el reuso del agua a diferentes escalas, la captación y el almacenaje dentro de la unidad productiva [Cruz, 2000].

¹⁶ El consumo real de agua de la red de abasto utilizada para el riego es más alto, ya que la mayoría de parceleros obtienen el agua de la red y no se tienen cifras exactas de este consumo.

3.3. Descripción de los posibles escenarios para la implementación de proyectos pilotos de ecosan

En el mapa de Ciudad de La Habana (Figura 17) se muestra la ubicación de los dos posibles escenarios para proyectos pilotos de ecosan.

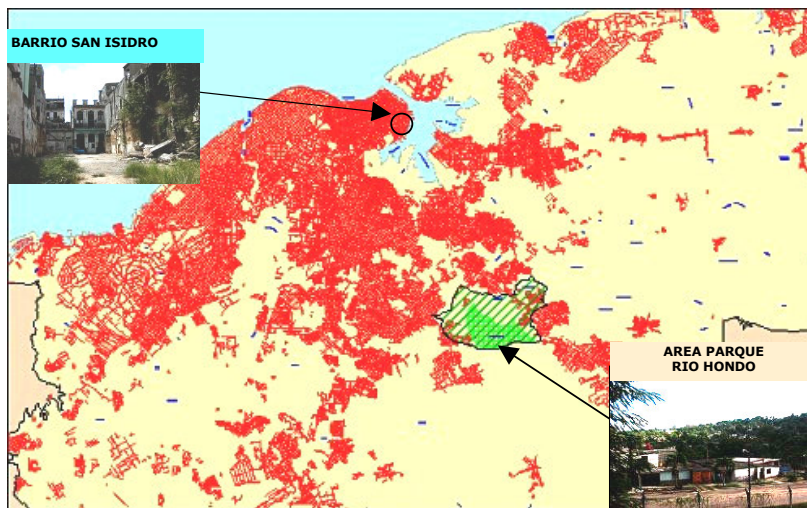


Figura 17: Ubicación de los dos escenarios seleccionados para posibles proyectos pilotos de ecosan

3.3.1. Caso Barrio San Isidro

3.3.1.1. Contexto geográfico

El Barrio San Isidro se encuentra ubicado en el municipio de Habana vieja y pertenece al Consejo Popular Belén. Tiene una extensión total de 8.5 Ha. y por su ubicación tiene gran influencia de la Bahía de la Habana. Es una zona altamente urbanizada con déficit de áreas verdes. Predominan en la zona las ciudadelas o habitaciones en cuartearía, representando el 53,2% de las viviendas [Collado et al, 1998]. Se observa un alto grado de deterioro en las edificaciones, el 49% de los inmuebles se encuentran en estado técnico regular y malo.

3.3.1.2. Contexto socio-económico

La población total del consejo, donde se ubica el barrio San Isidro, asciende a 4946 habitantes. Cerca del 53% pertenecen al sexo femenino. La densidad poblacional es de 581 habitantes/ha.

Su desarrollo económico está centrado en el puerto de la Habana. El 42,2% de sus pobladores, se encuentran laboralmente activos, siendo la construcción, educación,

comercio, cultura las principales esferas de labor [collado et al., 1998]. Dentro del barrio se encuentran ubicadas cuatro escuelas primarias, cuatro círculos infantiles y un jardín de infancia.

3.3.1.3. Prestación de servicios

La cobertura del servicio de acueducto es de 12 horas por día aunque hay viviendas que cargan el agua manualmente desde la conexión exterior, debido a la carencia o deterioro de las instalaciones dentro de la misma vivienda.

La zona cuenta con servicio de alcantarillado, siendo las aguas residuales recogidas por el colector principal. Un 5,7% poseen servicio sanitario de manera colectiva o fuera de la vivienda [Vásquez, 2003].

Las redes eléctricas presentan un alto grado de deterioro y se encuentra sobrecargadas, producto de conexiones ilegales. Igualmente se presentan deficiencias en el servicio de recogida de basuras y de escombros.

Los datos del servicio de salud pública del municipio, muestran que dentro de las enfermedades más frecuentes en el área son las enfermedades respiratorias agudas, (como el asma bronquial). En comparación con los otros municipios que conforman la Bahía de la Habana, se presenta un alto índice de morbilidad por EDA (98,5 x 1000) y un bajo índice de morbilidad por hepatitis viral (0,8 x 1000).

3.3.1.4. La Agricultura urbana en el barrio San Isidro

El enfoque de este estudio en el barrio San Isidro se centra en los dos huertos familiares que son atendidos por vecinos del lugar (ver Figura 18) y en el área proyectada como vivero de plantas ornamentales (La Begonia), lugar que será atendida por mujeres del barrio.



Figura 18: Huerto popular en el barrio San Isidro

El área de los huertos es de 164m² y 400m² respectivamente [Hammer, 2004]. Estos terrenos fueron entregados en usufructo y de forma temporal (sin predefinir su duración). La producción de los mismos, es utilizada para el autoconsumo propio y de los vecinos.

La calidad del suelo cultivable es pobre ya que se creó a partir de tierra adicionada (cerca de 30 cm de profundidad) sobre los cimientos de los edificios precedentes. Solo en uno de los huertos se produce materia orgánica (compost), a partir de restos de cosecha y ocasionalmente de basura. Actualmente existe una propuesta para recoger la basura

orgánica generada por los vecinos de la mancomunidad. La fuente de agua para la irrigación es en los dos casos agua de acueducto, contando uno de ellos con sistema de riego por goteo. La frecuencia de riego está muy ligada al tipo de producto que cosechan, en el caso de platanales es una vez por semana y diario para los cultivos de verduras y plantas medicinales.

Los dos huertos están vinculados al programa de educación ambiental de los “círculos de interés de medio ambiente”, pertenecientes a las cuatro escuelas primarias.

3.3.1.5. El Taller San Isidro y los programas de medio ambiente

El taller San Isidro es un Programa de Revitalización Integral del Barrio, gestado por la Oficina del Historiador e implementado a partir de 1996 con el objetivo de mejorar la calidad de vida de la comunidad y propiciar el desarrollo social de sus residentes y el rescate de valores patrimoniales [Collado et al., 1998].

Este equipo viene trabajando en una serie de programas que fueron llevados a cabo, haciéndose eco a los problemas y prioridades de la comunidad. Entre los programas con los que cuentan son de interés para la autora, el proyecto de Educación y Gestión ambiental, y el de Género y Comunidad.

El fin de estos programas es estimular la participación de la comunidad, crear un espacio educativo medioambiental y generar áreas verdes y fuentes de empleo dentro del barrio. [Cordero, 2003].



Figura 19: Trabajo de los niños en los huertos del barrio

Estos proyectos incluyen acciones concretas como: la creación y fomento de huertos comunitarios (descritos anteriormente), el rescate de tradiciones culturales, el reciclaje de desechos sólidos en la comunidad, el fomento de la educación ambiental (ver Figura 19) y planeación de un área de jardinería y capacitación de mujeres en esta labor.

3.3.1.6. El problema a resolver

En la Ciudad de La Habana se está estudiando el cobro del agua para riego proveniente de la red de abasto a la población [Cruz, 2001].

En el caso de huertos domésticos que cuentan con agua del acueducto como única fuente de agua de irrigación, se encarecería el costo de la producción hasta el punto que esta actividad no sería rentable.

Igualmente la creación de áreas verdes en zonas densamente pobladas está limitada a la disponibilidad de este recurso, como es el caso del área planeada para el vivero (ver Figura 20).



Figura 20: Área proyectada para el vivero la Begonia

Partiendo de la base que la sustentabilidad de la agricultura urbana depende en gran medida del uso del agua, es necesario buscar otras medidas que aseguren el abastecimiento de aguas para riego durante todo el año.

Dentro de este marco, la Universidad de Noruega ha comenzado a realizar estudios de la introducción de estrategias de ecosan [Hammer, 2004].

Estos antecedentes, sumados a la fuerte motivación en la línea medio ambiental mostrada por los programas que lleva a cabo el Taller San Isidro, en colaboración con los líderes locales, hacen de este uno de los lugares más adecuados para un pilotaje de saneamiento ecológico.

3.3.2. Caso Área del Parque Río Hondo

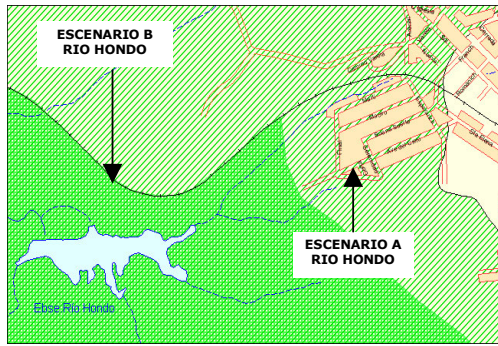
3.3.2.1. Contexto geográfico

El área de estudio se encuentra ubicada en el municipio de San Miguel del Padrón, dentro del Consejo Popular de San Francisco de Paula y del área proyectada para el parque Río Hondo (ver Figura 17).

El área seleccionada reúne las calles de dos circunscripciones, las cuales descargan sus aguas residuales a la represa de Río Hondo. Esta represa forma parte de la cuenca hidrográfica del río Luyanó.

Según estudios del CENHICA/CIMAB, la calidad del agua de los ríos que desembocan en la Bahía, entre los que se encuentra el Luyanó, muestra una seria contaminación orgánica y de nutrientes [Corujo, 2003]. Este nivel de contaminación se atribuye al vertimiento de aguas albañales a lo largo de su cauce y a los residuales de numerosas industrias que vierten directamente al río.

El uso de los suelos es principalmente residencial y agrícola. En el área se presentan una diversidad de grados de urbanización, diferenciándose claramente dos escenarios urbanísticos, que para fines prácticos la autora continuara en este trabajo definiendo como Escenario A y B.



- Escenario A: área densamente poblada, que constituye el casco urbano del barrio la Prosperidad; está formado por 400 viviendas. (Ver Figura 21).
- Escenario B: área con menor ocupación urbana, población dispersa y grandes extensiones agrícolas; lo conforman un grupo de 20 casas aisladas.

Figura 21: Escenarios en el área Río Hondo

En general, predominan en la zona casas independientes de uno o dos niveles y hay ausencia absoluta de edificios altos.

3.3.2.2. Contexto socio-económico

Dentro de las principales fuentes de desarrollo económico del municipio está la construcción y producción industrial; en el área de estudio se encuentran una empresa de fundición y una fábrica de cementos. La población laboral es del 39%, siendo los sectores de producción y servicios las esferas de labor más importantes. Se observa un alto índice de jubilados en la zona y el nivel socio-económico de los pobladores se caracteriza como medio - bajo.

3.3.2.3. Prestación de servicios

▪ Escenario A:

Cuentan con un servicio de acueducto, y el agua es suministrada en días alternos. El alcantarillado existente no responde a ningún tipo de proyecto con base técnica; formado por tramos de tubería instalados por los mismos vecinos y que están conectados a un drenaje pluvial de 42 pulgadas. El sistema existente se encuentra en muy mal estado, presentándose rupturas en las cañerías de las casas, especialmente en la última calle (en la parte inferior de la pendiente). Los residuales domésticos y las aguas pluviales son descargados directamente al arroyo que pasa junto a esta calle.

Hay un servicio estatal de recogida de basuras, no obstante se observa acumulación de desechos en la vía pública.

Lo anterior en su conjunto, provoca un deterioro de la situación higiénico sanitaria, en especial en la zona colindante con el arroyo que recibe los residuales del área, y donde se detecta la presencia de insectos, ratas y malos olores.

▪ Escenario B:

Reciben el servicio de agua potable por camión cisterna (en un ciclo de 7 días). Los residuales domésticos se disponen a través de fosas sépticas, existiendo problemas de infiltración en algunas de ellas. La mayoría son de construcción casera usando materiales variados, desde hormigón hasta gomas de tractor. Se observó que en algunas viviendas se reutiliza el agua del fregadero para el riego de frutales. El 65 por ciento de la población utiliza keroseno (“luz brillante”) para cocinar y el 35 por ciento gas licuado.

➤ Prioridades de la comunidad

En las conversaciones con la comunidad se destacan entre las prioridades:

- En el escenario A: La presencia de un hueco en la vía pública, asociado con el ciclón que azotó a la isla hace 2 años y con el desagüe de las aguas albañales y aguas pluviales.
- En el escenario B: irregularidad en el abastecimiento de agua potable

3.3.2.4. La Agricultura urbana en el área de estudio

a. Formas de Agricultura urbana

Junto a la represa Río Hondo se encuentran las áreas de siembra de cultivos y crías de cabezas de ganado (ver Figura 22). También está incluida en la zona la actividad forestal en su etapa de fomento y desarrollo.



Figura 22: Área agrícola colindante con la represa Río Hondo

Cabe destacar en la región la presencia de una UBPC (Unión Básica de Producción Cooperativa) y una CCS¹⁷ (Cooperativa de crédito y servicio). Del grupo de campesinos asociados de esta cooperativa, 13 residen y trabajan las tierras en la zona colindante a la represa. Sus fincas oscilan entre 3 y 10 Hectáreas.

En el área predominan los cultivos de frutales y plátano y en segunda instancia plantas ornamentales y flores. Además hay algunos cultivos de hortalizas, tubérculos, cítricos y granos.

Las fuentes de agua usada para el riego en esta zona son las aguas de la represa Río Hondo, así como pozos ubicados en algunas fincas.

¹⁷ Las CCS es una asociación de campesinos, regidos por un reglamento interno y con una personalidad jurídica propia que les permite dar crédito y servicios a sus asociados. Para la venta y comercialización de los productos cuentan con convenios con empresas estatales

b. Caracterización del suelo y enmiendas orgánicas

Los suelos de esta región son del tipo pardo con carbonatos¹⁸. Se caracterizan por altas concentraciones de Calcio (10.742 – 22.809 kg/ ha) en relación con los otros elementos p. ej. Nitrógeno 73 - 83 kg/ ha, bajo contenido de materia orgánica y alto contenido de arcilla. Son suelos con altos niveles de erosión (ver Figura 23).



Figura 23: Suelos erosionados dentro del área

Esto hace necesario la aplicación de enmiendas orgánicas de acuerdo con el cultivo que se establezca.

Cerca del 9% de los productores del área tienen acceso a fertilizantes artificiales, pero en cantidades muy reducidas y principalmente para los cultivos de flores; el resto usan estiércol, compost y humus, pero su uso se ve restringido

a la disponibilidad del producto en el mercado y la calidad es muy variada; los pequeños productores que siembran solo plátano y frutales, no usan ningún tipo de fertilizante ni materia orgánica.

3.3.2.5. El Grupo de la Bahía y el proyecto del Parque Río Hondo

El Grupo de Trabajo de la Bahía GTE-BH fue creado a mediados de 1998 para acometer integralmente la rehabilitación ambiental de la Bahía de la Habana y establecer las medidas pertinentes para alcanzar ese fin.

Entre otros planes, el grupo GTE contempla la creación de un área de reserva “el parque Río Hondo” para fomentar el manejo integrado de la parte alta de la cuenca hidrográfica de la bahía. Dentro de este programa se incluirán medidas en los sectores de saneamiento, reforestación, agricultura urbana, residuales domésticos e industriales y educación ambiental.

El programa se encuentra en su etapa inicial, que comenzó con un diagnóstico participativo y que se proyecta a la búsqueda de soluciones y propuestas con el objetivo de disminuir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida de los pobladores y su integración con el entorno.

¹⁸ Dato del mapa de suelos (UNAH, HOJA 3785 III – La Habana, coordenada del perfil de análisis 65-60)]

3.3.2.6. El problema a resolver

Uno de los problemas principales del área es la contaminación de las aguas de la Represa Río Hondo, debido al vertimiento de los residuales domésticos del barrio de la Prosperidad (ver Figura 24); ocasionado por el deterioro o ausencia de servicios de saneamiento. Debido a la marginalidad de esta zona, a su abrupta topografía, población dispersa y el alto costo que significa la conexión al sistema central de alcantarillado, este sector no está contemplado en el “plan maestro



Figura 24: Asentamiento urbano en el área del parque Río Hondo

de alcantarillado y drenaje pluvial de la cuenca tributaria de la Bahía de la Habana”, para el año 2020 [Chávez & Guiar, 2003].

A ello se suman los problemas de abastecimiento de agua potable en las casas aisladas y el deterioro de los suelos de la región. Todo esto en su conjunto motiva a la búsqueda de soluciones que mejoren la calidad de vida de los pobladores.

El saneamiento ecológico surge como una posible solución descentralizada, que responde no solo al problema de tratamiento de las aguas residuales, sino que puede contribuir al mejoramiento de la calidad de los suelos en el área, al aportar una fuente de materia orgánica.

CAPITULO IV

PROPUESTA PARA EL SANEAMIENTO ECOLÓGICO EN LAS ÁREAS DE ESTUDIO

En este capítulo se expone inicialmente un análisis FODA, el cual facilita la realización de un diagnóstico general para la construcción de estrategias que permitan establecer las posibilidades de ecosan en Ciudad de La Habana. Posteriormente se presentan los resultados de los trabajos realizados en las áreas de saneamiento y agricultura urbana, así como las estrategias de gestión (ver Figura 25). El manejo integral de agua y de nutrientes es el punto de enlace entre el saneamiento y la agricultura.

