

# Energie aus organischen Abfällen in Ecuador: Potenzial und Machbarkeitsstudie

Schlussbericht

14. Februar 2011



## **Projektteam**

Andreas Meyer (EBP)

Clea Henzen (EBP)

Reto Steiner (EBP)

Maria Sol Rodriguez (PRAGMA VI)

Cielo Mendoza (CORSEDE)

Dr. Patricia Briceño (PRAGMA VI/CORSEDE)

Mario Caviezel (SwissBioSys)

Ernst Basler + Partner AG

Zollikerstrasse 65

8702 Zollikon

Telefon +41 44 395 11 11

info@ebp.ch

www.ebp.ch

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Ziel .....	1
1.2	Erweiterung um eine Pilotanlage .....	1
1.3	Aktueller Stand .....	2
2	Konzept und Machbarkeit .....	3
2.1	Phase 1: Aufbau des Projektes .....	3
2.2	Phase 2: Potenzialstudie und Umfeldanalyse .....	4
2.3	Phase 3: Technische Konzepte .....	8
2.4	Phase 4: Öffentlichkeitsarbeit .....	11
2.5	Phase 5: Machbarkeitsstudie .....	11
2.6	Phase 6: Präsentation und Dokumentation .....	12
3	Die Pilotphase .....	13
3.1	Aufbau .....	13
3.2	Inbetriebnahme .....	13
3.3	Betrieb .....	19
3.4	Fette und Öle .....	21
3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse .....	22
4	Beurteilung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit .....	23
4.1	Betrachtung von vier Optionen .....	23
4.2	Investitionskosten .....	25
4.3	Jährliche Einnahmen und Ausgaben .....	25
5	Schlussfolgerungen .....	27
5.1	Allgemein .....	27
5.2	Wissens- und Technologietransfer, Replizierbarkeit .....	28
5.3	Marktfähigkeit der Produkte und Nachhaltigkeit .....	28
5.4	Aussicht auf Umsetzung .....	29
5.5	Weiteres Vorgehen .....	30

## Anhang

A1 Folien zu Konzept und Machbarkeitsstudie

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel

Ziel des Projektes ist es, die Abfälle aus der Thunfischindustrie Manta energetisch zu verwerten. Anfänglich stand dafür die Planung einer Biodieselanlage im Vordergrund. Auslöser des Projektes sind grosse Umweltprobleme durch die unsachgemässe Entsorgung von festen und flüssigen Abfällen sowie die Behörden, welche den Druck auf die Firmen durch die Anwendung der Umweltauflagen verschärfen. Das Einleiten von Abwässern mit hoher organischer Fracht und die illegale Entsorgung von Schlämmen werden gebüsst.

## 1.2 Erweiterung um eine Pilotanlage

Ursprünglich waren folgende Projektphasen vorgesehen

- Phasen 1 und 2: Aufbau des Projektes, Potenzialstudie, Umfeldanalyse
- Phasen 3 und 4: Erstellung von technischen Konzepten, begleitend Öffentlichkeitsarbeit
- Phasen 5 und 6: Erstellung einer Machbarkeitsstudie, Präsentation vor Ort und Projektabschluss

Am 12. Januar 2010 wurde bei der REPIC ein Antrag eingereicht, das Projekt um den Aufbau, Betrieb und Auswertung eines Pilotversuchs zu erweitern. Dies, da im Rahmen der Machbarkeitsstudie klar wurde, dass für einige Abfälle aus der Fischindustrie keine Angaben zum Gasertrag beschafft werden konnten: weder in der Literatur noch in Labortests vor Ort konnten Daten erhoben werden, die eine einigermaßen verlässliche Einschätzung der Wirtschaftlichkeit zulies- sen.

Die REPIC hat den Antrag im Februar 2010 gutgeheissen. In der Folge wurde in Ecuador eine Pilotanlage installiert und betrieben. Inzwischen liegen die Ergebnisse vor. Sie wurden den Firmen in einem spanischen Schlussbericht zugestellt und vom lokalen Partner (PRAGMA VI) vorge- stellt. Über die Ergebnisse der Versuche und das weitere Vorgehen wird in diesem Schlussbericht eingegangen. Im Sinne der Vollständigkeit wurde das Kapitel 2 aus dem Zwischenbericht weit- gehend übernommen.

### **1.3 Aktueller Stand**

Die Resultate der Phasen 1 bis 6 sowie der Pilotphase wurden mit diesem Bericht sowohl den lokalen Auftraggebern (La Fabril, Inepaca, Marbelize und Isabel) sowie der REPIC in den jeweiligen Sprachen und mit unterschiedlicher Prioritätensetzung präsentiert. Der Schlussbericht in spanischer Sprache wird der REPIC separat zugestellt, die wichtigsten Folien aus den Präsentationen der Zwischenergebnisse in Ecuador sind im Anhang zu finden.

Der Pilotversuch konnte zeitgerecht per Ende August 2010 abgeschlossen werden, die Ergebnisse wurden den Ecuadorianischen Kunden Mitte Oktober 2010 zugestellt. Die ersten Rückmeldungen sind positiv – die Firmen möchten die Option einer Entsorgung der Schlämme in einer Biogasanlage weiter verfolgen.

Das Projekt konnte gemäss Vertrag und Nachvertrag abgeschlossen werden. Eine kritische Begutachtung des vorliegenden Berichtes durch die REPIC bzw. die Einarbeitung der Änderungswünsche steht noch aus. Wir sind gerne bereit, der REPIC die Ergebnisse persönlich vorzustellen und zu diskutieren.

## 2 Konzept und Machbarkeit

Diese Ergebnisse in den Kapiteln 2.1 bis 2.5 wurden schon im Zwischenbericht zusammengefasst, sind aus Gründen der Nachvollziehbarkeit aber nochmals aufgeführt.

### 2.1 Phase 1: Aufbau des Projektes

In den ersten drei Monaten wurden die Verträge mit den lokalen Unternehmungen ausgehandelt und die Aufgaben für die einzelnen Mitglieder des Projektteams definiert. Es haben sich vier Firmen am Projekt beteiligt, das Projektteam umfasst weitere vier Akteure (siehe Abbildung 2).

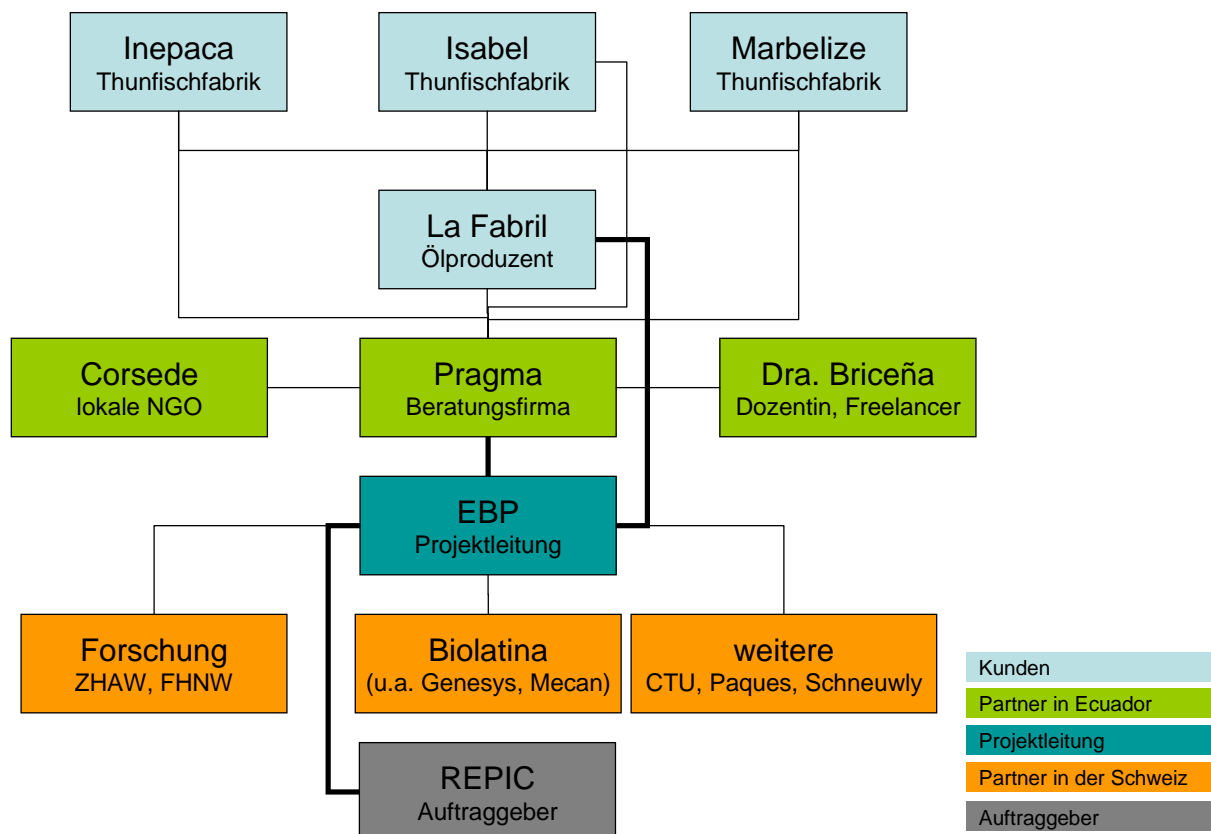


Abbildung 2: Aufbau des Projektes

Durch die breite Aufstellung des Teams und die Mitarbeit von 3 von 10 Thunfischfirmen in Manta plus des Ölfabrikanten La Fabril als eine der grössten Firmen in Ecuador (Umsatz 2008 über 200 Mio. \$) ist das Projekt vor Ort sehr gut verankert. Die Teammitglieder sind alle seit vielen

Jahren in der Industrie tätig und haben beste Kontakte zu den Behörden. Dies wiederum ist u.a. für die Replizierbarkeit des Projektes von grosser Bedeutung, haben doch Dutzende Firmen in der Region ebenfalls ein ungelöstes Abfallproblem und sind auf das Projekt aufmerksam geworden.

Trotz intensiver Suche im Vorfeld des Projektes konnte in Ecuador kein lokaler Partner mit technologischem Know-how gefunden werden. Die La Fabril als Kunde ist einziger bekannter Akteur in der energetischen Verwertung von Biomasse in Ecuador. Mit Corsede und PRAGMA VI konnten zwei lokale Partner ins Team integriert werden, die zwar kein technisches Know-how mitbringen, aber ein exzellentes Netzwerk aufweisen und sehr verlässlich und angenehm in der Zusammenarbeit sind.

Die lokalen Firmen tragen für die ersten sechs Projektphasen (ohne Pilot) US\$ 40'000.- plus Eigenleistungen (Laboranalysen) bei, EBP übernimmt Eigenleistungen im Umfang von CHF 20'000.- Die grosse Bereitschaft aller Akteure zum Mitwirken und die erfolgreiche Co-Finanzierung verdeutlichen die gute lokale Verankerung des Projektes und das vitale Interesse der Firmen, ihr Abfallproblem zu lösen.

## **2.2 Phase 2: Potenzialstudie und Umfeldanalyse**

Im Rahmen einer umfassenden Potenzialstudie und Umfeldanalyse wurden folgende Dinge untersucht:

- Mengen und Qualitäten der Substrate aus den vier Produktionsbetrieben (im Rahmen mehrtägiger Betriebsbesichtigungen und ausgedehnter Laboruntersuchungen)
- Verfügbarkeit von Co-Substraten in einem Radius von 100km vom voraussichtlichen Anlagenstandort
- Analyse der heutigen Stoffströme und Abfallverwertungen in der Region, inkl. Akteuranalyse
- Analyse der Energieversorgung

Weitere Abklärungen betreffen Logistikkosten, rechtliches Umfeld, städtische Sammlungs- und Entsorgungssysteme, Düngemittelmarkt, Biodieselmärkte und -technologien usw.