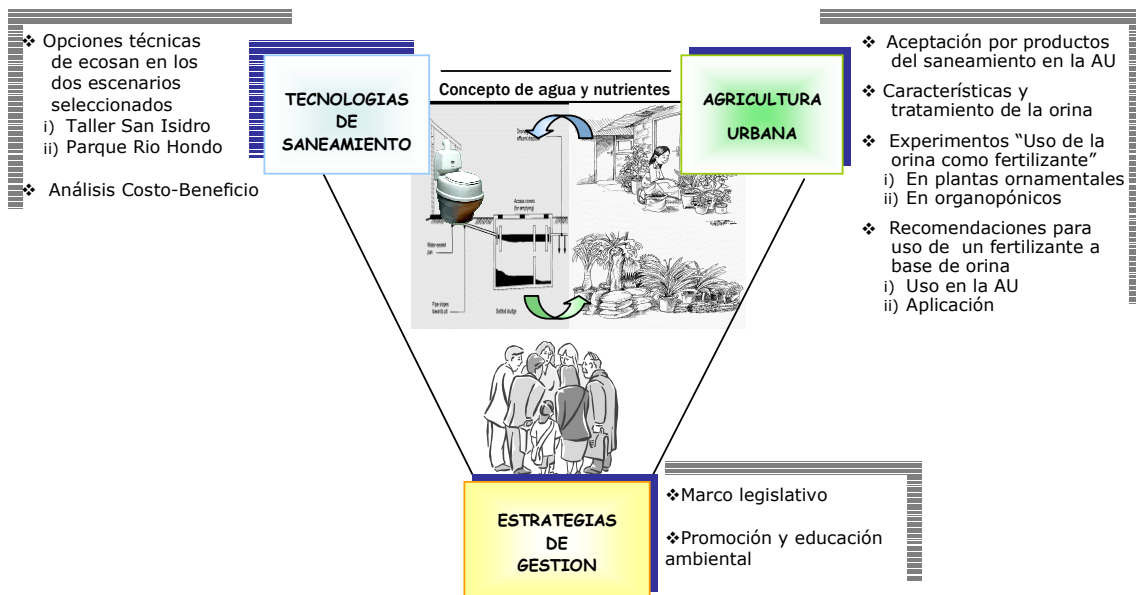


Figura 25: Esquema para la implementación de sistemas ecosan en Ciudad de La Habana

4.1. Análisis FODA para la aplicación de conceptos ecosan en la Habana

En el análisis se consideran los factores económicos, políticos, sociales y culturales que representan las influencias del ámbito externo (contexto local) para la adopción de estos sistemas. Igualmente se realiza un análisis en el ámbito interno para determinar fortalezas y debilidades de los sistemas ecosan.

A continuación se enumeran las principales Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas encontradas:

4.1.1. Fortalezas

- Ecosan permite el aprovechamiento de un recurso que hasta ahora se ha considerado como un problema social y sanitario de las grandes urbes (la basura y los desechos líquidos), dando a estos un valor agregado que rentabiliza la OM del sistema.
- Ofrece una gama de opciones tecnológicas y económicas para mejorar la situación del saneamiento, aprovechando los recursos locales existentes
- Los sistemas con separación en el origen, proveen una fuente de nutrientes y de aguas de buena calidad, que pueden ser usados como fertilizante orgánico (orina saneada), acondicionador del suelo (heces con previo tratamiento) y aguas de riego (aguas grises) en la agricultura urbana.
- Al garantizar un fertilizante orgánico, disponible y accesible localmente (evitando el transporte de materia orgánica desde las afueras de la ciudad), se mejora la fertilidad de los suelos. De esta forma se consigue que la producción de alimentos dentro de la ciudad sea más sostenible, contribuyendo así a la seguridad alimentaria.
- Ecosan favorece la conservación del recurso agua puesto que, minimiza el consumo de agua potable dentro del hogar, evita la polución de las aguas superficiales y del manto freático.
- Balance energético positivo, a través de la recuperación de la energía contenida en los residuales líquidos y sólido, además un menor consumo de energía para operar las plantas de tratamiento.
- Mayor participación de la comunidad en la búsqueda de soluciones a sus propios problemas.

- La aplicación de técnicas de saneamiento ecológico, facilita el proceso de concienciación ambiental al promover medidas de reciclaje y ahorro de agua y mostrar los beneficios económicos, sociales y al medio ambiente que ello conlleva.

4.1.2. Debilidades

- Aspectos culturales que llevan al rechazo para la utilización de la excreta humana en la producción de su propio alimento.
- Se requieren cambios en las creencias y prácticas del saneamiento por parte del usuario y de las autoridades locales. Sólo así será posible aclarar los siguientes aspectos: (a) ¿Para qué el usuario se va a involucrar en algo que hasta ahora era un servicio básico de responsabilidad estatal?, (b) ¿Cómo asegurar el mantenimiento de estos sistemas?, (c) ¿cómo y a quien beneficia su implementación?
- Temor institucional a que este tipo de tecnología llegue a representar un riesgo para la salud pública en caso de no ser manejado de forma adecuada; siendo la falta de cultura ambiental y constancia para realizar las labores de mantenimiento lo que más preocupa¹⁹
- Hay déficit de información sobre saneamiento ecológico y no existen técnicas competitivas ya implementadas. Esto provoca que: (a) todavía no haya un mercado local de productos para el saneamiento ecológico, p. ej. inodoros de separación, (b) se necesiten demostraciones para convencer, (c) haya cierta resistencia a la introducción de estos sistemas.
- En la ciudad de la Habana predominan las construcciones antiguas, en las cuales sería muy costosa la separación de las aguas residuales en tres flujos iniciales²⁰.
- En áreas con una alta densidad poblacional (p. ej. La Habana vieja) no hay disponibilidad de espacio para tratamientos locales a mediana y gran escala. En este caso, se debe asegurar el transporte de los materiales reciclados; lo cual demandaría: (a) la concentración de las substancias nutritivas, (b) una buena coordinación entre los diferentes componentes (producción, tratamiento y distribución). Para ello se requiere de una infraestructura e insumos (p. ej. combustible) que con las actuales restricciones económicas del país, pueden significar factores de riesgo en la O/M del sistema.

¹⁹ Según expertos consultados la tecnología debe implicar el mínimo contacto con la excreta humana y el sistema debe ser poco laborioso.

²⁰ Se requieren evaluar sistemas como Aquatrón, membrana o alcantarillado al vacío y realizar un análisis de costos de inversión y mantenimiento de estas tecnologías

- Se requieren regulaciones, nuevas administraciones y un organismo de control, para evitar manejos inapropiados del producto reciclado, que pongan en riesgo la salud del consumidor.

4.1.3. Oportunidades

Entre los términos que promueven la aplicación de los conceptos de ecosan en La Habana, tenemos:

- Fuerte apoyo gubernamental y de otras instituciones para el desarrollo de una agricultura urbana sostenible que juega un importante rol en la seguridad alimentaria.
- Actualmente se vienen desarrollando programas para la búsqueda de alternativas con el fin de mejorar la fertilidad de los suelos, que hacen especial hincapié en la producción de abonos orgánicos. Los fertilizantes artificiales son inaccesibles debido a que son productos de importación y por lo tanto se pagan en divisas.
- Altos niveles de contaminación de aguas superficiales y alto riesgo de contaminación del manto freático en zonas que son de importancia para el abastecimiento de agua potable.
- Fuerte inversión en el sector medio ambiental y en planes de recuperación de cuerpos de agua ya contaminados, entre los que se encuentran, la bahía de la Habana y la cuenca del río Almendares.
- Posible irrigación de áreas verdes, o áreas de recreo con aguas grises dentro del perímetro urbano.
- La gente quiere cambios en su medioambiente desde su mismo entorno. A escala de hogar, barrio y municipio, se observan circunstancias tales como, carencia de desagües cloacales, ineficiencia en la recolección de basuras, escapes de aguas potables y residuales en la vía pública.
- Hay interés de organizaciones e instituciones internacionales para el soporte técnico y/o financiero con el fin de mejorar la infraestructura en Cuba y su impacto ambiental. Por citar alguno, está el programa de la UNDP/UNEP – GEF, donde se recomienda la búsqueda de alternativas sostenibles en las áreas que no cuentan con sistema de alcantarillado y que probablemente no accedan a este servicio.
- La demanda de materia orgánica es alta frente a la baja disponibilidad en la ciudad. A esto se suma, la reducción de una de las más importantes fuentes de materia orgánica (la cachaza), a causa de la reunificación y cierre de centrales azucareros.

- Como consecuencia de las restricciones del uso de agua potable en la agricultura urbana, se precisan nuevas alternativas para asegurar el abastecimiento de agua para la irrigación, en parcelas, huertos domésticos, etc. que no cuenten con agua de pozo, así como para el riego de áreas verdes dentro de la ciudad.
- Hay serias deficiencias en el servicio de recolección y tratamiento de aguas residuales. Solo se tratan el 40% de las aguas residuales domésticas y el resto se vierte de forma descontrolada.

4.1.4. Amenazas

Las siguientes amenazas /obstáculos representan áreas de trabajo a tener en especial consideración al momento de planear la implementación de sistemas ecosan en La Habana:

- Hasta ahora no han existido hábitos de reutilización de fecales humanos en la agricultura, solo de reutilización de estiércol animal. Esto, en una cultura que presenta actitud de rechazo al manejo de la excreta (coprofobia), implica un largo horizonte de tiempo para su aceptación.²¹
- El agua potable es subvencionada, o posee tarifas fijas establecidas, que no representan el valor real del agua consumida por falta de un sistema de contadores. Esto provoca que no haya una mayor conciencia social de ahorro de este recurso.
- Antes de concebir otro tipo de tecnologías para el ahorro de agua, se requiere urgentemente la toma de otro tipo de medidas, como la reparación de la red de acueducto (cerca del 50% del agua se pierde por fugas en el sistema).
- Bajo ritmo en la construcción de viviendas, y dificultad en la reparación y mantenimiento.
- Las tierras dedicadas a la agricultura urbana tienen un carácter de uso temporal. Por tanto, es difícil emprender acciones (p. ej. modificaciones en la infraestructura) para garantizar la sostenibilidad de la agricultura, cuando el productor no tiene la seguridad de su permanencia en el lugar.
- No hay un marco o estructura reguladora para el reuso de aguas residuales, ni se contemplan estadísticas de la situación real del uso de estas aguas.
- No hay interrelación entre las diferentes áreas implicadas en el control y gestión de la ciudad, p. ej. medio ambiente, agricultura urbana, desechos, ordenamiento físico, etc. [Cruz, 2001]. Esto dificulta el desarrollo de esquemas integrados para el aprovechamiento de los desechos que produce la ciudad.

²¹ No obstante, existe la contradicción de que algunos agricultores usan aguas de ríos contaminados por residuales domésticos.

4.1.5. Estrategias para la adopción de sistemas ecosan

Las estrategias planteadas en la matriz FODA (ver Tabla 4) se basan en experiencias de la implementación exitosa de saneamiento ecológico en otros países [Esrey & Andersson, 2001; CENCA, 2002; GTZ, 2003].

Para desarrollar las estrategias que se consideran en la matriz FODA, es necesario el diseño de un plan por etapas "Paso a Paso"

Comenzando con estudios de línea base para evaluar la situación actual del área y de los lugares escogidos como posibles proyectos piloto, asimismo medir la aceptación de este nuevo enfoque a nivel socio-económico y cultural; siendo éste el objetivo trazado en este trabajo de maestría.

Posteriormente con la puesta en marcha de programas pilotos, demostraciones de tecnologías ecosan y estudios de campo en el área agrícola, tanto los usuarios, como las autoridades locales y generadores de opinión adquieren mayor conocimiento y confianza con el sistema y todos sus componentes. También se deben establecer pautas para un manejo adecuado y seguro del sistema, así como del producto reciclado.

Para su aplicación a mayor escala se requiere determinar la viabilidad y sostenibilidad del sistema a través de una valoración de los impactos ambientales y de un análisis de rentabilidad económica.

A largo plazo para su difusión se requiere incluirle en los planes locales de ordenamiento físico, gestión ambiental, salud, agricultura urbana, etc., establecer reformas normativas y un mercado local de estos productos.

Todo el proceso desde su fase inicial debe estar acompañado de estrategias de promoción, educación, y capacitación en varios niveles: autoridades locales, usuarios, agricultores, Instituciones, centros de enseñanza y miembros de la comunidad.

Dentro de las medidas a incluir en estas estrategias se tienen:

- Divulgación de la información a través de campañas, folletos y medios masivos de comunicación, entre otros.
- Métodos de mercadeo.
- Preparación de un grupo de promotores de ecosan en las diferentes áreas.
- El respaldo de los líderes locales.

Tabla 4: Matriz FODA para la aplicación de conceptos ecosan en La Habana

<p>Factores Internos</p> <p>Factores Externos</p>	<p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantiza un fertilizante orgánico y una fuente segura de aguas de riego - Contribución a la seguridad alimentaria - Promueve la concienciación ambiental - Prevención de la polución de aguas y reducción del consumo de agua potable - Promoción de soluciones económicas - Balance energético positivo - Involucra al usuario 	<p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Resistencia cultural al uso y manejo de la excreta humana - Se requieren cambios en las creencias y prácticas sobre el saneamiento (usuarios y funcionarios públicos) - Riesgos higiénicos si el sistema no se maneja apropiadamente - Déficit de información y de tecnologías ecosan en el mercado - Necesidad de estructuras reguladoras para el reuso de reciclados.
<p>Oportunidades</p>	<p>Estrategia F - O</p>	<p>Estrategia D - O</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Gran demanda de materia orgánica y fertilizantes en la AU - Altos niveles de contaminación de aguas superficiales y riesgo de contaminación del manto freático - Fuerte inversión y programas en el sector medio ambiental - La gente quiere cambios en su medioambiente - Fuerte apoyo gubernamental para el desarrollo de la AU - Medidas de restricción del uso de agua potable para riego - Deficiencias en el tratamiento de aguas residuales domésticas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Iniciar estudios de campo para evaluar si la utilización del material reciclado puede cubrir la demanda de nutrientes en la AU. Si los resultados soportan esta suposición se aumentará el interés en ecosan. ✓ Introducir y adaptar tecnologías de saneamiento ecológico que respondan a las condiciones locales. ✓ Ofrecer un enfoque alternativo e involucrar al usuario en la selección final de la tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Promover investigaciones con el fin de definir pautas para el manejo seguro y utilización del material reciclado bajo las condiciones locales. ✓ Financiamiento externo para soportar programas de pilotaje (en la fase de inversión) y aporte local para el mantenimiento y operación. ✓ Demostraciones y pilotajes para mostrar que el sistema funciona y convencer a la opinión pública y a líderes locales.
<p>Amenazas</p>	<p>Estrategia F - A</p>	<p>Estrategia D - A</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Carácter temporal de la agricultura urbana - Precios subsidiados para el agua - Tendencia cultural a la coprofobia - Falta de una cultura ambiental - Fallas en operaciones de mantenimiento - Bajo ritmo en la construcción de viviendas y dificultad en la reparación y mantenimiento - Falta de coordinación institucional - Falta un marco regulador para el re-uso de aguas residuales 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análisis costo-beneficio para la implementación de ecosan, (cuantificación en términos monetarios y sociales, directos e indirectos) Comparar la situación con y sin proyecto. ✓ Campañas de educación ambiental y divulgación. Informar de las ventajas, riesgos y potencial del sistema. ✓ Capacitación de un equipo interdisciplinario de promotores de ecosan. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A largo plazo reformas normativas que consideran a ecosan en los planes locales de ordenamiento físico, medio ambiente, etc. de la Ciudad ✓ Estrategia general de promoción y capacitación para comprender el sistema, adquirir el compromiso y la capacidad de manejarlo correctamente.

Actores involucrados

Para la posible adopción de sistemas de saneamiento ecológico, se requiere en la fase inicial la participación de diferentes actores locales en la promoción de campañas de higiene y programas de información para la comunidad, así como en la búsqueda de estrategias de financiamiento.

La participación de escuelas técnicas, instituciones de investigación y asociaciones profesionales es importante para los análisis, adecuación, vigilancia y operación de estas nuevas tecnologías.

Organizaciones internacionales y donantes juegan un rol de coordinación en la fase piloto y ayudan a fomentar el financiamiento externo para el despliegue inicial de actividades.

Cualquiera que sea la metodología de promoción e impulso de los programas de saneamiento ecológico, la combinación de las iniciativas de la comunidad y la regulación oficial son esenciales para el éxito y la sustentabilidad del proyecto a largo plazo.

4.2. Concepto de agua y nutrientes para Ciudad de La Habana

Las prácticas actuales (mostradas en la Figura 26 situación actual) conllevan por un lado al incremento del uso del agua potable, asociado en Ciudad de La Habana a múltiples factores, como el crecimiento de los sectores de turismo y gastronomía y la baja eficiencia de los embalses, obras de conducción y distribución. Con el aumento del uso del recurso agua y el bajo índice de tratamiento de los residuales líquidos domésticos, se incrementa el nivel de polución de las aguas subterráneas y aguas superficiales. Por ende, los nutrientes contenidos en la excreta humana y aguas residuales son descargados a los cuerpos de agua, causando problemas de eutricación (ver inciso 3.2.4).

Por otro lado para alcanzar una agricultura urbana sostenible, es necesario asegurar una fuente segura de agua, evitando que el uso de agua potable para la agricultura, compita con el consumo de agua para la población. Igualmente se necesita seguir trabajando para garantizar una fuente de nutrientes disponible al productor, reduciendo la necesidad del traslado de la materia orgánica desde las afueras de la ciudad; actividad, que hoy en día demanda altos costos de transportación.