Abbildung 3: Produktionsstandorte der beteiligten Firmen

### Betriebe

In den Firmen wurden die Qualitäten und Mengen der Substrate eruiert sowie Energie- und Stoffflüsse analysiert. Bei der Datenbeschaffung traten Probleme auf. In einem aufwändigen Prozess musste eine Vertrauensbasis geschaffen werden, da es sich bei den Abfällen und vor allem auch den Produktionsprozessen um sensible Daten handelt. Beim ersten Besuch in Ecuador wurde der Projektleitung kein Zugang zu den Produktionsbetrieben gewährt. Die Laboranalysen waren zudem von schlechter Qualität und mussten aufgrund von Widersprüchen zweifach vorgenommen werden.



Links: Annahme von pflanzlichen Rohölen, rechts: Anlieferung von gefrorenem Thunfisch



Beim zweiten Besuch konnten die Betriebe besichtigt werden. Den technischen Leitern wurden Empfehlungen zur Optimierung von Prozessen bez. Energieverbrauch und Abfallanfall gemacht. Die Besichtigungen erfolgten unter fast vollständiger Beteiligung der technischen und operativen Leitung der Firmen. Die Situationsanalyse bez. der Abfälle ergab folgende Ergebnisse:

- Es fallen grosse Mengen von (Klär-)Schlämmen und Fetten / Ölen schlechter Qualität an, die sachgemäss entsorgt (deponiert) werden.
- Zwei Firmen leiten Abwässer mit sehr hoher organischer Fracht ein, was ein grosses Umweltproblem darstellt.
- Die Firmen liegen aus historischen Gründen mitten im Siedlungsgebiet, für eine sachgemässe aerobe und anaerobe Behandlung der Abwässer ist kaum Platz vorhanden, Geruchsemissionen sind ein erhebliches Problem.

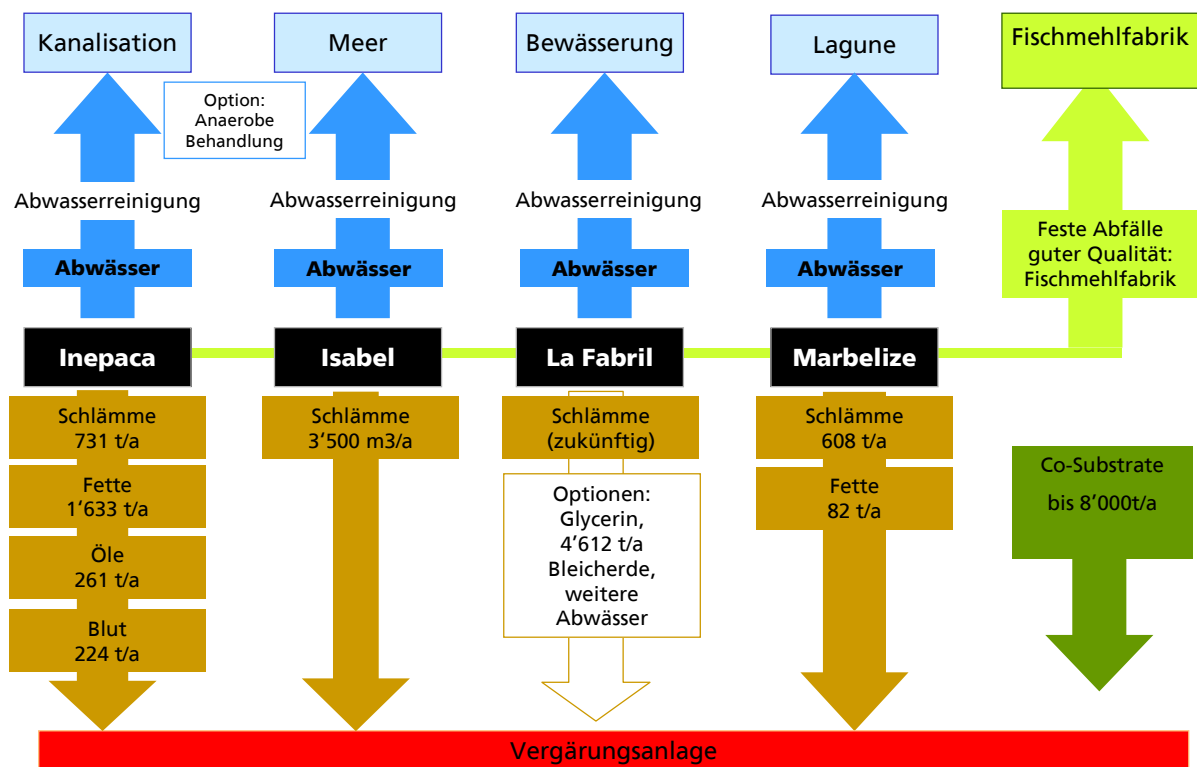


Abbildung 4: Übersicht der verfügbaren Substrate



Links: Etikettierung von Thunfischdosen, rechts: aerobe Behandlung von Fischabwässern (siehe Raumverhältnisse!)