Actualmente se vienen utilizando como abonos orgánicos el estiércol, la cachaza y los restos de cosechas, pero estos resultan en cantidades insuficientes para cubrir la demanda dentro de la ciudad, por lo que se debe recurrir a otras fuentes como los desechos sólidos y líquidos, es decir las basuras biodegradables y aguas residuales

domésticas (ver Figura 26) que son generadas en grandes volúmenes en la ciudad y constituye su eliminación un problema social, sanitario y de contaminación.

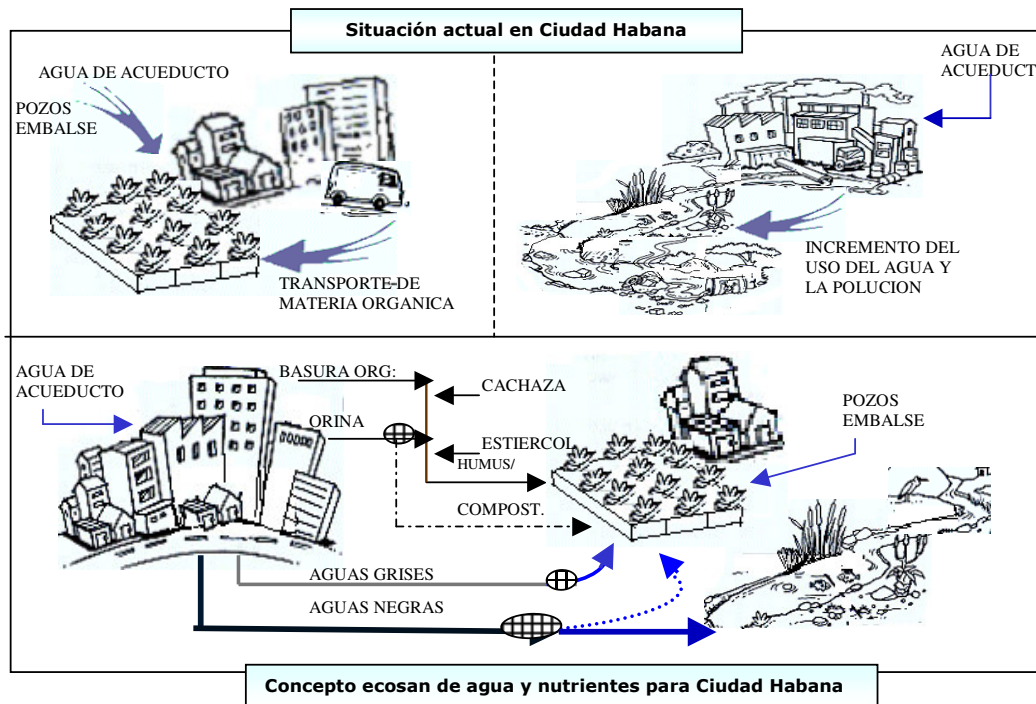


Figura 26: Concepto de agua y nutrientes en Ciudad de La Habana

La restitución de nutrientes provenientes de los desechos urbanos en Ciudad de la Habana, debe enfatizarse inicialmente en las áreas que presentan mayor aceptación a nivel agrícola (ver inciso 4.4.1), para suplir la demanda que hay en este sector. Posteriormente con la introducción de tecnologías de saneamiento (como las descritas en el inciso 4.3), así como más investigaciones a nivel local se pueden establecer mecanismos adecuados para la recolección y el tratamiento de las aguas negras y grises, de igual forma estandarizar normas seguras de manipulación y reuso.

Como se muestra en la Figura 26, este concepto ecosan para el manejo de agua y nutrientes, permite una mayor articulación de la agricultura urbana con los componentes de la ciudad para el aprovechamiento de los recursos locales y desechos urbanos.

4.3. Opciones técnicas de ecosan en los escenarios seleccionados

4.3.1. Taller san Isidro

Como resultado de los análisis realizados y de la proyección del trabajo de la Universidad de Noruega en esta área, se considera el reuso de aguas grises tratadas localmente como la solución a la demanda de aguas para el riego tanto de los huertos como de áreas verdes [Hammer, 2003].

Las aguas negras se continuarán descargando a la red de alcantarillado.

En el área planeada para el proyecto del vivero la Begonia, el área colindante está destinada a la construcción de un edificio nuevo, por lo que es posible introducir cambios desde el diseño mismo del edificio. Se contempla la posibilidad de instalar una doble tubería de drenaje (una para aguas negras que va al alcantarillado y otra para aguas grises que pueden usarse para el riego de áreas verdes, parques o áreas agrícolas después de ser tratadas in-situ). Según Otterwasser (2003), los costos de instalación de una doble tubería aumentan solo en un 1,3% sobre los costos de construcción.

En los dos huertos de la zona (ver 3.3.1.4), las áreas aledañas son edificios ya construidos, donde una modificación de todo el sistema de tuberías resulta muy difícil. En este caso se considera solamente la recolección y uso de las aguas del fregadero de los apartamentos, cuya pared colinda con el área del huerto

Para el tratamiento in-situ de las aguas grises se seleccionó la instalación de un pequeño humedal artificial o fitotratamiento (ver Figura 27: Árbol de decisión para la selección de tecnologías bajo demanda de aguas de riego).

Siendo necesario un tratamiento previo de las aguas mediante una trampa de grasas y un sedimentador. El área donde se construye el fitotratamiento, puede representar un área productiva y traer beneficios adicionales al productor, si se siembran plantas ornamentales (p. ej. mariposas) cuyas raíces tienen propiedades de filtración. En el anexo N° 8 se adjunta un diseño y un presupuesto tentativo del sistema.

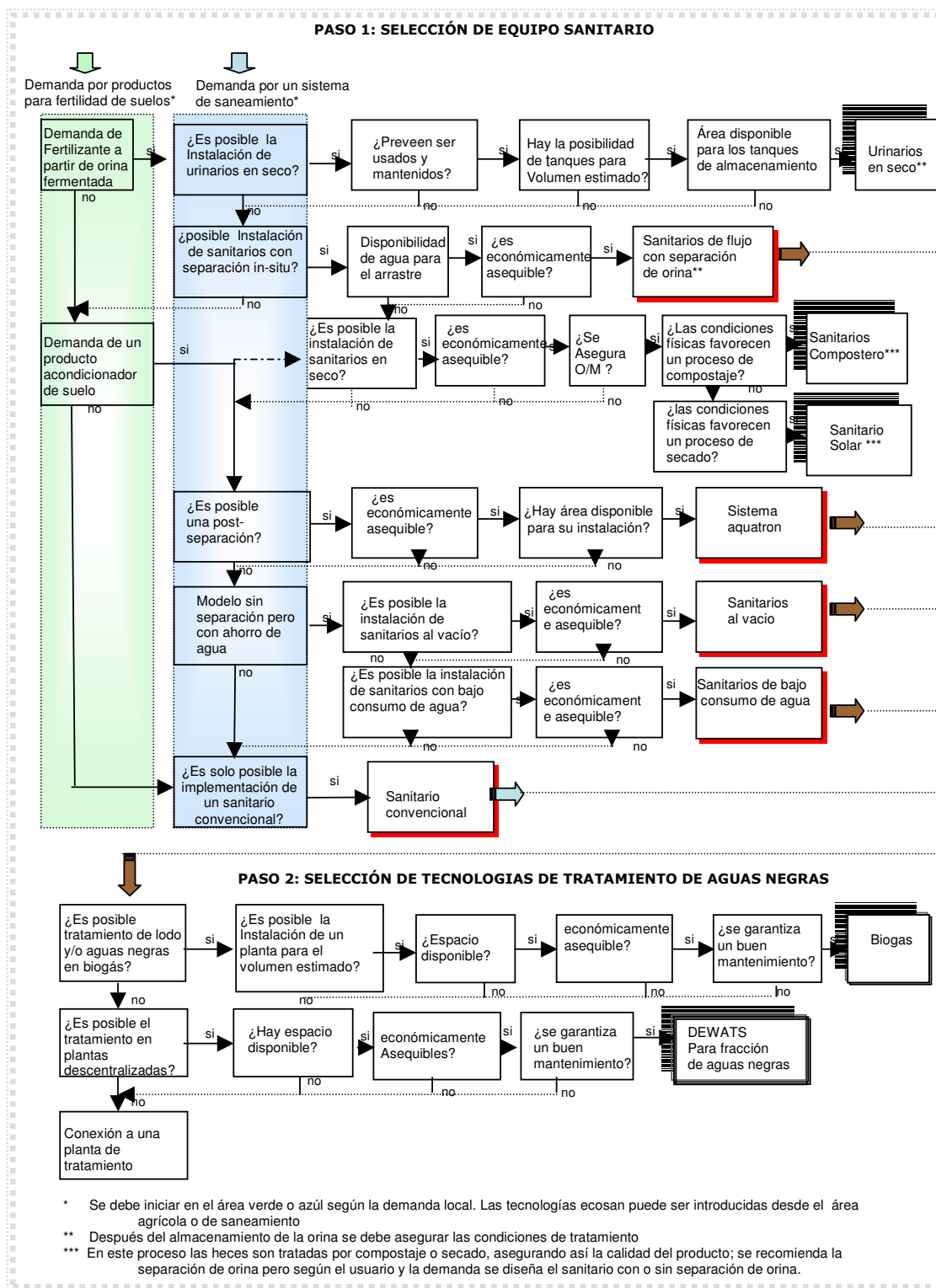


Figura 28: Selección de equipo sanitario y tecnología para el tratamiento de aguas negras

➤ **Río Hondo Escenario A**

En algunas de las viviendas del área se encontró la presencia de sanitarios que consumen hasta 12 y 18L de agua por descarga; se sugiere para estos casos la instalación de sanitarios de baja descarga (ver Figura 28). No obstante, los resultados de las encuestas muestran que actualmente no hay motivación por parte de la población para el ahorro de agua. Las razones más comunes son las bajas tarifas en el suministro de agua y los altos costos que puede representar para el usuario el mantenimiento de las fugas en tuberías, tanques sanitarios y llaves dentro de la vivienda o la instalación de un nuevo sanitario.

Introducir la separación de todas las fracciones de aguas residuales, en un área donde predominan viviendas ya construidas resulta complicado. Aunque en este caso, el sistema existente de evacuación de residuales necesita ser totalmente reestructurado. Actualmente se están mezclando las aguas albañales y aguas lluvias.

Como medida inicial se recomienda la separación de aguas pluviales y residuales domésticos.

Ya que esta área no tendrá conexión al sistema central de alcantarillado en los próximos años, las propuestas tecnológicas tienen que considerar un sistema descentralizado para tratar las aguas residuales generadas en la zona. Igualmente se requieren alternativas para un sistema de alcantarillado, que colecte las aguas de todas las viviendas para conducir las hasta un punto de tratamiento. El sistema de recolección debe aprovechar la pendiente del terreno, de forma tal que se reduzca la necesidad de bombeo.

Dentro de las opciones para la recolección se tienen:

a. Alcantarillado de bajo diámetro o de flujo decantado 2"-10"

Se sugiere una combinación de un sistema de eliminación individual y un sistema de alcantarillado para transportar el agua residual. Optando por un sistema de fosa en cada vivienda (en la actualidad hay en el área 62 fosas sépticas) y un sistema de tubería de PVC para conducir las aguas pre-tratadas a un tratamiento secundario. Como desventaja se tiene, que en el caso de que las fosas sépticas no operen eficientemente o no haya un control de limpieza permanente, se pueden provocar obstrucciones de la tubería.

b. Alcantarillado simplificado 4"-10" o condominial

Para recolectar el agua sin pre-tratamiento se puede implementar esta tubería de pequeños diámetros a bajos gradientes, instalando cajas de construcción simplificadas. Este sistema permite el ahorro de un 20% a 60% de los costos de inversión en comparación a un alcantarillado convencional [Salazar, 2003].

Actualmente se cuentan con experiencias de este tipo en la Ciudad de la Habana, lo que facilitaría su diseño por expertos en el área [Fonaguera, 2003].

- c. Sistema híbrido, es decir alcantarillado de bajo diámetro para las casas que cuentan actualmente con fosas sépticas y alcantarillado simple para las otras. En este caso se evitaría instalar fosas sépticas a las casas que actualmente no tienen, pero se debe tener en cuenta la instalación de un pre-tratamiento para todas las aguas provenientes del sistema del alcantarillado.

Para el tratamiento de las aguas residuales se contemplan dos alternativas:

- a. Tratamiento del agua total en plantas descentralizadas DEWATS.

El diseño específico no es parte de este trabajo.

Bajo las condiciones locales se puede recomendar como tratamiento principal un humedal de flujo sub-superficial [Lötscher, 2000]. Las aguas tratadas pueden ser usadas como aguas de riego, pero se debe asegurar la calidad microbiológica del efluente y el tipo de producto agrícola a regar (ver anexo 9: Normas OMS para el reuso de residuales).

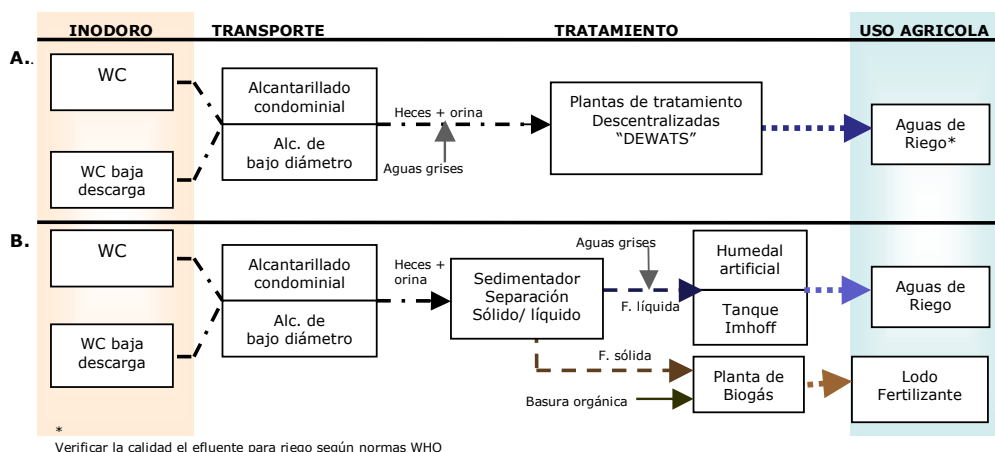


Figura 29: Concepto técnico de saneamiento para el escenario A Río Hondo

- b. La separación de aguas negras y aguas grises (ver Figura 29)

Las aguas negras pueden ser tratadas inicialmente en un tanque sedimentador. Los lodos resultantes serán tratados posteriormente en una planta de biogás y la fracción líquida en un humedal construido.

A la planta de biogás se debe adicionar una fuente extra de Carbono para asegurar la relación C/N y con ello el óptimo funcionamiento del reactor; por lo tanto se recomienda agregar basura orgánica o pasto.

Para el tratamiento de las aguas grises se puede valorar una unidad de fitotratamiento familiar, en el caso de que las familias posean jardines

asociados a sus viviendas o una unidad de barrio. Se sugiere un humedal construido o un tanque imhoff para el tratamiento de las aguas grises a nivel de barrio.

Como ventaja de los sistemas DEWATS, se tiene que las plantas de tratamientos descentralizadas son tecnologías ya conocidas y diseminadas en la Ciudad de La Habana²²; no obstante el re-uso de aguas residuales domésticas es una labor aún incipiente y por ello se tendría que trabajar en este campo.

En tanto, la separación de aguas negras y grises es un concepto totalmente nuevo a evaluar, por tanto la realización de un proyecto piloto es de relevante importancia. Para la adopción de estas tecnologías se requiere determinar la viabilidad y sostenibilidad de estos sistemas integrados a través de una valoración de los impactos ambientales y de un análisis de rentabilidad económica, p. ej. mediante un análisis costo – beneficio.

Los principales impactos ambientales que aportan beneficios económicos incluyen, la reducción o eliminación de descargas contaminantes al ambiente y con ello la reducción de enfermedades infecciosas y plagas, el incremento de la oferta de agua para riego y de fertilizantes orgánicos (necesarios por el tipo de suelo y grado de erosión de la zona), la conservación de áreas destinadas a la reforestación y cultivo de plantas ornamentales y frutales (con gran predominio en el área) y la obtención de biogás. La correcta valoración de estos impactos derivados del tratamiento y re-uso de los residuales en el análisis de prefactibilidad puede determinar una importante rentabilidad económica, que justifique la conveniencia de implementar un sistema de separación de aguas negras y aguas grises.

➤ **Escenario B**

El bajo consumo de agua en esta área es una base para la implementación de sistemas de saneamiento en seco o de bajo consumo de agua (ver Figura 28).

La mayoría de las fosas existentes presentan altos niveles de infiltración, por lo cual urge una reestructuración del sistema existente o la introducción de otro sistema de saneamiento. A razón de la baja densidad poblacional y la gran distancia entre las viviendas, se considera la instalación de un sistema individual sin conexión a un alcantarillado.

Los estudios realizados sugieren entre las opciones técnicas para el saneamiento ecológico:

²² En la Ciudad de la Habana hay actualmente 15 lagunas de estabilización y un humedal de flujo sub-superficial, así como proyectos para la implementación de otros humedales artificiales.



Figura 30: Concepto ecosan para escenario B

- La separación de aguas grises y aguas negras y el tratamiento in-situ de las dos fracciones.

Con un alto nivel de las aguas de infiltración se recomienda un sistema como el sanitario en seco: solar o compostero para el tratamiento de aguas negras (ver Figura 30).

El diseño del sanitario con o sin

separación de orina, depende de la demanda y aceptación de este producto por los mismos agricultores (ver inciso 4.4.1).

Las aguas grises pueden utilizarse directamente en el área de cultivo (dado el tipo de suelo y el área a irrigar, que en su mayoría son platanales y frutales) o en el jardín siempre y cuando: (a) haya un pre-tratamiento de retención de sólidos, (b) se asegure su consumo en menos de 3 horas y (c) se evite cualquier contacto posible con esta agua²³ (se recomienda enterrar unos centímetros la tubería). La instalación de un filtro de arena o de un fitotratamiento son también opciones sencillas y viables en este escenario.

Los resultados de las encuestas demuestran que la reutilización no solo de las aguas grises, sino también de las aguas negras motiva a muchos de los productores del área, ya que ven el beneficio directo del sistema de saneamiento con el aumento de la fertilidad de los suelos. No obstante, se encontró que la gente tiende a relacionar los sistemas en seco con letrinas, típicas de áreas rurales y por tanto se observa al principio, reacciones de rechazo. Esto se explica por la tendencia de la población periurbana a copiar los patrones de las ciudades, es decir, la instalación de WC convencionales con uso de agua para la descarga.

Se pudo corroborar a través de las encuestas, que esta reacción de rechazo tiende a cambiar en la mayoría de los casos, una vez que la gente conoce que el sanitario en seco tiene el mismo estatus, facilidad de limpieza y presentación que un sanitario con agua, aunque se requiere otro tipo de mantenimiento.

De lo anterior se puede concluir que, por ser los sistemas de saneamiento en seco una tecnología nueva y desconocida en la Ciudad de La Habana se necesita para su adopción, demostraciones que aseguren a la población tanto la apariencia del sanitario así como el buen funcionamiento de estos sistemas. Igualmente se deben estimar costos, siendo indispensable la producción de los sanitarios por empresas

²³ El tratamiento más simple consiste en introducir directamente las aguas grises recién generadas en un entorno activo y altamente orgánico, antes de que se consuma el oxígeno.

cubanas y la realización de proyectos piloto a pequeña escala para estandarizar un diseño que responda a las condiciones locales.

4.3.3. Costo-beneficio de sistemas alternativos

Para la cuantificación de costos y beneficios de los sistemas ecosan en la Ciudad de la Habana, es necesario primero realizar un proceso de consulta pública con los interesados (autoridades, líderes locales y comunidad), informarles acerca de las opciones diagnosticadas y ratificar el interés por continuar en la siguiente fase para la realización de un proyecto piloto en el área. Posterior a esto y como parte del estudio de prefactibilidad se debe incluir este análisis económico. Por tal motivo la cuantificación de costos no toman parte de este trabajo.

Para dar una visión al lector de los costos y beneficios de las soluciones alternativas, se resume en la Tabla 5 los aspectos más importantes

Tabla 5: Costo-beneficio de sistemas alternativos

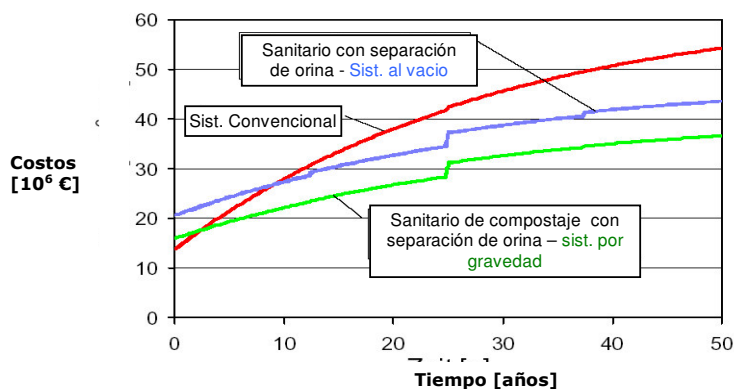
BENEFICIOS	COSTOS
Ahorro de agua	Proyectos pilotos (nuevos componentes)
Reducción en costos de canalización convencional	Altos costos para equipos sanitarios (inodoros de separación, al vacío, etc.)
Venta del fertilizante orgánico y Substitución de fertilizantes artificiales	Altos costos de instalación para doble tubería (separación de las fracciones de las aguas residuales)
Producción de energía (biogás)	
Tratamiento integrado de desechos domésticos	
Beneficios externos (no estimados)	Costos adicionales
Mejoramiento del suelo e Incremento en el rendimiento de las cosechas ²⁴	Costos de personal
Reducción de costos de medio ambiente (programas de descontaminación) y reducción de costos de salud	Costos de mantenimiento y operación

Modificada a partir de [Jurga, 2003]

En general, los sistemas alternativos presentan altos costos de inversión, porque están limitados a proyectos pilotos y hay un bajo grado en la economía de producción de nuevos componentes. Pero en el futuro, especialmente con una producción de los componentes en serie, se espera una reducción en los costos.

²⁴ Es difícil medir la rentabilidad, productividad o índice de eficacia alcanzado por lo abonado (suplemento de cosecha que se puede obtener por unidad de fertilizante aportada) ya que varía en amplias proporciones según los años y formas de cultivo, teniendo en cuenta los factores climáticos, de cultivo o genéticos.

Para cada tecnología seleccionada hay diferencias en la operación específica, en el mantenimiento y en los costos de personal, no obstante según se demuestra en otros proyectos pilotos realizados a nivel mundial (ver Figura 31), que los costos de operación y mantenimiento de tecnologías de saneamiento alternativas se ubican por debajo de los costos de los sistemas convencionales.



Costos proyectados para servicios de saneamiento para 5.000 Ha. Alemania. Berliner Wasserbetrieb

Figura 31: Comparación de costos – ecosan vs. Convencional

Fuente: Froehlich et al., 2003.

Entre los principales beneficios de los sistemas ecosan se estima el ahorro de agua²⁵ (reuso, reducción en la descarga de agua en sanitarios, etc.) y una menor área con canalización (sistemas descentralizados).

Los productos fertilizantes provenientes del saneamiento, pueden ser vendidos y/o substituidos por fertilizantes artificiales.²⁶

Beneficios adicionales pueden ser obtenidos con la producción de energía en plantas de biogás y mejoramiento en los rendimientos de las cosechas²⁷.

Otro beneficio, pero que es difícil de estimar, es la reducción de costos de medio ambiente (al reducirse la descarga contaminante en aguas superficiales), así como el impacto ambiental, por citar algunos, en zonas turísticas el mejoramiento del entorno

²⁵ En Cuba, el ahorro de agua representa beneficios primordialmente al sector turístico, dadas las tarifas de agua establecidas (ver 3.2.6). Para la población no representa un factor que incentive a la adopción de tecnologías alternativas de ahorro de agua, ya que a los habitantes no se le cobra de acuerdo a lo que consumen.

²⁶ El costo de producción de 1qq del abono fermentado enriquecido es de \$1 USD, un qq de humus de lombriz cuesta producirlo \$2,50 USD, el quintal de fertilizante NPK cuesta \$16 USD y un quintal de urea cuesta producirla \$20 USD [Rodríguez, 2001]. El fertilizante líquido orgánico proveniente de la orina procesada, no tendría costo alguno, ya que se parte de un producto que es desechado y solo se requiere una inversión inicial para recolectar el producto.

²⁷ El factor decisivo de la estabilidad de los altos rendimientos en las sucesivas cosechas de los huertos intensivos bajo condiciones cubanas, está determinado por las actividades poscosecha para la restitución de la fertilidad del cantero, es decir la adición de materia orgánica y nutrientes al suelo [GNAU, 2000].

favorece la promoción del turismo y en zonas pesqueras, se obtienen beneficios tanto para el ecosistema, como para la economía local.

Otro beneficio externo es la reducción en la incidencia de enfermedades transmitidas vía hídrica, lo cual redundaría en una disminución de los gastos médicos (programas de salud). Es de anotar que si no hay un plan de manejo que incluya toda la comunidad, no se apreciarán los beneficios de salud y medio ambiente, ya que estos no se realizan a pequeña escala.

Como base para la implementación de proyectos pilotos, se busca en conjunto con los interesados una financiación externa para cubrir los altos costos de inversión, aunque la participación local con mano de obra e insumos locales disponibles es un elemento clave que conduce a la apropiación local de la tecnología. Por otro lado, se debe asegurar que la comunidad es capaz de cubrir los costos de operación y mantenimiento del sistema (a partir del análisis económico) para garantizar la sostenibilidad del proyecto.

4.4. Aspectos agrícolas

4.4.1. Aceptación por productos resultantes del saneamiento

Uno de los incentivos más fuertes para la implementación de sistemas de saneamiento ecológico en la Ciudad de la Habana es la demanda de una fuente de fertilizante y materia orgánica, que este disponible y sea accesible en áreas urbanas, de buena calidad e higiénicamente segura.

El agua de irrigación no representa actualmente para la mayoría de los productores urbanos uno de los factores limitantes de la producción [Hammer, 2004]. Sin embargo, esta tendencia cambiará al aplicar la nueva normativa del uso de agua potable en la agricultura urbana. No obstante hoy en día, es un punto decisivo para la creación de áreas verdes en zonas densamente pobladas.

Con respecto a la utilización de las fracciones de los residuales, los resultados de las encuestas demuestran que inicialmente el 53% de los productores aceptarían usar un fertilizante orgánico hecho en base a orina humana y un 22% un abono hecho en base de heces humanas, tal y como se observa en la Figura 32.

Después de una charla sobre ecosan, donde se asegura la calidad higiénica del producto, 94% de los productores aceptarían usar la “orina fermentada” para suplir las necesidades de nutrientes en sus cosechas y la mayoría están en disposición de formar parte en experimentos relacionados con el uso de este producto.

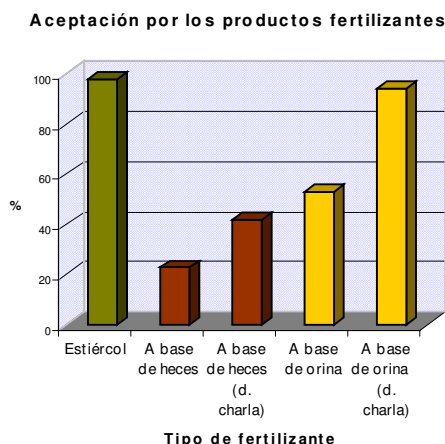


Figura 32: Aceptación por productos fertilizantes a partir de excremento

regulaciones de la agricultura urbana para garantizar la salud de los consumidores y la calidad del producto.

No habría problema si se usa como fertilizante el subproducto de una planta de biogás, donde se traten los residuos domésticos incluyendo la excreta humana.

El uso de aguas grises para el riego resultó ser un área desconocida para los agricultores, pero al igual que el reuso de desechos sólidos presenta una alta aceptación. Las causas principales para que actualmente no se usen, vienen dadas por la falta de mecanismos y tecnologías para su separación. En el caso de desechos sólidos falta una cultura de reciclaje del material orgánico por parte de la comunidad [Ameneiros, 2003] y se requiere trabajar a dos niveles: separación en el hogar y separación a nivel de vertedero, para aprovechar el potencial que representan estos desechos en la ciudad de La Habana (ver inciso 3.2.7). Esta última opción se está evaluando en diferentes proyectos locales²⁸ [Palacios, 2000; Arozarena, 2003].

4.4.2. Características y tratamiento de la orina

La orina tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, en proporciones adecuadas y disponibles para las plantas, de forma que puede ser usado potencialmente como un fertilizante [Johansson, 2000]; investigaciones en campo han revelado que el efecto fertilizante de la orina es comparable con el de fertilizantes minerales [kirchmann & Pettersson 1995; Simons & Clemens, 2003].

A pesar de las aclaraciones que recibieron los productores, se continúa observando aún después de la charla, que menos de la mitad de los entrevistados, aceptarían ensayar un abono hecho en base de heces humanas. Los productores restantes lo harían bajo las siguientes condiciones:

- ✓ presencia de mecanismos para una adecuada y mínima manipulación
- ✓ establecimiento de normas y regulaciones de la agricultura urbana para garantizar la salud de los consumidores y la calidad del producto.

²⁸ La propuesta en la zona del recinto portuario radica en la recolección selectiva de residuos sólidos y la construcción de una planta de tratamiento primario para el uso reciclado de los mismos. Se plantea la producción de compost a partir de la fracción orgánica de la basura húmeda y la recuperación de materias primas a partir de la fracción seca [Palacios, 2000].



Figura 33: Medición del pH en la orina fermentada

El tratamiento consiste en un almacenamiento, el cual dependiendo de la temperatura varía entre 6 semanas (25°C) y 6 meses (4°C).

Las mediciones tomadas muestran que el pH de la orina fresca se encuentra alrededor de 5.0- 5.5 y después del almacenamiento entre 9.0 – 9.5 (ver Figura 33). El elevado pH causado por la conversión de urea a amonio es beneficioso para la inactivación de los microorganismos en la orina.

Para reducir las pérdidas de nitrógeno y eliminar el problema del mal olor se debe almacenar la orina en tanques no ventilados y evitar exponer el producto una vez almacenado en lo más mínimo al aire, favoreciendo de esta forma las condiciones de fermentación. En las muestras tomadas, donde se chequeó el pH semanalmente se notó la presencia de un olor fuerte (a establo) aunque ya no es el típico olor que caracteriza este producto.

En los ensayos preliminares se determinó un tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (22°C de media) entre 40 y 60 días; aunque ya se observaba un aumento en el pH a las 2 semanas de almacenado el producto. En Figura 34 se muestra el comportamiento del pH en relación con la concentración de fósforo y nitrógeno de las muestras almacenadas bajo las condiciones climáticas locales.

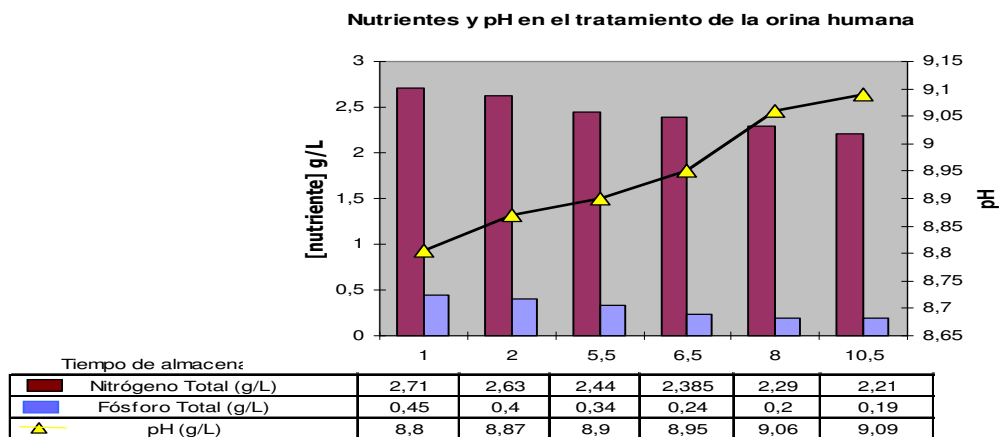


Figura 34: Concentración de nutrientes y pH en el tratamiento de la orina

Después de uno y dos meses de almacenamiento el contenido de nitrógeno total es de 2,7- 2,2 g/L respectivamente; el contenido de fósforo oscila entre 0,45 y 0,2 g/L. El contenido de potasio en las cuatro muestras analizadas varía entre 0,90 y 1,10 g/L. Estos datos corroboran los reportados en otros estudios realizados en Suecia (ver Figura 35).

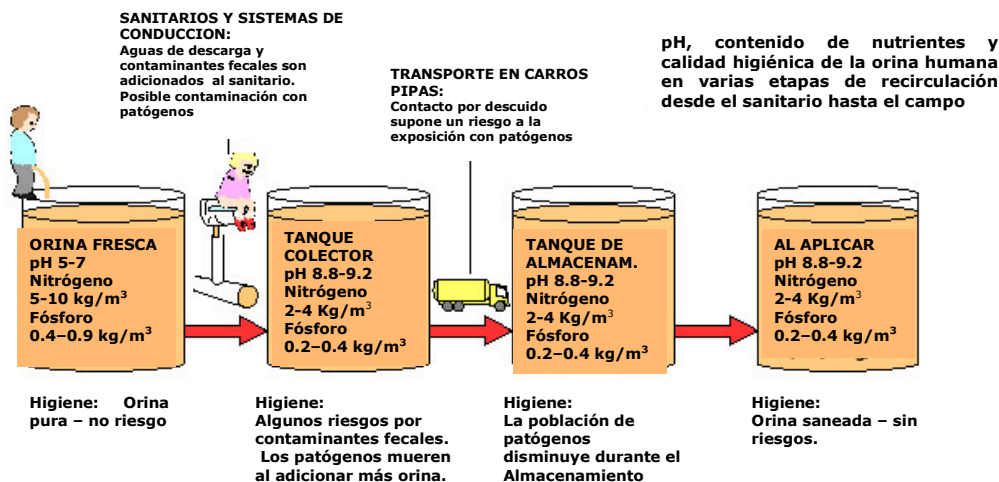


Figura 35: Características de la orina humana en varias etapas desde el sanitario hasta el campo
Fuente: Johansson, 2000.