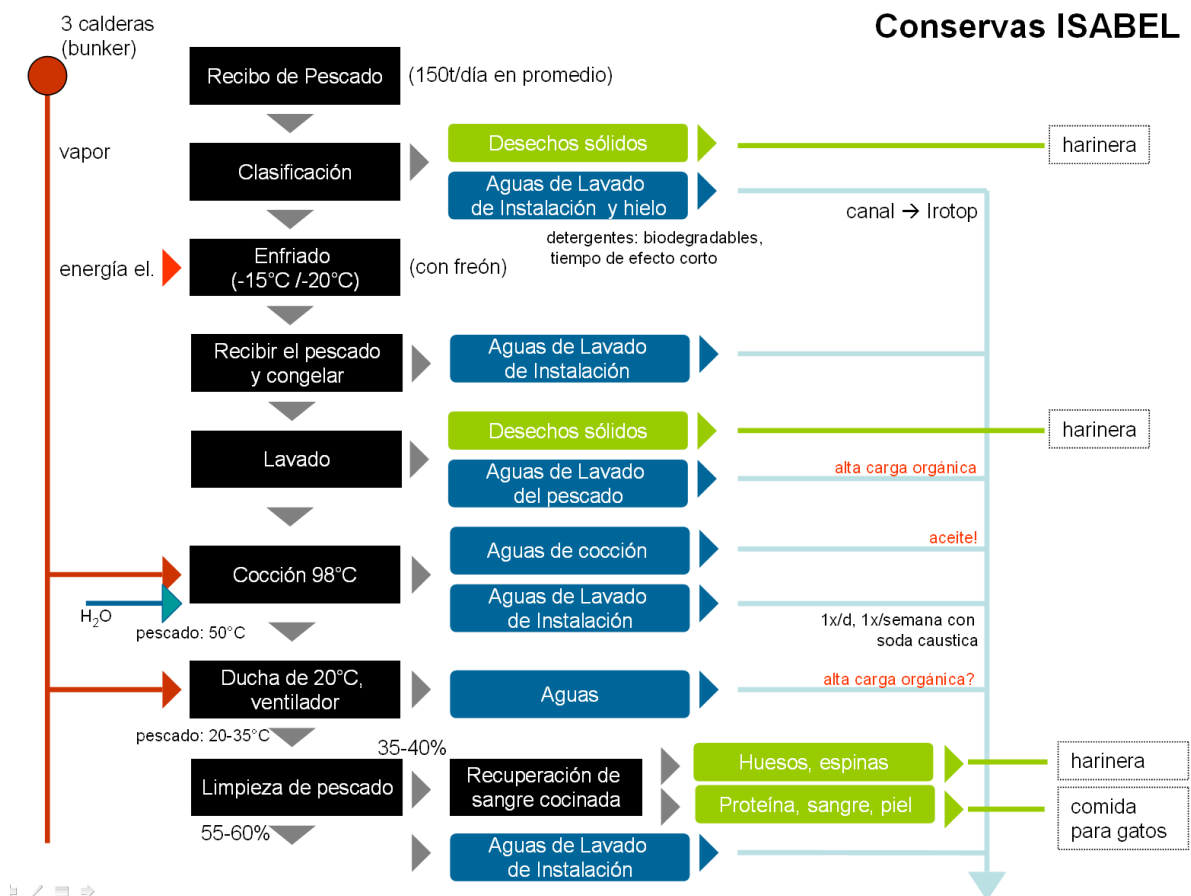


Abbildung 5: Ausschnitt aus den Stoffflüssen in der Thunfischfabrik "Isabel"

## Potenzialstudie

Es wurde festgestellt, dass in unmittelbarer Nähe der voraussichtlichen Anlage Co-Substrate vorhanden sind, allerdings in bescheidener Menge. Die Region Manta ist sehr trocken, Landwirtschaft wird erst rund 150km weiter im Landesinnern an den feuchten Anden-Hängen betrieben. In der ganzen Region besteht keine einzige Anlage zur Verwertung von Abfällen (Verbrennung, Vergärung, ARA). Die Abwässer werden quasi ungeklärt ins Meer geleitet, die Haus- und Industrieabfälle deponiert. Das Problem ist erkannt, die Auflagen zur Entsorgung von Abfällen wurden verschärft, aber es bestehen kaum technische Optionen, um die Auflagen umzusetzen.



*Links: Abfluss der städtischen Abwasserreinigungsanlage, rechts Lagune mit Fischabwässern*

## 2.3 Phase 3: Technische Konzepte

### Biotreibstoffproduktion

Die vorerst vorgesehene Produktion flüssiger Treibstoffe ist aus folgenden Gründen nicht möglich:

- die meisten öl- und fetthaltigen Abfälle, welche minimale Qualitätsstandards aufweisen, können zu Fischmehl verarbeitet werden. Die Standards in Ecuador sind tiefer als auf dem internationalen Markt, und wirtschaftlich ist Fischmehl hoch interessant.
- die verfügbaren Mengen ölhaltiger Abfälle sind gering und von schlechter, heterogener Qualität. Nur mit grossen Anstrengungen können die Öle und Fette aufbereitet und in einer Biodiesel-Produktionsanlage verwertet werden. Zudem können Skaleneffekte mit den verfügbaren Mengen nicht genutzt werden. Die Aussagen beruhen vor allem auf Angaben der Mecan, einem führenden Schweizer Unternehmen im Bereich Biodiesel.
- die lokale Firma La Fabril, federführend im Projekt, betreibt schon eine Biodieselanlage (auf Basis von Brechnuss- und Palmöl). Sie wurde in die technischen Konzepte einbezogen. Eine gemeinsame Verwertung der pflanzlichen und tierischen Öle wurde geprüft und aus Kosten- und Qualitätsgründen verworfen. Die Qualitätsanforderungen an Biodiesel auf dem lukrativen internationalen Markt sind hoch und mit den vorliegenden Abfällen nicht einzuhalten.

- Bei der Analyse der Prozesse sowie Energie- und Stoffflüsse in den Betrieben wurden erhebliche Mengen Reinigungs- und Desinfektionsmittel festgestellt, die in den Abfällen landen und die energetische Verwertung erschweren bzw. verteuern.

Die Produktion gasförmiger Brenn- oder Treibstoffe ist im Gegensatz dazu interessant. Die Heterogenität der Substrate ist für die Bioaktivität förderlich und der Ölgehalt energetisch interessant. Teilweise ist dieser zu hoch, so dass weitere (pflanzliche) Substrate beigemischt werden müssen.