Aunque la finalidad de este trabajo no es realizar una caracterización microbiológica del producto, se tuvo en cuenta este aspecto por la relevancia del tema a nivel local tanto por agricultores como organismos de salud pública. Por tal motivo la autora se remite a otros estudios en este campo, que reportan la desactivación de posibles patógenos presentes en la orina, en relación con las condiciones de almacenamiento (ver Tabla 6 y Figura 35).

Tabla 6: Tiempo de desactivación de patógenos en la orina

	Bacterias gram-negativas	Bacterias gram-positivas	C. parvum	Rhesus rotavirus	S. typhimurium fago 28B
4°C	1	30	29	172*	1466*
20°C	1	5	5	35	71

*Experimentos de supervivencia realizados a 5°C

Desactivación de microorganismos en la orina, dado como valores T90 (tiempo requerido para reducir el conteo bacteriano en 90%) (Hoglund, 2001)

Fuente: Schönning, 2003

Adicional a esto se realizó un análisis microbiológico a cuatro muestras de orina con tiempo de almacenamiento de 40 y 60 días, obteniendo resultados negativos para bacterias aerobias totales. No fue posible realizar otras determinaciones microbiológicas en el margen de este trabajo.

La orina es considerada como una solución relativamente estéril (ver 2.3.1) y los riesgos de transmisión de enfermedades infecciosas son muy bajos, siempre y cuando no se presente contaminación con heces. No obstante las condiciones de almacenamiento aseguran la inocuidad total del producto; la rata de inactivación de los patógenos aumenta a mayor temperatura, elevado pH y baja dilución.

4.4.3. Experimentos “Uso de la orina como fertilizante en la agricultura urbana”

A partir de ahora para el fertilizante a base de orina tratada, la autora utilizará el término FLO, que significa Fertilizante Líquido Orgánico, por motivos de aceptación y comercialización del producto (ver inciso 4.4.4.1).

4.4.3.1. Experimento preliminar con plantas ornamentales

En los tratamientos donde se adicionó el fertilizante FLO (T#2 y T#5) se redujo el tiempo de crecimiento y desarrollo de las dos especies en un 50%, es decir, que el crecimiento de las plantas fue más acelerado. Esto se observó tanto en el aumento de área foliar como en la altura final de las plantas (ver Figura 36).



Figura 36: Resultados de las plantas ornamentales fertilizadas con FLO y testigos

Igualmente se notó un color más intenso que en los tratamientos 1, 3, 4 y 6. No podemos dejar de mencionar que se obtuvieron cabelleras radiculares mejor constituidas y un porcentaje de arraigue mucho mayor, así como una mayor vigorosidad y un mejor estado fisiológico de las plantas tratadas con este producto fertilizante. La utilización del fertilizante tuvo un efecto positivo en la producción, independientemente del tipo de suelo.

Los tratamientos 3 y 6 (con adición de materia orgánica) se comportaron por encima de los testigos absolutos (T#1 y T#4), pero por debajo de los tratamientos 2 y 5 (adición de FLO); ver Figura 37.

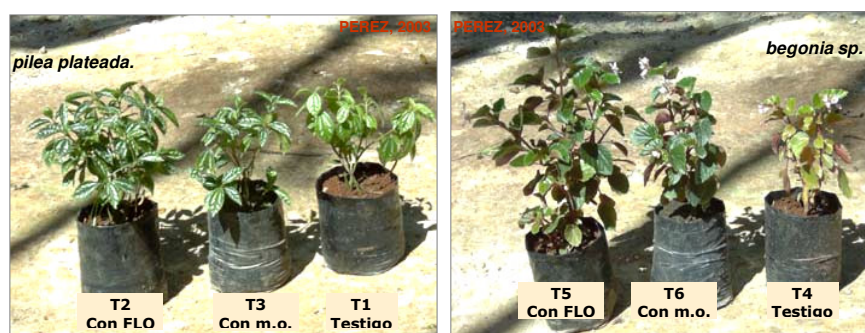


Figura 37: Comparación del efecto del fertilizante a base de orina fermentada “FLO”

4.4.3.2. Experimento como fertilizante en organopónicos

En la Tabla 7 se muestra el análisis químico del suelo del área experimental antes de la aplicación de los fertilizantes y/o materia orgánica. Como se puede observar el suelo de los canteros experimentales está bien abastecido presentando una alta fertilidad.

Tabla 7: Fertilidad del suelo del huerto experimental (canteros experimentales)

Especie química	Unidad de medida	Valor	Rango	Calificación
pH (H ₂ O)		7,32	7.17 - 7.25	neutro
M.O.	%	3,72	2.41 - 2.49	mediano
K ⁺	cmol.Kg-1	0,91	0.89 - 0.92	alto
Ca ⁺⁺	cmol.Kg-1	19,60	19.5 - 20.1	alto
Mg ⁺⁺	cmol.Kg-1	8,20	8.16 - 8.21	alto
Ca ⁺⁺ /Mg ⁺⁺		2,39		adecuada
P ₂ O ₅		30,02	29.11 - 31.1	alto

En la siguiente tabla se muestra la composición química del producto fertilizante a base de orina tratada, utilizado en el experimento en su forma concentrada y diluida. En el anterior inciso se detalló la relación del balance de nutrientes vs. tiempo de tratamiento.

Tabla 8: Concentración de NPK en el fertilizante a base de orina "FLO"

Muestra	pH	%N	%P	%K
FLO (orina) diluida	8,93	0,22	0,04	0,04
FLO (orina) Concentrado	9,07	1,24	0,25	0,08

Como puede observarse en la comparación de las medias del rendimiento (ver Tabla 9) hay diferencias significativas entre los tratamientos. Los mejores resultados se reportaron cuando se aplicó el fertilizante a base de orina FLO y muy particularmente cuando su acción se combinó con un buen contenido de materia orgánica, en este caso se utilizó humo de lombriz producido en el centro.

Tabla 9: Rendimiento de la producción en los diferentes tratamientos

Tratamientos	Kg / trat.	Kg . m ²
FLO (orina) + M.O.	27,495 a	3.39 a
FLO (orina)	26.35 a	3.25 a
M.O.	24.08 b	2.97 b
Testigo	17.50 c	2.16 b
ESx p<0.05 *	1,600	0,33

Medidas con letras distintas en una columna difieren significativamente para P<0,05 según pruebas de rangos múltiples de Duncan

Con respecto a la absorción de nutrientes por las plantas, se muestra una correlación con los rendimientos; los dos tratamientos de mayor producción también acumularon mayor contenido de nutrientes (ver Tabla 10). Esto se observó igualmente en el

aspecto visual de las plantas, especialmente en el tamaño y tonalidad de las hojas en comparación con el testigo absoluto (ver Figura 38).

Tabla 10: Concentración de NPK en la lechuga (%)

Tratamiento	%N	%P	%K
FLO (orina) + M.O.	1,02	0,48	0,45
FLO (orina)	1,00	0,34	0,80
M.O.	0,93	0,34	0,60
Testigo	0,87	0,22	0,36

El Nitrógeno absorbido probablemente estuvo influido en alguna medida por el sustrato en general, no obstante se aprecia que la fertilidad del suelo influyó en menor medida en la concentración de fósforo y potasio.



Figura 38: Resultados en el huerto experimental

Para concluir, se deduce que el uso del fertilizante “FLO” a base de orina tratada, mejora significativamente el aporte de nutrientes a las plantas y los rendimientos en la producción. Su acción se ve potenciada al combinarle con la materia orgánica, ya que al abonar se mejora las propiedades del suelo para aprovechar al máximo la aplicación de los nutrientes

4.4.4. Recomendaciones para el uso de un fertilizante a base de orina humana

4.4.4.1. Uso en la agricultura urbana

Para el uso de la orina fermentada como fertilizante orgánico surgieron en el debate con los productores (ver 3.1.3.a.) y expertos las siguientes consideraciones:

- Al proporcionarle un tratamiento a la orina, esta adquiere la calidad de producto fertilizante higiénicamente seguro, por lo cual el nombre que se le atribuya al producto es importante tanto para la comercialización, como para la aceptación por parte del consumidor mismo. Los términos sugeridos fueron “urea orgánica”, “urea natural” ó FLO (fertilizante líquido orgánico²⁹).

²⁹ El término FLO es usado también en México para nombrar la orina fermentada [Arroyo, 2003].

- Ya que la situación de abastecimiento de materia orgánica y nutrientes varia ampliamente entre los diferentes tipos de huertos [Hammer, 2004]. El tratamiento se puede llevar acabo a diferentes escalas, según la demanda.
- En los organopónicos y huertos intensivos se puede realizar una redistribución de la materia orgánica existente, de forma que se asegure el suministro de nutrientes a todos los cultivos. La materia orgánica está destinada normalmente en organopónicos para recargar los canteros, por tanto las cantidades adquiridas no alcanzan para otros cultivos como frutales, noni, flores, etc, donde la aplicación del fertilizante FLO ayudaría a umentar los rendimientos.
- Seria muy útil su utilización en casas de posturas, donde se requiere al inicio una dosis de nutrientes a través de aspersión de un fertilizante líquido.
- Inicialmente se propone su uso en floricultura³⁰ y frutales.
- La realización y optimización del compost con la técnica de adición de orina a hojas secas en condiciones de organoponia "orinoponia" [Arroyo, 2003] puede ser una estrategia a usar en los huertos familiares y parcelas (ver Figura 39).
- Se necesitan mecanismos y equipos a nivel local que aseguren una recolección adecuada y un tratamiento óptimo.

4.4.4.2. Recomendaciones genéricas para su aplicación

A continuación se exponen las técnicas de aplicación recomendadas a partir de los estudios previos y de una revisión bibliográfica de los lineamientos y recomendaciones expuestas por autores que trabajan en este tema [Jönsson, 2003; Schönningen, 2003; Johansson, 2000].

Técnica de aplicación



Figura 39: Técnicas de aplicación del FLO

³⁰ En el sector de floricultura se reparten 120.000 ton de fertilizantes y 80.000 ton de urea para cosechas bajo contratación. Esta cantidad alcanza solo para dos de las cuatro aplicaciones al año que se necesitan realizar (EHM, 2003). Adicional a esto para cumplir con los planes de aumento de la producción de flores y frutales planeada en los lineamientos de la agricultura se necesita garantizar una fuente de nutrientes y materia orgánica para estos dos sectores, todo el año.

- La aplicación del FLO puede ser benéfico si tiene lugar antes de la siembra, o antes de que transcurran 2/3 ó 3/4 partes del tiempo entre la siembra y la cosecha.
- Para calcular la cantidad del FLO a utilizar se deben usar las recomendaciones de la cantidad de nitrógeno usadas por los fertilizantes basados en urea. A partir de los datos de la concentración de Nitrógeno medidos o del estimado de 3-7 gramos de Nitrógeno por litro.
- Si no se pueden obtener recomendaciones, la regla general es aplicar la orina recolectada por una persona durante un día³¹ a un metro cuadrado de tierra de cultivo. La dosis máxima antes de que exista el riesgo de efectos tóxicos es 5 veces esta dosis.
- Al aplicar el FLO, se debe evitar rociar las hojas ya que se pueden quemar por la alta concentración de sales si se deja secar el producto sobre las hojas.
- Se debe evitar rociar el FLO al aire ya que se pierde parcialmente el nitrógeno de la orina en forma de emisiones de amoníaco.
- No se debe empapar completamente la raíz con FLO sin diluir, porque puede ser tóxica e incluso letal, especialmente para las plantas pequeñas. Se debe diluir o aplicar en un radio a distancia suficiente para que los nutrientes queden al alcance de la planta.
- Se recomienda una dilución del FLO inicial de 1:5 con agua y posteriormente aplicaciones de dilución del FLO 1:10. Los intervalos de aplicación dependen y deben ser establecidos según los requerimientos nutricionales de cada planta, tipo de suelo y estados específicos del cultivo.
- Para el tratamiento se sugiere estandarizar unas condiciones de almacenamiento (tiempo mínimo bajo condiciones climáticas locales³²) según el uso que se le vaya a dar a nivel agrícola.
- Para la aplicación en alimentos que se consuman crudos se debe garantizar la calidad higiénica del producto, por tanto se debe cumplir estrictamente un tiempo mínimo de almacenamiento, asimismo debe transcurrir un mes entre la fertilización y la cosecha. La aplicación debe realizarse directamente a la tierra, si las partes comestibles crecen sobre el nivel del suelo. En el caso de fomentar la utilización de este producto a mayor escala se puede partir de las directrices que actualmente existen para el reuso de la orina en la agricultura (ver Tabla 11).

³¹ Un adulto sano, produce como promedio de 1 ½ a 2 litros de orina por día.

³² En los ensayos preliminares bajo condiciones cubanas se obtuvo un tiempo de 40 a 60 días, pero se recomiendan mas investigaciones para estandarizar el tiempo mínimo de almacenamiento según el uso agrícola y establecer regulaciones que aseguren siempre la calidad del producto.

Tabla 11: Lineamientos para el tratamiento de la orina para su uso a gran escala

Tiempo de almacenamiento recomendado por los lineamientos suecos para la desactivación de patógenos basado en el contenido de patógenos^a en la mezcla de orina y en los cultivos recomendados para sistemas a gran escala^b. Se da por hecho que la mezcla de orina tiene un pH de por lo menos 8.8 y una concentración de nitrógeno de al menos 1 g/l [Jónsson et al., 2000 y Höglund, 2001]

Temperatura de almacenamiento	Tiempo de almacenamiento	Patógenos que se pueden encontrar en la mezcla de orina	Cultivos recomendados
4°C	>=1 mes	virus, protozoarios	Cultivos de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^c
4°C	>=6 meses	virus	Cultivos de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^c
20°C	>=1 mes	virus	Cultivos de alimentos y forrajes que deben ser procesados ^c
20°C	>=6 meses	Probablemente ninguno	Todos los cultivos ^d

^a No se incluyen bacterias gram-positivas ni bacterias que forman esporas.

^b En este caso, un sistema a mayor escala es un sistema en el que la mezcla de orina es usada para fertilizar los cultivos que serán consumidos por personas que no pertenecen al hogar en el que se recolectó la orina.

^c No en caso de praderas para la producción de forraje, ni para el uso de paja.

^d Para el cultivo de alimentos que se consumen crudos se recomienda que la orina se aplique un mes antes de la cosecha y que se integre al suelo si las partes comestibles crecen sobre el nivel del suelo.

Fuente: Schönning, 2003

4.5. Estrategias de gestión

Dentro del estudio de línea base y en la matriz FODA (ver 4.1.5) se identificó el análisis del marco legal así como las actividades de promoción y educación ambiental, como pilares estratégicos en el proceso de adopción de tecnologías ecosan.

4.5.1. Marco legislativo

La importancia de la Ley 81/1999 es fundamental, porque establece los principios legales que rigen la política ambiental cubana. Como se expresa en el artículo 93 de la Ley 81, Aguas y ecosistemas acuáticos y artículo 132 Ley 81, Agricultura sostenible y uso sostenible de los recursos paisajísticos; esta legislación favorece medidas que promuevan la reutilización de aguas residuales, con el objetivo fundamental de mejorar la calidad del agua y del suelo. Los artículos mencionados son muy genéricos y por tanto cabe su aplicación a la actividad de saneamiento ecológico.

Sin embargo, al analizar otras legislaciones (leyes, resoluciones y decretos) que abarcan los temas de higiene comunal, suministro de agua y saneamiento, vertimiento de aguas residuales, ordenamiento territorial y agricultura urbana se observa un importante vacío de disposiciones ambientales para el sector de reuso de los residuales líquidos (ver anexo 4: lista de resoluciones revisadas). Dentro de las

limitaciones legislativas para la implementación de tecnologías, que permitan aprovechar los nutrientes presentes en los residuales, en beneficio de la fertilidad de los suelos y los rendimientos de las cosechas, se encontraron los siguientes puntos:

- No hay normas técnicas para el uso agrícola de aguas residuales domésticas. No se considera la adecuación de las aguas residuales (sean domésticas o industriales) con criterios sanitarios y agronómicos para el riego agrícola o de áreas verdes. En los lineamientos para la agricultura urbana solo se hace mención en el subprograma de riego y drenaje que en caso de usar aguas residuales, se debe remitir a los organismos competentes que avalan su utilización (INRH y MINSAP), pero no se encontraron estándares de calidad que limiten su uso a determinados cultivos o que promuevan el aprovechamiento de las aguas residuales domésticas en la agricultura.
- En las normativas cubanas existen estándares de calidad de agua residual para su disposición en ambientes libres (aguas terrestres). Aunque se orienta solo al manejo de impacto y uso de los cuerpos receptores de agua, donde son vertidos los residuales (NC XX: 99). Entre los parámetros de control de la calidad de vertidos de aguas residuales, se aborda el tema de los patógenos (coliformes fecales y totales), adicional a los parámetros físicos y químicos. Si bien, no se hace ninguna mención en términos de huevos de nemátodos. Tanto la remoción de bacterias patógenas como de quistes de parásitos, son parámetros importantes a tener en cuenta en los proyectos de uso de aguas residuales [Strauss, 2000].
- Marco regulador y normativo del ordenamiento territorial
El esquema de ordenamiento territorial de la Ciudad de la Habana define el uso temporal de los suelos dedicados a la agricultura urbana. Esta normativa afecta a la planificación de nuevas infraestructuras, para el tratamiento de las aguas residuales enfocadas a mejorar la producción agrícola y la creación o mantenimiento de áreas verdes.

En el contexto legal, partimos de dos recomendaciones básicas que aseguren la viabilidad de proyectos de saneamiento ecológico, sin comprometer la salud pública:

- a. A corto plazo se pueden adoptar las directrices de la OMS para el aprovechamiento de aguas residuales (ver anexo 9), asegurando de esta forma la salud pública y contribuyendo al mejoramiento de la fertilidad de los suelos y los rendimientos en la agricultura urbana.
- b. A largo plazo, la única forma viable para transformar los resultados de las experiencias y proyectos piloto de ecosan en una estrategia más amplia y en

regulaciones específicas, es a través de la autoridad ambiental. Es tarea de los funcionarios involucrados en la gestión pública, la coordinación de acciones entre los diferentes participantes (stakeholders) y niveles jerárquicos, incluyendo autoridades ambientales y agrícolas de la provincia, autoridades municipales, sector académico y productores.

4.5.2. Promoción y educación ambiental

La promoción y sensibilización por los temas de ecosan son instrumentos clave para lograr la aceptación hacia sistemas alternativos de saneamiento, encaminados al uso productivo de las aguas residuales.

La reacción de rechazo que caracteriza el uso de excremento humano y aguas residuales domésticas está asociada con el temor a riesgos higiénicos y percepciones negativas como malos olores, aparición de moscas, etc. Esta actitud se vincula directamente a los aspectos socio-culturales del manejo tradicional de estos residuos³³ y al nivel de información que se tiene del tema. Estas percepciones, relacionadas con los riesgos potenciales, pueden conducir a la aceptación, a la indiferencia o al rechazo de las propuestas del proyecto. Para lograr un buen nivel de aceptación se precisa que los actores conozcan tanto los riesgos como los beneficios y potenciales, reconociendo de forma clara los diversos elementos que implicarían la puesta en marcha del sistema [Cavallini, 2002].

Tras un sondeo inicial con los diferentes grupos (expertos, académicos, autoridades locales, productores y comunidad) se vio la necesidad de la divulgación de información y capacitación sobre el saneamiento ecológico.

Las actividades de promoción y divulgación se llevaron a cabo partiendo del grado de información e interés de cada grupo. Los principales temas se concentraron en:

- Estrategias de saneamiento ecológico - potencial y limitaciones
- Características de los componentes de las aguas residuales y opciones de tratamiento
- Tecnologías de saneamiento ecológico disponibles en el mercado mundial y experiencias en otros países
- Manejo de aguas residuales con fines agrícolas y consideraciones sanitarias
- Calidad y tipo de productos reciclados del saneamiento

Las estrategias de promoción se realizaron a tres niveles: Instituciones locales escuela-comunidad y comunidad

³³ Eliminación de los desechos por arrastre de agua, en lugar de reutilización.

a. A nivel de Instituciones locales

Se promovió el intercambio de información con los diferentes institutos y expertos en las áreas de agricultura urbana, saneamiento, manejo de desechos sólidos, ordenamiento territorial y salud. El objetivo inicial de las charlas fue dar a conocer estas tecnologías y despertar la motivación de los expertos a continuar trabajando sobre esta temática (ver Figura 40).



Figura 40: Actividades de promoción a nivel de instituciones locales

Es de destacar la importancia de involucrar desde el primer momento centros tecnológicos, universidades y centros de investigación local para el desarrollo de estrategias futuras [Esrey, 2001], que aseguren:

- La continuidad que requiere el desarrollo y la adaptación de nuevas tecnologías que respondan a las condiciones locales.
- Estandarización de las técnicas para el uso seguro de los fertilizantes obtenidos a partir del saneamiento.
- Creación de un mercado local y aparición de fabricantes nacionales de elementos sanitarios.

b. A nivel escuela –comunidad

La educación ambiental es considerada como un proceso continuo, para sustentar el nivel de conciencia alcanzado por los grupos claves, a modo de proteger y mejorar el medio ambiente en el que viven. Los “círculos de interés de medio ambiente” constituyen una línea de acción del proyecto de educación y gestión ambiental nacional [CIGEA, 2003]. La vinculación de la temática de saneamiento ecológico a los programas de educación ambiental existentes (programa del grupo de la Bahía de la Habana y actividades escuela- producción agrícola), sirvió como base para entender la correlación que hay entre la agricultura urbana, el saneamiento y el medio ambiente en su entorno: escuela, barrio y ciudad. Estos conceptos son reflejados en los dibujos realizados por los niños que participan en las actividades de los huertos y en el programa de medio ambiente (ver Figura 41).

La realización del mural con el motivo ecosan, da a los niños elementos visuales de identificación para proyectar este conocimiento a otro nivel, como padres y vecinos; siendo los niños los portadores de la información en la comunidad. La utilización de medios visuales en este proceso, brinda la posibilidad a crear conciencia a través del arte, de forma dinámica e interactiva.



Figura 41: Dibujos realizados por los niños – “La visión cubana de ecosan”

c. A nivel comunidad

Las estadísticas de la CIGEA³⁴ confirman que la mejor vía para transmitir información sobre el medio ambiente a la comunidad, son los medios de difusión masiva. A razón de lo cual, se llevó a acabo la realización del video “Aguas Azules” (ver Figura 42), con una duración de 20 minutos, que fue transmitido en el canal educativo.

El video resume la situación sanitaria, las prácticas agrícolas y los problemas de contaminación que vive actualmente la Ciudad de la Habana; enuncia algunos de los planes de mayor relevancia para descontaminar y algunas prácticas que se realizan actualmente en Cuba para aprovechar los residuos; también plantea opciones viables, a través de ejemplos en otros países, para convertir los desechos en ganancias para la comunidad.

También es importante tener en cuenta, que al enfrentamos a una cultura con coprofobia es necesario la realización de campañas con un elemento visual. El objetivo será incitar a la discusión informal de temas como el reuso de la excreta humana y confrontar a la gente, paso a paso con esta temática, para no ocasionar una reacción radical de rechazo [Cordero, 2003].

³⁴ Las vías por las que la población reconoce la entrada de información sobre el medio ambiente son el 34% medios de difusión masiva, 27% revistas y periódicos y 24% instituciones comunales, 14% vías no informales [CIGEA, 2003].

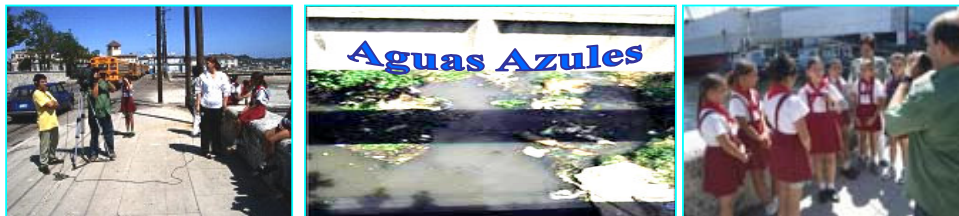


Figura 42: Realización de un documental informativo para la comunidad

Para concluir, en todo el desarrollo de un proceso de implementación de saneamiento ecológico (desde su fase de diagnóstico hasta su ejecución) se debe establecer toda una estrategia de participación comunitaria y educación ambiental para asegurar el entendimiento y apropiación del sistema por parte de la comunidad. El éxito de las operaciones de mantenimiento de los sistemas ecosan se garantizan, cuando el sistema es comprendido por la comunidad, y responde a las necesidades y motivaciones de la misma (higiene, confort, estatus, economía, aumento del rendimiento de sus cosechas, entre otras).

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ❖ Para la implementación de sistemas ecosan en Ciudad de La Habana, un punto clave de partida es la restitución de nutrientes en la agricultura urbana, a partir de las aguas amarillas y basura orgánica. Otra área con potencial para las tecnologías ecosan es el uso de aguas grises para el riego de áreas verdes dentro la ciudad y en complejos hoteleros. En un futuro próximo cuando se apliquen las restricciones del riego con agua potable, puede evaluarse esta alternativa como aguas de irrigación en la agricultura urbana.

- ❖ La introducción de tecnologías de saneamiento ecológico en La Habana mediante medidas de ahorro de agua, no constituyen actualmente ningún incentivo para la población, dadas las políticas de agua existentes.

- ❖ La orina humana previamente tratada, puede ser usada como fertilizante orgánico en la agricultura urbana. Partiendo de las bases que hay cierta disposición por parte de los agricultores para su uso y que este producto puede cubrir los requerimientos nutricionales de las plantas, siempre y cuando se establezcan condiciones seguras de tratamiento y manipulación.
Entre las ventajas del fertilizante a base de orina se destacan su accesibilidad, alta disponibilidad en la ciudad, bajo costo (actualmente se considera un desecho), e igualmente la posibilidad de establecer sistemas a diferentes escalas.

- ❖ Es difícil dar una conclusión técnica general de las experiencias de ecosan porque cada proyecto se ajusta a unas condiciones específicas. La motivación para introducir estas tecnologías varía en los diferentes escenarios y puede responder a una demanda por un sistema de saneamiento o de productos

reciclados para mejorar la fertilidad de los suelos del área. En cada caso para la selección de la tecnología adecuada, es necesario evaluar a partir del contexto local, las diferentes opciones técnicas de separación de las fracciones de las aguas residuales (aguas amarillas, cafés, grises) y su posibilidad de reuso en las áreas agrícolas aledañas.

- ❖ Para la viabilidad de proyectos de saneamiento ecológico resulta de vital importancia: (a) la adopción de un marco legal y directrices aplicadas al reuso y aprovechamiento de los residuales domésticos de forma segura, (b) la realización de campañas de promoción y sensibilización para lograr la aceptación por sistemas alternativos y (c) la educación ambiental, que juegan un rol importante para garantizar el correcto funcionamiento de estas tecnologías, donde el usuario tiene mayor participación en el manejo de sus propios desechos.
- ❖ El saneamiento ecológico puede y debe ser considerado como una actividad empresarial, partiendo de una materia prima de costo cero, se consigue un producto final, cuyo valor rentabiliza la O/M del sistema y conjuntamente disminuye el problema sanitario y de contaminación que ocasionan los desechos urbanos. No obstante para su implementación se requiere de un plan por etapas, teniendo en cuenta ante todo la aceptación de este nuevo enfoque a nivel socio-económico y cultural.

5.2. Recomendaciones

- ❖ Ya que los sistemas de saneamiento ecológico son tecnologías nuevas en la Ciudad de la Habana, se recomienda implementar demostraciones a nivel local que aseguren a la población la viabilidad y buen funcionamiento de los sistemas ecosan. De la misma forma, para determinar la sostenibilidad de estas tecnologías se debe realizar en la fase piloto una valoración de los impactos ambientales (derivados del tratamiento y reuso de los residuales) y un análisis de rentabilidad económica, p.ej. mediante un análisis costo-beneficio.
- ❖ se recomiendan más investigaciones para establecer las opciones técnicas de recolección y normas seguras de manipulación de la orina humana, así como experimentos agrícolas para demostrar y determinar las dosis y el mejor

manejo agro-ecológico del fertilizante orgánico en base de orina fermentada en diferentes cultivos y tipos de suelos.

- ❖ Para continuar con la fase siguiente en la implementación de proyectos piloto de sistemas ecosan, se sugiere la realización de un seminario que involucre tanto el sector público, como actores locales en las áreas de agua y saneamiento, ingeniería, agricultura, planificación física, medio ambiente y salud pública. Solo una estrategia integrada desde las diferentes áreas que conforman el ambiente urbano, puede garantizar el éxito de estos sistemas desde su fase piloto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, J. y Mon E. (1998) Caracterización del abastecimiento de agua potable y saneamiento de la Ciudad de la Habana. En: Voluntad hidráulica Vol. 89-90. Habana, Cuba.
- Alteri, M. et all (1999) The greening of the “barrios”: Urban agricultura for food security in Cuba. En: Agriculture and Human Values, Vol. 16: 131 – 140. Holanda.
- Ameneiros, J. (2003) Comunicación personal. ISPJAE/ CIPRO. La Habana, Cuba.
- Arozarena, N. (2003) Comunicación personal. INIFAT. La Habana, Cuba.
- Arroyo, F. (2003) El saneamiento ecológico y la autosuficiencia alimentaria. Cedicar. En: taller de entrenamiento ecosan. El Salvador.
- Austin, A. (2001) Health Aspects of ecological sanitation. En: Proceedings of the First International Conference on ecological Sanitation. Nanning,China.
<http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/ecosan/austin.html>
- Blanco, H. et al. (2001) The Cantarrana Prototype: Concept Plan for an Incremental Ecological Wastewater Treatment. University of Washington, Department of Urban Design and Planning. Seattle, USA.
<http://online.caup.washington.edu/courses/udpsp00/udp508b/plan.html>
- Castellón, S. (2002) La agricultura urbana y la producción de alimentos: La experiencia de Cuba. CEEC. Universidad de la Habana, Cuba.
www.nodo50.org/cubasi gloXXI/ economia/castellon4_310503.pdf
- Cavallini, J. et. all. (2002) Guía para la formulación de proyectos de sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales domésticas. Convenio IDRC – OPS/HEP/CEPIS, Lima.
- CENCA (2002) Propuesta Innovadora y sostenible de evacuación, tratamiento y reuso de residuos sólidos y líquidos domésticos. Programa APGEP-SENREM. Lima, Perú.
- CEPIS/OPS (2000) Análisis del sector de agua potable y saneamiento en Cuba.
<http://www.cepis.ops-oms.org/eswww/eva2000/cuba/informe/inf.00>
- Chavez N. y Aguiar L. (2003) Comunicación personal. Delegación Provincial de recursos Hidráulicos. Ciudad de La Habana, Cuba.
- CIGEA (2003) Estrategia Nacional de educación ambiental ENEA. Agencia del medio ambiente y CITMA. La Habana, Cuba. www.medioambiente.cu/CIGEA/

- Collado, R. et. all. (1998) San Isidro la nueva imagen: Proyecto social para la rehabilitación integral de un barrio habanero. Oficina del historiador de la ciudad de la Habana. Ciudad Vol. 3. Ediciones Boloña
- Companioni, N., Rodriguez, A. y Carrion, M. (1997) La agricultura urbana en Cuba: su participación en la seguridad alimentaria. En: Memorias del III encuentro nacional de agricultura orgánica, p. 9-13. Villa Clara, Cuba.
- Cordero, T. (2003) Comunicación personal. Taller San Isidro, La Habana vieja, Cuba.
- Corujo, M; Fernández, M. y Medina, A. (2003) Con educación y participación sanaremos la Bahía de la Habana. GTE- Bahia Habana y equipo JICA, Cuba.
- Cruz, M. y Sánchez R. (2001) Agricultura y ciudad: una clave para la sustentabilidad. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre. Cuba.
- Drangert, J. (1998): Fighting the urine blindness to provide more sanitation options. En: Water SA, Vol. 24. <http://www.cepp.cc/ecosan/jod-urineblindness.pdf>
- EHM (2003) Comunicación personal. Empresa Hortícola Metropolitana. La Habana, Cuba
- Esrey, S., Anderson I., Hillers A., Sawyer R. (2001) Cerrando el ciclo: Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria. 1a. edición Asdi. México. <http://www.gtz.de/ecosan/download/esrey2001.pdf>
- Esrey, S. et all. (2001) Saneamiento ecológico. 2a edición. Asdi, México. <http://www.gwpforum.org/gwepf/wfmain.nsf/publications>
- Etnier, C. y Guterstam B. (1997) Ecological engineering for wastewater treatment, 2a Edición. New York.
- Fonaguera, M. (2003) Comunicación personal. CIH / ISPJAE. La Habana, Cuba.
- Froehlich P., et all. (2003) Separate Discharge and Treatment of Urine, Faeces and Greywater. Proyecto piloto. En: World Water & Environmental Resources Congress, junio 2003. Philadelphia, EEUU. <http://www.kompetenz-wasser.de/engl/downloads/SCST-Philadelphia-eng.PDF>
- GNAU (2000) Manual técnico de organopónicos y huertos intensivos. INIFAT. Editorial AGRINFOR. La Habana, Cuba.
- GNAU (2002) Lineamientos para los subprogramas de la agricultura urbana para el año 2001 y sistema evaluativo. Ministerio de la Agricultura MINAG

- GTZ (2001) ecosan- closing the loop in wastewater management and sanitation, Proceedings of the international symposium. Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de/ecosan/english/symposia.htm>
- GTZ ecosan (2002) Brochure proyecto ecosan. <http://www.gtz.de/ecosan>
- GTZ (2002) Baustein 1: Technische Konzepte, Verbesserung der Entsorgung in städtischen Armutsgebieten.
<http://www.gtz.de/urbanet/downloads/BS1Bildschrim.pdf>
- GTZ (2003) ecosan- closing the loop in wastewater management and sanitation, Proceedings of the international symposium. Eschborn, Alemania
<http://www.gtz.de/ecosan/english/symposium2.htm>
- Hammer, M. (2004) Future Potentials for Food Production & Wastewater Treatment in Havana's Urban Vegetable Production. Tesis de maestria. Norges Landbrukshoegskole. Noruega.
- Höglund, C. (2001) Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of source separated human urine. Tesis de doctorado. Departamento de Biotecnología, Royal Institute of Technology. Suecia.
<http://www.lib.kth.se/Sammanfattningar/hoglund010223.pdf>
- Ingallinella, A. et all. (2001) The challenge of faecal sludge management in urban areas-strategies, regulations and treatment options. EAWAG/ SANDEC
http://www.sandec.ch/files/FS_IWA.Acapulco01.pdf
- Johansson, M. (2000) Urine separation – closing the nutrient cycle: final report on the R&D project Source Separated Human Urine – A future source of fertilizer for agriculture in the Stockholm region?. Stockholm Water Company.
- Jönsson, H. (2001) Urine separation - Swedish experiences. En: EcoEng newsletter No1. International Ecological engineering Society
http://www.iees.ch/EcoEng011/downloads/EcoEng011_F1.pdf
- Jönsson, H. et all. (2003) Tentative guidelines for agricultural use of urine and faeces. En: 2nd International Symposium on ecological sanitation. GTZ Alemania.
<http://www.gtz.de/ecosan/download/ecosan-Symposium-Luebeck-session-a.pdf>
- Jurga, I. (2003) Utilisation of urine and faeces in ecological sanitation concept. Tesis. Universidad de Essen, Alemania.
- kirchmann, H. y Pettersson S. (1995) Human urine – chemical composition and fertilizer research 40. p. 149-154