### Entwicklung von drei technischen Konzepten

In Phase drei wurden auf Basis der Informationen zu Rohstoffen, Energieverbrauch, Düngemittelbedarf, der Bedürfnisse der involvierten Akteure sowie der technologischen Abklärungen drei Konzepte entwickelt (siehe Abbildung 6):

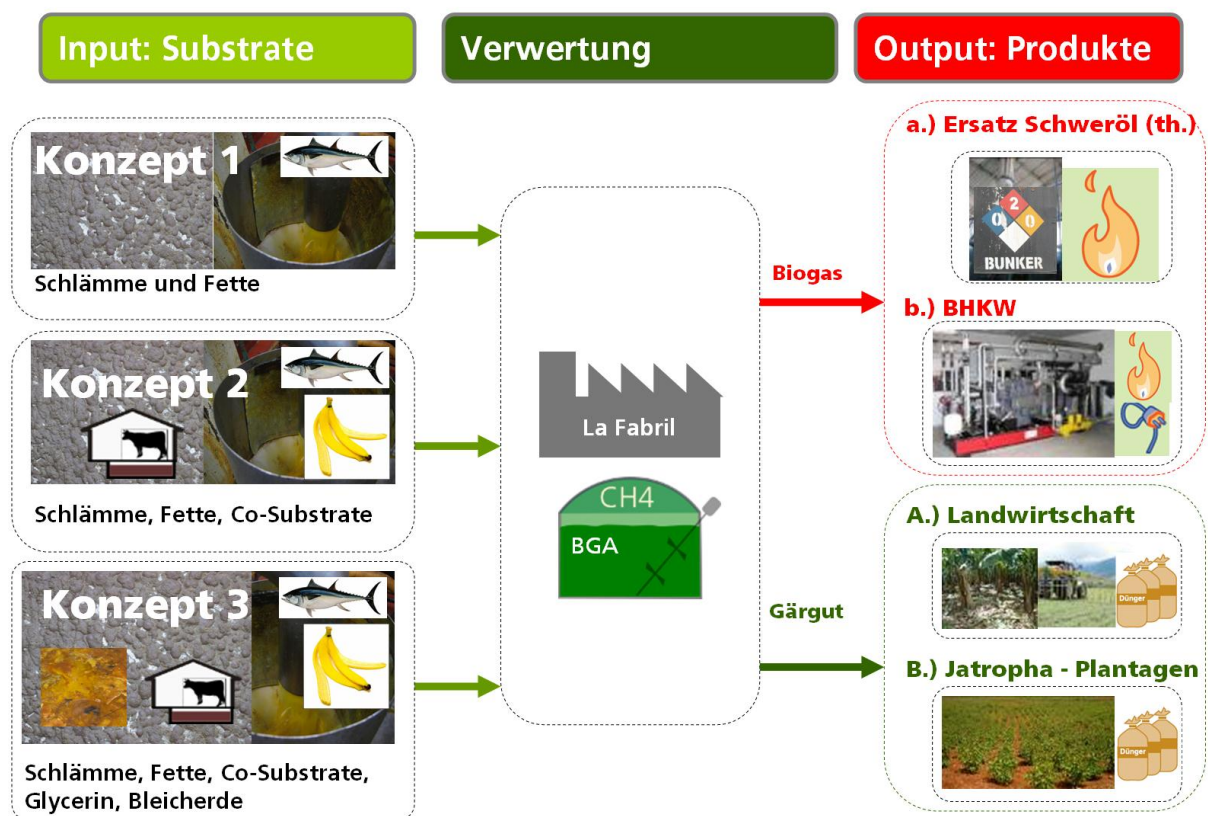


Abbildung 6: Betrachtete, technisch umsetzbare Konzepte

### Wahl von Konzept 3

Die Firmen haben sich an einer Sitzung am 11. Dezember 2009 für die Umsetzung von Konzept drei geeinigt, welches auch von allen involvierten Beratern als das technisch, sozial, ökologisch und längerfristig wirtschaftlich interessanteste Projekt bezeichnet wurde. Im Folgenden die wichtigsten Informationen zu Konzept drei:

Positive Auswirkungen einer energetischen Verwertung der Abfälle:

- Substitution fossiler Treibstoffe [Schweröl, direkt.(für Dampfproduktion) und indirekt (Strom aus fossilen Kraftwerken)]
- Reduktion von Treibhausgas-Emissionen (bei Deponierung der Schlämme, Substitution von fossilen Treibstoffen)
- Verminderte Emissionen in Luft (u.a. Geruch), Boden, Oberflächen- und Grundwasser
- Produktion biologischer Dünger, Substitution von Handelsdünger
- Schaffung von Arbeitsplätzen und Wertschöpfung
- Verbesserung des Ansehens der beteiligten Firmen
- Technologietransfer aus der Schweiz nach Ecuador, erhebliches Potenzial für Replizierbarkeit

Vor- und Nachteile von technischem Konzept 3:

<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• heterogenes Substrat mit genügend Spurenelementen</li> <li>• höhere Gasausbeute durch Heterogenität und Mengen --&gt; grosse Energieproduktion</li> <li>• höhere Qualität des Düngers (N, P, K)</li> <li>• Verminderung Menge deponierter Abfälle (Co-Substrate, Bleicherde)</li> <li>• Skaleneffekte</li> <li>• gute lokale Verankerung durch Einbezug mehrerer Akteure (inkl. staatliche Institutionen bei Separation der Co-Substrate)</li> <li>• weniger Abhängigkeit von den einzelnen Biomasse-Lieferanten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gefahr der Verschmutzung der Substrate -&gt; Inhibition</li> <li>• hohe Quantitäten und Einbezug mehrerer Akteure führt zu mehr Komplexität</li> <li>• Logistik aufwändiger</li> <li>• hohe Investitionskosten</li> </ul>

Von den Optionen wurde die Co-Generation von Strom und thermischer Energie der reinen Wärmeproduktion vorgezogen. Strom ist in Ecuador trotz tiefer Preise sehr wertvoll, da der Staat zwar die Preise subventioniert, aber die Infrastruktur veraltet ist und kaum unterhalten wird, was regelmässig zu (teuren) Stromunterbrüchen führt. Die Firmen müssen teure Parallelinfrastrukturen unterhalten. Zudem ist der Ersatz von Schweröl zur Wärmeproduktion wirtschaftlich uninteressant – das Schweröl wird massiv subventioniert.