- La Paz, F. y Medina A. (2003) Al rescate de la Bahía de La Habana: Información para la acción. GTE-Bahía Habana y equipo JICA.
- Li Zifu, et all. (2001) Perspectivas of source control sanitation systems in China. En: Virtual IWA conference on Water China.
- Loetscher, T. (2000) A simple expert system for evaluating sanitation systems in developing countries. EcoEng Newspaper. Disponible on-line: http://www.iecs.ch/EcoEng001/EcoEng001_R3.html.
- Mara, D. y Cairncross, S. (1989) Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture; WHO executive summary http://www.who.int/environmental_information/Information_resources/documents/wastreus.pdf
- Metrópolis (1997) Grupo de Proyectos para el estudio sobre los ciclos del agua en La Habana. Tomo I y Tomo II. Cuba.
- Novo, M. (2000) Institucionalización de la agricultura urbana en ciudad de La Habana. En: Seminario Agricultura urbana en las ciudades del siglo XXI. Abril 2000. Quito, Ecuador.
- Oldenburg, M. y Otterpohl R. (2002) Alternative Sanitaerkonzepte – Praxisbeispiele. En: Ökologische Sanitaerkonzepte contra Betriebs- und Regenwassernutzung. Vol. 9. Darmstadt, Alemania.
- ONE (2002) Anuario estadístico de Cuba 2001. Oficina Nacional de Estadísticas. La Habana, Cuba.
- Otterpohl, R., Albold A. y Oldenburg M. (1999) Source control in urban sanitation and waste management: ten systems with reuse of resources. En: Water Science and Technology, vol. 39, no. 5: 153-160.
- Otterpohl, R., Grottker M. y Lange J. (1997) Sustainable water and waste management in urban areas. En: Water Science and Technology, vol.35, no. 9: 121-133.
- Otterwasser (2003) Excusión al proyecto piloto: “Separating Wastewater Treatment System – The ecological housing estate Lübeck Flintenbreiten. En: 2nd International Symposium on ecological sanitation GTZ. Tour B. Alemania
- Palacios, F. et all. (2002) Manejo de residuos sólidos urbanos en la zona litoral de la Bahía de La Habana. Centro de Ingeniería y Manejo Ambiental de Bahías y Costas, Reporte del CIMAB.

- Peña, E. et all. (2002) Manual para la producción de abonos orgánicos en la agricultura urbana. INIFAT. La Habana, Cuba.
- Rodríguez, M. et all. (2001) Abono orgánico fermentado: su fabricación y empleo en la producción de hortalizas. Centro Universitario de Guantánamo. Facultad de agronomía de sabaneta, Cuba.
- Rose, G. (1999) Community based technology for domestic wastewater treatment and reuse: Options for urban agriculture. Cities feeding people series. Reporte 27, IDRC. <http://www.gtz.de/ecosan/download/rose.pdf>
- Rosensweig, F. y Perez E. (2002) Improving Sanitation in Small Towns In Latin America and the Caribbean: Practical Methodology for Designing a Sustainable Sanitation Plan. USAID. Reporte no 3. Arlington, Virginia. http://www.ehproject.org/Pubs/Strat_Papers.htm
- Salazar, D. (2003) Guia para el manejo de excretas y aguas residuales municipales – Enfoque Centroamérica. PROARCA/ SIGMA.
- Sánchez, R. (2003) Comunicación personal. Fundación Antonio Núñez Jiménez de la Naturaleza y el Hombre. La Habana, Cuba.
- Schönning, C. (2001) Evaluation of microbial health risks associated with the reuse of human urine. Tesis doctoral. Departamento de Biotechnologia, Royal Institute of Technology, Suecia. <http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/ecosan/schonning.html>
- Schönning, C. (2003) Recommendations for the reuse of urine and faeces in order to minimise the risk for disease transmission. En: 2nd International Symposium on ecological sanitation. GTZ Alemania <http://www.gtz.de/ecosan/download/ecosan-Symposium-Luebeck-session-d.pdf>
- Simons, J. and Clemens, J. (2003) The use of separated human urine as mineral fertilizer. En: 2nd International Symposium on ecological sanitation GTZ. Alemania. <http://www.gtz.de/ecosan/download/ecosan-Symposium-Luebeck-session-f.pdf>
- Situación ambiental de Cuba 2002
www.medioambiente.cu/situacion_ambiental_02.asp
- Strauss, M. (2000) Human waste - excreta and wastewater - Reuse. En: Bibliography on Urban Agriculture. ETC-Hollanda/SIDA. http://www.sandec.ch/files/Humanw_1.pdf
- UNEP (2002) Environmentally sound technologies for wastewater and stormwater management. IECT Technical publications vol. 15. IWA publishing, Osaka.

- Vásquez, A. (2003) Comunicación personal. Taller San Isidro, La Habana vieja, Cuba.
- Werner C. et all (2003) Ecological sanitation – principles, technologies and project examples -GTZ ecosan. En: JICA wastewater workshop, Tokyo.
- West, S. (2001) Innovations from Scandinavia: increasing the potential for reuse. En: On-site '01 Conference. Armidale
<http://www.awa.asn.au/NSIG/sewage/pres2.pdf>
- Williams, A. et all. (2002) Decentralized Sanitation Systems – example Rio Aconcagua, Instituto de Tecnología para los trópicos. Colonia, Alemania.
- Wilderer, P., Paris, S. (2001) Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete, BMBF-Proyecto N° 02WA0067 Universidad Técnica de Munchen.
- Winderg, C. (2001) Alternative Sanitärkonzepte Weltweit- ein Überblick. Tesis. Universidad Técnica de Hamburgo.

ANEXOS

Anexo 1: Desactivación de microorganismos por condiciones ambientales

Anexo 1-A: Tiempos de sobrevivencia de los patógenos a 20 y 30°C en diferentes ambientes

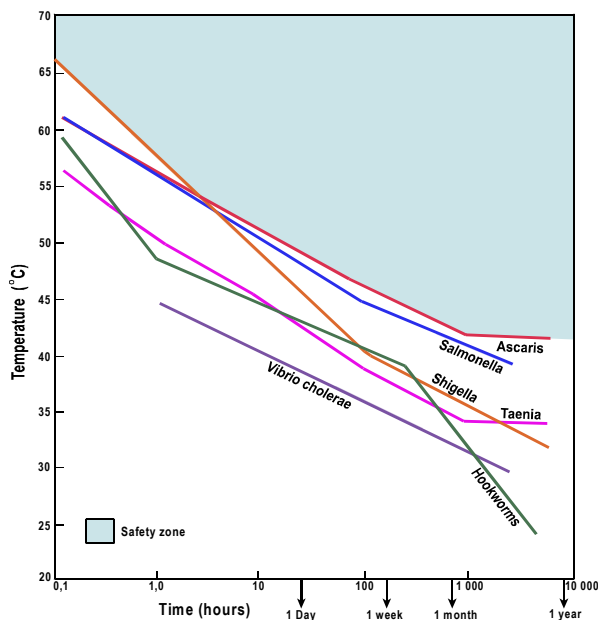
Patógenos	Tiempos de sobrevivencia en días		
	Aguas frescas y residuales	En cosechas	En suelo
Bacterias			
Coliformes fecales ^b	<60 pero usualmente <30	<30 pero usualmente <15	<120 pero usualmente <50
Salmonella (spp.) ^b	<60 pero usualmente <30	<30 pero usualmente <15	<120 pero usualmente <50
Shigella ^b	<30 pero usualmente <10	<10 pero usualmente <5	<120 pero usualmente <50
Vibrio Cholera ^c	<30 pero usualmente <10	<5 pero usualmente <2	<120 pero usualmente <50
Protozoos			
E. histolytica Quistes	<30 pero usualmente <15	<10 pero usualmente <2	<20 pero usualmente <10
Helmintos			
A. lumbricoides huevos	Muchos meses (10-12)	<60 pero usualmente <30	< Muchos meses
Virus^b			
Enterovirus ^a	<120 pero usualmente <50	<60 pero usualmente <15	<100 pero usualmente <20

^a Incluye polio, echo, y virus cosackie

^b En agua de mar, la sobrevivencia de los virus es menor y la sobrevivencia de bacteria es mucho menor que en agua fresca

^c la sobrevivencia de V. cholera en ambientes acuosos está sujeto actualmente a incertidumbre

Fuente: Adoptado de Citries and Tchobanoglous (1998) Small and Decentrallized Wastewater management systems



Anexo 1-B: Influencia del tiempo y temperatura para determinados patógenos en el tratamiento de la excreta. Fuente: Feachem et al, 1983

Anexo 2: Diferentes conceptos tecnológicos sanitarios

CONCEPTOS SANITARIOS CON FLUJO DE AGUA					
	Tipo de Inodoro	Transporte	Tratamiento		Uso Agrícola
Ia	Inodoro al vacío	Alcantarillado al vacío	Planta de biogas (heces+orina /heces) + basura orgánica		Abono
Ib	Inodoro con separador	Alcantarillado*(heces)			
IIa	Inodoro al vacío	Alcantarillo al vacío	Separación: Líquido	Tratamiento Aeróbico (frac. Liq.)	Abono
			Sólido	Planta de Biogas (frac. sól. + basura org.)	
IIb	Inodoro con separador	Alcantarillado*(heces)			Fertilizante
		Recolección de orina			
IIIa	Inodoro con agua (WC)	Alcantarillado (heces+orina)	Separación: Líquido	Tratamiento Aeróbico (tto con UV para reuso en inodoro)	Abono
				Sólido	
IIIb	Inodoro con Separador	Alcantarillado*(heces)			Fertilizante
		Recolección de orina			
IVa	Inodoro con agua (WC)	Alcantarillado	Compostaje despues de separación de líquidos Fase líquida tratada aeróbicamente		Abono
	Inodoro al vacío	Alcantarillado al vacío			
IVb	Inodoro con separador	Alcantarillado*(heces)			Fertilizante
		Recolección de orina			

*Alcantarillado: de gravedad, de bajo diámetro, a presión o al vacío

Fuente: Otterpohl, Albold y Oldenburg, 1999

CONCEPTOS

- I. Sistemas de vacío y biogas
- II. Sistemas con pretratamiento de aguas negras
- III. Sistemas con reuso de aguas negras
- IV. Compostaje de sólidos de las aguas negras

NOTAS

- Al proceso de compostaje y la generación de biogás se puede incluir los desechos orgánicos de la vivienda y el jardín. Para el compostaje de los excrementos, en caso de una familia de 4 personas, se necesita un volumen disponible de espacio de 3 a 10 m³. Las superficies necesarias para el uso del abono generado son de 200 a 400 m²/habitante.
- El compostaje semicentralizado (VI) disminuye el esfuerzo económico y constructivo para la instalación del inodoro, el usuario tiene que vaciar el contenido del contenedor de excrementos regularmente a un espacio de compostaje centralizado. Una alternativa a los contenedores sólidos para la colección de los excrementos, es la aplicación de bolsas de material biodegradable. El material recolectado también se puede degradar de forma anaeróbica en una planta de biogás.

CONCEPTOS SANITARIOS SIN FLUJO DE AGUA				
	Tipo de Inodoro	Transporte	Tratamiento	Uso
V	Inodoro seco *	----- ----->	Compostaje (opción+ basura orgánica)	Abono
VI	Inodoro seco con pre-compostaje *	Contenedor	Compostaje (opción+ basura orgánica)	Abono
VII	Inodoro seco con precompostaje *	Contenedor	Planta de Biogas (opción+ basura orgánica)	Abono/ Fertilizante
CONCEPTOS SANITARIOS DE BAJA TECNOLOGIA Y BAJO COSTO – CLIMAS CALIDOS				
	Tipo de Inodoro	Transporte	Tratamiento	Uso
VIII	Inodoro seco solar (Higiene anal seca)	_____	Secado	Abono seco
	con separación de orina	Recolección de la orina		Fert. Líquido
IX	Inodoro seco (Higiene anal húmeda)	----->	Planta de Biogas	Abono
EN AREAS FORESTALES O CAMPOS AGRICOLAS CON CRECIMIENTO VEGETAL TODO EL AO				
	Tipo de Inodoro	Transporte	Tratamiento	Uso
X	Inodoro con agua (WC) Inodoro con separador	Alcantarillado + Aguas grises	Opciones: Planta de tratamiento (sinDN)** Lagunas de estabilización Humedales artificiales UASB + Post-tratamiento / p. higiénicos	Aguas de Irrigación

* Hay también la opción de separar la orina

** Denitrificación

Fuente: Otterpohl, Albold y Oldenburg, 1999

CONCEPTOS

- V – VII Sistemas en seco y concepto de reuso
- VIII Sistemas en seco con uso de energía solar pasiva
- IX Sistema de baja tecnología y biogás
- X Sistemas de flujo terminal: plantas descentralizadas o tratamiento en UASB con efluentes para irrigación en la agricultura

NOTAS

- Como variante para zonas climáticas cálidas, el inodoro en seco con uso de energía solar pasiva es un concepto apropiado. Este material seco se usa después de 1 a 2 años como abono seco o como combustible (VIII). En zonas de uso de higiene anal húmeda se recomienda una planta de biogás.
- Todos los sistemas I a IX se basan en una separación de las aguas grises, las cuales tienen que ser tratadas y usadas separadamente. Se tiene varios métodos para la purificación de las aguas grises:
 - Biofilm p.ej. en un filtro ascendente (alto consumo de energía y altos requerimientos de mantenimiento)
 - Lagunas de estabilización, filtros verdes o humedales artificiales (bajo consumo de energía y mínimo requerimiento de mantenimiento)
 - Sistemas de acuicultura (necesitan grandes espacios y pueden requerir altos costos y energía en clima frío).
 En cada caso se puede usar las aguas grises tratadas para el riego [Otterpohl, 1999].

Anexo 3: La matriz FODA

En el desarrollo de la matriz FODA, el proceso de planeación estratégica se considera funcional cuando las debilidades se ven disminuidas, las fortalezas son incrementadas, el impacto de las amenazas es considerado y atendido puntualmente, y el aprovechamiento de las oportunidades es capitalizado en el alcance de los objetivos y visión del sistema.

A continuación se muestra la estructura de la matriz FODA utilizada como basen en la tabla 4 (Análisis FODA para la aplicación de conceptos de ecosan en la Ciudad de La Habana) en el capítulo tres.

	Fortalezas (F)	Debilidades (D)
	Las ventajas y características positivas del sistema	Desventajas, inconvenientes y características negativos del sistema
Oportunidades (O)	La estrategia F- O	La estrategia D- O
Los factores, situaciones locales, tendencias que pueden ser ventajosas y favorecer el éxito de la técnica	¿Cómo se pueden usar las fortalezas internas del sistema con el propósito de aprovechar las oportunidades externas?	¿Cómo las debilidades internas pueden superarse explotando las oportunidades externas?
Amenazas (A)	La estrategia F- A	La estrategia D-A
Los factores, situaciones, obstáculos que pueden empeorar el problema, la situación o impedir el éxito de la técnica	¿Cómo se puede disminuir al mínimo el impacto de las amenazas del entorno, valiéndose de las fortalezas?	¿Cómo se puede disminuir las debilidades y neutralizar las amenazas? Acciones de carácter defensivo

Anexo 4: Lista de regulaciones cubanas revisadas

Las leyes, resoluciones y decretos analizados:

- Ley No. 81 del 11- 07- 1991. Del Medio Ambiente.
- Decreto No. 139 del 04- 02- 1988. Reglamento de la Ley de Salud Pública.
- Decreto No. 179 del 02- 02- 1993. Protección, uso y conservación de los suelos y sus contravenciones.
- Esquema de Ordenamiento territorial de la ciudad de la Habana del 07 de 1999
- Grupo Nacional de Agricultura Urbana (GNAU) y MINAG. 2001 y 2002. Lineamientos para los subprogramas de la agricultura para el año 2001 y 2002 y sistema evaluativo. Ministerio de la Agricultura. Habana, Cuba.