Die Ausbringung der Gärreste in Brechnuss-Plantagen wird von den lokalen Kunden als realistischer bewertet als die Ausbringung in der Landwirtschaft. Einerseits ist die Region Manta sehr trocken und daher ohne nennenswerte landwirtschaftliche Produktion, andererseits sind die Strukturen sehr kleinräumig. Durch den engen Kontakt der lokalen Partnern mit Landwirten

(langjährige Projekte u.a. mit Swisscontact zur Verbesserung der ländlichen Einkommen) und bereits bestehenden Strukturen im Bereich Kompostierung ist eine teilweise Verwertung der Gärreste in der Landwirtschaft eine Option. Insbesondere in der Phase, bis die Brechnuss-Plantagen in genügender Grösse geschaffen wurden (letzteres unabhängig vom Projekt).

## **2.4 Phase 4: Öffentlichkeitsarbeit**

Im Dezember 2009 haben zwei Sitzungen mit Vertretern der lokalen Behörden stattgefunden, durchgeführt durch die lokalen Partner (Corsede, PRAGMA VI). Dabei wurde einerseits klar, dass die Umweltgesetze nun strikter angewandt werden (inoffiziellen Angaben zufolge musste eine Thunfischfirma im November 2009 mehrere Tausend Dollar Busse bezahlen für eine "unsachgemässe" Abfallentsorgung), andererseits das Projekt der "Schweizer Regierung" gemeinsam mit privaten Firmen sehr begrüsst wird. Eine finanzielle Beteiligung des Staates steht nicht in Aussicht, bei der Standortsuche und in der Bewilligungsphase ist allerdings mit Goodwill zu rechnen.

## **2.5 Phase 5: Machbarkeitsstudie**

Die technische Machbarkeit der Biogaserzeugung konnte bewiesen werden. Das Problem bestand darin, dass die Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht abschliessend beurteilt werden konnte, da der Gasertrag der verfügbaren Substrate nicht bekannt war:

- Es gibt weltweit kaum Erfahrungen mit der energetischen Verwertung von Fischabfällen, insbesondere aus Thunfisch. Eine mehrtägige Reise nach Peru im November 2009 hat zudem gezeigt, dass die Prozesse in der Fischindustrie nicht nur in Manta selbst, sondern auch zwischen den Ländern erheblich und die Zusammensetzung der Abfälle somit von Fall zu Fall unterschiedlich sind.
- Die Auswirkungen der Reinigungs- und Desinfektionsmittel auf den biologischen Prozess können kaum abgeschätzt werden – die Hemmung führt zu einem reduzierten Gasertrag.
- Die Laboranalysen, obwohl zweifach ausgeführt, führen zu widersprüchlichen Aussagen zum C:N-Verhältnis, CSB-Wert, oTM etc. Diese Aussagen decken sich teils mit Erkenntnissen aus Forschungsarbeiten. Einzig in einer kleinen Pilotanlage bzw. einer Vergärung der Substrate in verschiedenen Mischverhältnissen können konkrete Aussagen zum Gasertrag gemacht werden.

Deshalb wurde der REPIC vorgeschlagen, die Machbarkeitsstudie mit Pilotversuchen zu ergänzen. Die REPIC hat diesem Vorgehen zugestimmt.



## **2.6 Phase 6: Präsentation und Dokumentation**

Aufgrund des positiven Bescheids der REPIC wurde die Präsentation der Resultate der Phasen 1 bis 6 (1. Märzwoche 2010 in Manta) mit der Installation einer Pilotanlage im Labor der La Fabril kombiniert. Alle beteiligten Firmen waren anwesend und äusserten ein weiteres Mal die Dringlichkeit der Lösung des Abfallproblems. Nach einer zweistündigen Präsentation und Diskussion begaben sich die technischen Leiter der involvierten Firmen zusammen ins Labor der La Fabril, wo sie der Inbetriebsetzung der Pilotanlage beiwohnten. Die lokalen Behörden wurden erneut kontaktiert, zwei für ein allfälliges Bewilligungsverfahren relevante lokale Ministerien besucht, bzw. mit den beiden im Vordergrund stehenden Standorten konfrontiert. Grundsätzlich stösst das Projekt auf Zustimmung, ein gewisses Misstrauen gegen Umweltmassnahmen der lokalen Industrie ist aber spürbar. Im Zusammenhang mit dem politischen Wechsel auf nationaler Ebene scheint ein seriöserer Vollzug der Umweltgesetze Einzug zu halten.

## **3 Die Pilotphase**

### **3.1 Aufbau**

Im Rahmen eines semikontinuierlichen Verfahrens wurden mittels Batch-Methode im Labor-massstab die Gaserträge verschiedener Substrate getestet. Die Versuchsanlage wurde in Ecuador im Labor der La Fabril aufgebaut und in Betrieb gesetzt. Der Import der Materialien (Reaktoren, Elektronik, Pumpen, Rührwerk etc.) in einer Holzbox auf dem Luftweg hat zu grossen Verzögerungen am Zoll geführt, siehe auch Kap. Inbetriebnahme. Die organischen Substrate (Bakterienkulturen aus einer Biogasanlage in der Schweiz) wurden separat eingeführt.

Als technischer Partner wurde Mario Caviezel resp. die CTU gewählt, ein Schweizer Technologieunternehmen mit Sitz in Winterthur. Inzwischen hat sich die Firma in zwei Hälften geteilt, die Biogastechnologie wird neu von SwissBioSystems entwickelt. Eine zuvor bei der CTU angestellte Molekularbiologin arbeitet neu bei EBP (Clea Henzen, Co-Autorin dieses Berichtes, verantwortlich für Betrieb und Auswertung des Pilotversuchs).

### **3.2 Inbetriebnahme**

Die Pilotanlage wurde im Labor der La Fabril in Manta installiert. Die Anlage bestand aus zwei Reaktoren mit einem 3-4 Liter Reaktionsvolumen, die in zwei Wasserbäder gelegt wurden. Die zwei Wasserbäder heizten das Substrat immer zwischen 53°C und 55°C. Damit wurde eine thermophile Vergärung garantiert, die für den gezielten Abbau der organischen Substanz in den Fischabfällen ideal war. Die Gasproduktion wurde durch zwei Gasmessgeräte ständig unter Kontrolle gehalten und die Daten in einem Computer übertragen und gespeichert. Im Reaktor 1 wurden täglich die verschiedenen Substrate der Fischfabriken getestet, während der Reaktor 2 nur mit einer Zuckerlösung beschickt wurde und als Standardreaktor galt.

Eine zentrale Steuerung kontrollierte die Anlage. Trotzdem brauchte die Anlage tägliche Betreuung. Ing. Fredy Toro, Techniker von La Fabril und sein Team halfen uns während der Aufbau- und Inbetriebsetzungsphase. Sie waren zuständig für die Substratzugabe, die tägliche Auswertung der Gasproduktion und für die generelle Kontrolle des Prozesses. Die Zusammenarbeit und die Kommunikation zwischen uns und dem Team von La Fabril waren entscheidend für den Erfolg des Versuches. Fredy Toro und sein Team beobachteten die täglichen Änderungen im Substrat und die Schwankungen in der Gasproduktion und berichteten uns entsprechend. Wir lie-

ferten den angepassten Beschickungsplan für beide Reaktoren, abhängig auch von der aktuellen Biogasproduktion. Im Laufe der Zeit begann Herr Fredy Toro selber Vorschläge zu machen und aktiv an der Auswertung der Ergebnisse beizutragen. Der Beschickungsplan konnte schlussendlich gemeinsam vorbereitet werden. Eine wichtige Rolle spielte auch Dr. Patricia Briceña, Dozentin in Mikrobiologie an der Universität in Manta. Sie kontrollierte die Pilotanlage wöchentlich und unterstützte das Team vor Ort.



Abbildung 7: Die Pilotanlage (1.Reaktor, 2.Mischer, 3. Thermometer, 4. Wasserbad, 5. Gasmesser, 6. Pumpe, 7. Steuerung)

## Zeitplan

Die Pilotanlage wurde im März 2010 in Betrieb gesetzt. Wir erwarteten die Ergebnisse des Versuches für Ende Juni 2010. Wegen technischer und biologischer Probleme verlängerte sich der Versuch um zwei Monate. Deshalb lagen die Schlussergebnisse erst Ende August 2010 vor.

Diese Verzögerung im Zeitplan gab dem Team von La Fabril die Möglichkeit, den Vergärungsprozess besser kennenzulernen. Sie konnten in diesem Projekt mitwirken und aktiv mit ihren Vorschlägen für die Verbesserung des Prozesses beitragen. Diese Erfahrungen werden sehr wichtig für die eventuelle zukünftige Anlage sein.

März	April	Mai	Juni	Juli	August	September
Inbetriebnahme	Erste Proben mit den Substraten	Alternative Substrate	Sustrate der Thunfischfabrik Marbelize	Sustrate der Thunfischfabrik Irotop	Sustrate der Thunfischfabrik Inepaca	Interpretation und Schlussfolgerung

Abbildung 8: Zeitplan

## Initialisierung und Anpassung

Während unseres Besuchs im März 2010 wurden Proben der Substrate in den drei Thunfischfabriken genommen und in einem gekühlten Raum aufbewahrt. Diese Proben wurden in den nächsten sechs Monaten getestet.

Beide Reaktoren wurden mit je 3 Litern Presswasser aus einer Schweizer Anlage gefüllt. Presswasser ist der flüssige Teil vom gepressten Gärgut einer Biogasanlage und enthält die Bakterien, die für den Vergärungsprozess verantwortlich sind.

Zuerst wurden beide Reaktoren mit einer Zuckerlösung und einigen Spürelementen beschickt, um die Bakterien wieder zu aktivieren und ihre Gasproduktion zu kontrollieren. Der Reaktor 1 wurde nachher mit den Substraten der Thunfischfabriken beschickt und der Reaktor 2 weiter mit der Zuckerlösung.

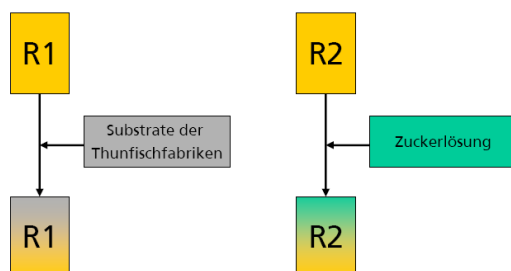


Abbildung 9: Beschickung der Reaktoren

### Erster Versuch – keine Gasproduktion erkennbar

Im ersten Monat wurden die Schlämme von der Fabrik Irotop getestet. Die zugeführte Menge war sehr klein. Die Bakterien mussten sich an dieses neue Substrat gewöhnen, da sie vorher Gülle und Grüngut vergärten.

Während der ersten Woche wurde eine unregelmässige Biogasproduktion beobachtet. Nach 5 Tagen hörte die bakterielle Aktivität auf (Punkt 1, Abbildung 10). Aus diesem Grund wurden 30ml Zuckerlösung zugegeben. Mit diesem Substrat fing die Biogasproduktion wieder an (Punkt 2 und Punkt 4) und hörte wieder auf, sobald man die Schlämme zugab (Punkt 3 und 5).

**Fazit:** Die Bakterien reagierten auf die Zuckerlösung, konnten aber die Schlämme der Thunfischfabrik Irotop nicht abbauen und Biogas produzieren. Eine längere Adaptationsphase war notwendig. Erstens war das Substrat im Vergleich zu der Gülle und Grüngut schwierig abbaubar. Zweitens waren die Konzentrationen und die Zusammensetzung der Reinigungsmittel in den Schlämmen nicht bekannt. Diese hätten den Prozess inhibieren können.