Normas Cubanas de gestión ambiental:

- NC 93- 00- 001: 86. Sistema de normas para la protección del medio ambiente. Principios generales.
- NC XX: 99. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones.
- NC 93- 02: 85. Higiene Comunal. Agua potable. Requisitos sanitarios y muestreo.
- NC 93- 03- 86: Higiene Comunal. Sistema de abastecimiento público de agua. Requisitos sanitarios.
- NC 93- 05: 86. Higiene Comunal. Desechos sólidos. Almacenamiento, recolección y transportación. Requisitos higiénico- sanitarios.
- NC 93- 06: 86. Higiene comunal. Desechos sólidos. Tratamiento y disposición final. Requisitos higiénico- sanitarios.
- NC 93-11: 86. Higiene comunal. Fuentes de abastecimiento de agua. Calidad y protección sanitaria.
- NC 93- 12: 86. Higiene Comunal. Instalaciones hidrosanitarias. Requisitos

Anexo 5: Lista de datos de estudio de línea base

Criterios/ Factores	Ejemplo de datos	Método de recopilación	Fines de la Información (para.....)
Técnica de línea de base – Generalidades físicas y ambientales	<p>Ubicación y delimitación de la comunidad;</p> <p>Población (actual e índice de crecimiento, porcentaje por sexos, densidad, perfil laboral);</p> <p>Condiciones físicas: Clima, topografía, geología (tipo y calidad del suelo), hidrogeología (drenaje, acuíferos);</p> <p>Aspectos ambientales: Nivel de contaminación de los acuíferos, impacto ambiental actual de las aguas servidas</p>	<p>Visitas, datos existentes, ejercicio de elaboración de una mapa de la comunidad;</p> <p>Revisión de datos existentes;</p> <p>Datos del ministerio, documentos legales, visitas al área</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Seleccionar el tipo de sistema más apropiado: centralizado/ descentralizado/ individual ▪ Definir opciones tecnológicas bajo las condiciones específicas del lugar ▪ Evaluar el impacto ambiental de las aguas servidas ▪ Identificar el deterioro del medio ambiente para motivar la participación comunitaria
Planificación urbana	<p>Uso de los suelos, Infraestructura existente y planeada, tipo y estado de la vivienda, caracterización arquitectónica de las viviendas</p>	<p>Datos de planificación física, visitas al área</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Analizar la posibilidad de separar las fracciones de las aguas residuales a nivel domiciliario (aguas amarillas, cafés y grises) ▪ Analizar opciones en el sitio y fuera del sitio
Abastecimiento de agua potable y saneamiento	<p>Abastecimiento de agua: disponibilidad, servicio, calidad, consumos actuales y usos, presencia de pozos, tarifas del acueducto</p> <p>Sistemas y prácticas de saneamiento: - Sistemas actuales (tipo de sanitarios) – vínculo con la provisión de agua potable y los ingresos; problemas; - Tecnología localmente conocida.</p>	<p>Visita de los sistemas; revisión de los datos existentes; visitas a los hogares, entrevistas con los residentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar disponibilidad, costo y valor del agua potable (opciones de ahorro de agua) ▪ Evaluar los sistemas de saneamiento locales y la percepción de la gente con la situación presente ▪ Analizar opciones a nivel domiciliario — incluyendo las opciones secas y las opciones que requieren del uso de agua
Aspectos Socio-culturales	<p>Prácticas de salud e higiene: incidencia de enfermedades diarreicas, condiciones y comportamientos de higiene en los hogares, sistema de salud pública;</p> <p>Percepciones y tradiciones relacionadas al saneamiento: hábitos de limpieza anal, tabúes y actitudes hacia el manejo de la excreta humana, requerimientos específicos de género; opiniones de los residentes sobre el servicio;</p>	<p>Visitas a los hogares; entrevistas con los residentes; datos del centro y/o ministerio de salud;</p> <p>Visitas y entrevistas a los hogares;</p> <p>Entrevistas a residentes, líderes locales; visita a la</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprender las prácticas de higiene y factores culturales que afecten la selección de la tecnología ▪ Determinar las preferencias y motivaciones de la comunidad (Higiene, salud, estatus, confort) ▪ Analizar la aceptación cultural para un nuevo sistema de saneamiento ▪ Definir el potencial de compromiso de la comunidad en la

	Consulta pública: Preferencias y prioridades de la comunidad, actuales actividades de desarrollo en la comunidad	comunidad	<p>construcción, O/M y capacidad de pago</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseñar estrategias de movilización social
Situación energética y manejo de residuos sólidos	<p>Fuentes energéticas para cocinar, costos, cubrimiento del servicio;</p> <p>Servicio de recolección de basuras, prácticas y manejo de residuos sólidos</p>	Revisión de datos existentes, entrevista con los residentes	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Evaluar la opción de tratamiento de aguas negras para producción de biogás y la posible adición de desechos sólidos ▪ Posible co-compostaje de desechos sólidos
Prácticas en la agricultura urbana	<p>Formas de agricultura, áreas de producción, técnicas actuales de fertilización, costos y disposición de fertilizantes artificiales/ materia orgánica, ingresos, aguas de irrigación;</p> <p>Cría de animales, manejo del estiércol;</p> <p>Actitud o prácticas para el uso de aguas residuales en la agricultura</p>	Visita a los organopónicos, entrevistas con agricultores y expertos en el área	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar demanda y oferta actual de fertilizantes / materia orgánica y aguas de riego ▪ Identificar las opciones de reuso de las aguas grises y/ o negras y la aceptación social ▪ Analizar el mercado para los productos resultantes del saneamiento
Marco Institucional y legal	<p>Instituciones legalmente responsables, participación del sector privado, oficinas municipales involucradas;</p> <p>Regulaciones y leyes relacionados con el tratamiento y reuso de residuales</p>	<p>Entrevistas con los funcionarios del gobierno local y nacional;</p> <p>Revisión de documentos legales y normativas</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar quién construye, maneja, realiza los cobros por servicios, es responsable de la O&M ▪ Lista de normas y regulaciones que pueden prohibir, limitar o promover los sistemas ecosan
Financiera y habilidad de mercado local	<p>Pagos de la comunidad por recibir los servicios actuales, relación con los ingresos;</p> <p>Gastos actuales para el saneamiento;</p> <p>Fuentes de inversión de capital;</p> <p>Recursos disponibles a nivel local: técnicos, materiales locales, infraestructura</p>	Visitas a los hogares; entrevistas con funcionarios locales, instituciones financieras; agencias donantes,	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinar el nivel tecnológico de las opciones a considerar ▪ Analizar la capacidad de cubrir costos de operación / definir tecnología a partir de O&M requerida ▪ Posibilidad de generación de un mercado y producción local para productos sanitarios

Elaborado por Avendaño, V. a partir de Rosensweig, 2002; Mang, 2003.

Anexo 6: Características de los sistemas de abasto de agua potable y saneamiento de la Ciudad de La Habana

Anexo 6- A: Características de los sistemas de abasto existentes en la Ciudad de la Habana

Sistema	Población que comprende	Volumen de entrega diaria m ³ /día	Per cápita teórico (L.p.p.d.)
Central	816.973	451.110	553
Este	545.701	428.200	785
Sur	370.250	170.467	461
Oeste	446.643	286.163	641

Fuente: Alonso, 1998

Anexo 6-B: Características de los sistemas de alcantarillado existentes en la Ciudad de la Habana

Sistema ***	Longitud de redes (km)	Habitantes servidos	Tipo de tratamiento **	Disposición final	Observaciones
Central	1130	945000	Cribado, sedimentación y dilución en el mar	Playa el Chivo	El sistema trabaja sobrecargado y existen problemas de mantenimiento
María del Carmen	89	22500	Tratamiento biológico	Río Almendares	Los colectores están trabajando por debajo de su capacidad; la planta de tratamiento se encuentra en rehabilitación*
Cuenca baja río Almendares	83	102812	Ninguno	Río Almendares	Falta un colector principal y no hay tratamiento
Cotorro	23,5	20000	Ninguno	Presa Pitirre	La estación de bombeo San Pedro no funciona
Alamar	49	96000	Ninguno	Vertimiento en la costa	

* año 2003

** Hacia el año 2000 se puso en marcha otra planta de tratamiento (Río Quibú)

*** Está en planeación un sistema de alcantarillado y drenaje para la cuenca tributaria de la Bahía de la Habana, incluyendo la construcción de una planta de tratamiento PTAR en el río Luyanó (2003)

Fuente: Alonso, 1998

Anexo 7: Formas de agricultura urbana en la Ciudad de La Habana

FORMA DE PRODUCCION	CARACTERIZACION	Nº TOTAL DE SITIOS Y AREA EN C. HABANA
Huertos intensivos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizados en áreas con alta calidad del suelo, buen drenaje y adecuado abastecimiento de agua ▪ Las semillas son plantadas directamente en el suelo, una vez fertilizado 	<p>Nº de sitios: 92 <u>Área:</u> 17 Ha.</p>
Organopónicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizados en áreas con suelos infértiles o con serias limitaciones para su explotación ▪ Las semillas son plantadas en semilleros y luego transplantadas. ▪ Se cultiva sobre canteros, los cuales son rellenados con un sustrato conformado con materia orgánica y suelo 	<p>Nº de sitios: 96 <u>Área:</u>23,80 Ha.</p>
Fincas suburbanas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizados en la periferia de ciudades densamente pobladas ▪ Áreas extensas (entre 2 y 15 ha) que cuentan con un sistema integrado de producción agropecuaria ▪ El sistema de explotación y los objetivos de su producción reciben la influencia de las poblaciones cercanas 	<p><u>Nº f. privadas:</u> 2,138 <u>Nº f. estatales:</u> 285 <u>Área:</u>7718 Ha.</p>
Huertos populares	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cultivados por grupos de parceleros ▪ Se establecieron en áreas libres entre edificaciones y solares, contribuyendo a eliminación de vertederos urbanos. ▪ Manejado por individuos y grupos locales 	<p><u>Nº de sitios:</u> 5000 <u>Área:</u>1854 Ha.</p>
Autoconsumos estatales	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localizados dentro o cerca de fábricas, empresas u otros centros laborales ▪ La producción es usada para autoabastecer los comedores de las propias fábricas y empresas 	<p><u>Nº de sitios:</u> 384 <u>Área:</u>5368 Ha.</p>
Hidropónicos y zeopónicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El cultivo se realiza en áreas bajo cubierta, usando como sustrato soluciones ricas en nutrientes y medios inertes (p.ej. zeolita) ▪ Altos costos de producción ▪ Estructura de tenencia*: estatal 	<p><u>Nº de sitios:</u> 3 <u>Área:</u> 111 Ha.</p>
Cultivos domésticos (caseros)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cultivados por personas o familias en sus propios patios ▪ Presenta una gran variación en el tamaño, tipo de producto y formas de organización ▪ Mínima utilización de sustratos ▪ Estructura de tenencia: privado 	<p>Nº y área desconocidos</p>
MAGNITUD DE LA AGRICULTURA URBANA EN LA CIUDAD DE LA HABANA		7,998 huertos 15,092 ha

*Es de aclarar que “la estructura de propiedad y de tenencia son diferentes. La propiedad se mantiene en manos del estado; las tierras estatales han sido entregadas en usufructo a cooperativas, campesinos y parceleros para su uso. [CRUZ, 2001]

Fuente: Modificado de Alteri & Companioni 1999

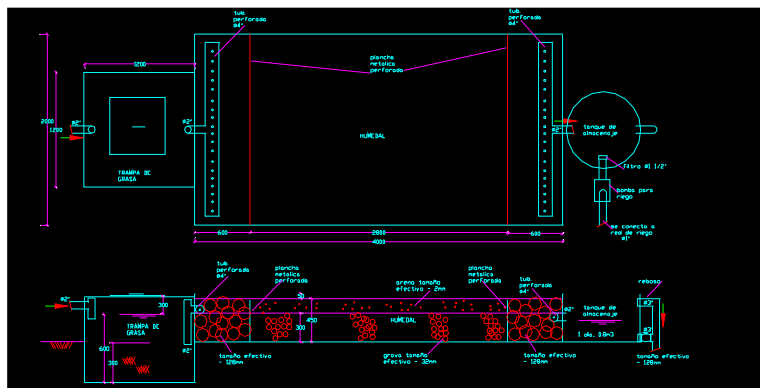
Anexo 8: Presupuesto y diseño para el sistema planeado en uno de los huertos

Descripción	um	Sistema				TOTAL	Precio	Importe
		Humedal	Riego	Casas	T. G.		USD	Total
Bloques de hormigón de 0.15 mm	u	90,00			75,00	165,00	\$1,05	\$173,25
Grava de 32 mm	m3	0,60				0,60	\$24,90	\$14,94
Grava de 128 mm	m3	3,50				3,50	\$27,00	\$94,50
Arena lavada	m3	0,50		0,50		1,00	\$25,43	\$25,43
Cemento P-250 saco 42.5 Kg	u	20,00		1,50	3,00	24,50	\$4,95	\$121,28
Recebo	m3	0,25			0,13	0,38	\$10,75	\$4,09
Hidrato de Cal en bolsa de 18.5 Kg	u	2,00			0,05	2,05	\$2,77	\$5,68
Arena Gris	m3	0,08		0,05	0,05	0,18	\$30,22	\$5,44
Azulejo de 0.11 x 0.11mm en cajas de 1 m2	caja			9,00		9,00	\$6,64	\$59,76
Tercio	m3			0,50		0,50	\$27,79	\$13,90
Barra de Acero corrugada de 1/2 "	Tm	0,20			0,01	0,21	\$670,00	\$138,69
Fregadero de un seno con herrajes 52 xd 80 cm	u			4,00		4,00	\$74,41	\$297,64
Tubo de PVC sanitaria de 2"	m			40,00		40,00	\$1,28	\$51,20
Tubo de PVC sanitaria de 3"	m			20,00		20,00	\$1,46	\$29,20
Tubo de PVC sanitaria de 4"	m	6,00				6,00	\$5,38	\$32,28
Codo 90° PVC sanitario de 2"	u			40,00		40,00	\$1,02	\$40,80
Codo 90° PVC sanitario de 3"	u			20,00		20,00	\$1,64	\$32,80
Tee PVC sanitario de 2"	u	6,00		4,00		10,00	\$0,66	\$6,60
Tee PVC sanitario de 3"	u			2,00	2,00	4,00	\$1,06	\$4,24
Tee PVC sanitario de 4"	u	2,00				2,00	\$1,83	\$3,66
Registro de PVC con su tapa 2"	u			8,00		8,00	\$1,25	\$10,00
Registro de PVC con su tapa 3"	u			2,00	2,00	4,00	\$1,48	\$5,92
Tapa de HoFo 450 mm con su marco	u				1,00	1,00	\$19,56	\$19,56
Marco para Tapa de HoFo 450 mm	u				1,00	1,00	\$14,00	\$14,00
Tubo PP pn6 2"	ml		200,00			200,00	\$6,54	\$1.308,00
Tiras de soporteria de acero de 7.62m	u		3,00			3,00	\$7,84	\$23,52
Pila con rosca para manguera de 1/2"	u		3,00			3,00	\$8,62	\$25,87
Manguera de 3/4" con 20 m de largo	u		2,00			2,00	\$26,00	\$52,00
Bomba	u		1,00			1,00	\$165,23	\$165,23
Valvula Check de bronce de 2"	u		1,00			1,00	\$15,34	\$15,34
Válvula Cuña de bronce de 2"	u		1,00			1,00	\$22,62	\$22,62
Tanque de Asbesto-cemento 300 gl	u		1,00			1,00	\$335,32	\$335,32
plantas de mariposa	u	20,00				20,00	\$0,00	\$0,00
Pintura de vinil exterior	Lt			4,00		4,00	\$2,95	\$11,80
Pintura de vinil interior	Lt	8,00				8,00	\$1,95	\$15,60
PRECIO TOTAL								\$3.180,14

Estos precios son tentativos
Total USD 1.548,94
Total MN 3.180,14

En la lista no se contemplan los costos de montaje solo los materiales

El presupuesto incluye los materiales para el humedal, el sistema de riego, la trampa de grasas, el tanque colector y las modificaciones necesarias a realizar en las viviendas para utilizar el agua proveniente de los fregaderos como aguas de riego



Diseño: Salvador I. (2003)

Anexo 9: Normas de la OMS para el reuso de aguas residuales

Categoría	Condiciones de reutilización	Grupo expuesto	Nemátodo intestinal ^a (número de huevos media arimétrica por litro)	Coliformes fecales (media geométrica por cada 100 ml)	Tratamiento de aguas residuales supuesto para alcanzar la pauta microbiológica requerida
A	Irrigación de cultivos que probablemente serán consumidos crudos, campos deportivos, parques públicos	Trabajadores consumidores público	≤ 1	≤ 1000	Una serie de lagunas ó tratamiento para lograr calidad microbiológica indicada.
B	Irrigación de cultivos industriales, forraje, pastos y árboles ^b	Trabajadores	≤ 1	Ningún estándar sugerido	Retención de 8 a 10 días en lagunas ó Eliminación equivalente de helmintos y coliformes fecales
C	Irrigación localizada de cultivos en categoría B si no hay exposición de trabajadores ni al público	Ninguno	Ninguno	No aplicable	Mínimo de sedimentación primaria

^a Especies Ascaris, Trichuris y Anquilostomas

^b En el caso de árboles frutales la irrigación debería cesar dos semanas antes de la recolección de la fruta y ninguna fruta debería ser recolectada del suelo

Fuente: Mara & Cairncross (WHO), 1989.

DECLARACION JURADA

Nombre: Mercy Viviana Avendaño R.
Matrícula: 11031127 15

Ratifico que el trabajo de maestría presentado ha sido elaborado personalmente y que no se han utilizado otras fuentes o ayudas extras a las aquí declaradas.

Cada frase escrita es el resultado del conocimiento. El trabajo corresponde en forma, igual o similar a un trabajo de examen.

Declaró, estar de acuerdo con la publicación total o parcial de mi trabajo de maestría, así como, la utilización del mismo como representación del Instituto de Tecnología para los Trópicos.

27.07.2004, Köln

Mercy Viviana Avendano R.

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE SANEAMIENTO
ECOLÓGICO EN LA CIUDAD DE LA HABANA