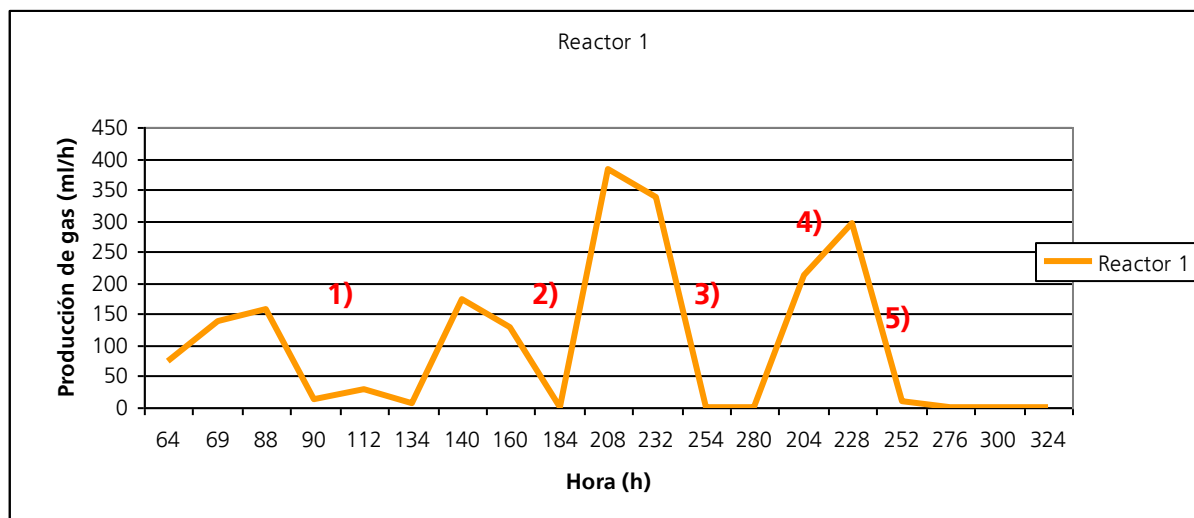


Abbildung 10: Graphische Darstellung der Biogasproduktion des Reaktors 1

### Analyse der Fettsäure und pH Wert

Die Vergärung läuft durch verschiedene Reaktionen, die von unterschiedlichen Bakterientypen ausgeführt werden. Fettsäuren werden in den ersten Phasen der Vergärung hergestellt. Die Analyse der Fettsäurenkonzentration hilft den Prozess zu kontrollieren. Wenn das Substrat einen tieferen pH-Wert aufweist, ist die Menge der Fettsäure hochwahrscheinlich zu hoch. Die Bakterien, die für die letzte Phase der Vergärung (Methanogenese) verantwortlich sind, werden durch einen zu tiefen pH-Wert inhibiert und die Biogasproduktion findet nicht mehr statt.

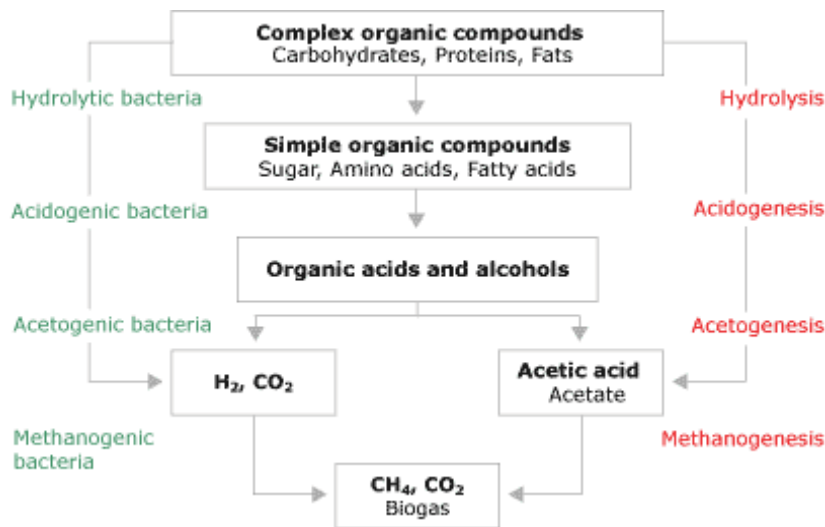


Abbildung 11: Vergärungsprozess

Während des ersten Monats wurde der Reaktor 2, Standardreaktor, mit zu viel Zuckerlösung beschickt. Der pH-Wert war gleich 5.1. Dies entsprach einem zu tiefen Wert. In einer korrekten Vergärung ist der pH-Wert zwischen 7 und 8. Die zu hohe Futtermenge beschleunigte die Produktion von Fettsäuren, die den pH-Wert sinken liessen und die Methanogenesis Bakterien inhihierten. Aus diesem Grund hörte die Gasproduktion vom Reaktor 2 auf.

**Fazit:** Wegen der Säurebildung im Reaktor 2 musste man den Versuch anhalten, um das Volumen vom Standardreaktor wiederherzustellen. Dieses Problem gab dem Team La Fabril die Möglichkeit, die Reaktionskette der Vergärung kennenzulernen und Praxiserfahrung für die Weiterentwicklung zu sammeln.

### 3.2.1 Test mit Presskuchen von Jatropha und Mist

Für die Phase der Wiederherstellung wurde der Reaktor 2 ausgeleert und das versauerte Substrat bei Raumtemperatur gelagert. Der Reaktor 2 wurde mit der Hälfte des Substrats vom Reaktor 1 gefüllt. Beide Reaktoren wurden danach mit kleinen Mengen des versauerten Substrats beschickt. Die Biogasproduktion lief während der ersten zwei Wochen regelmässig, dann hörte sie auf (Punkt 1, Abbildung 12).

Ing. Fredy Toro schlug vor, den Reaktor 2 mit Presskuchen von Jatropha, einem energiereichen, lokal verfügbaren Substrat, zu beschicken. Der Jatropha Presskuchen erbrachte die gewünschte Wirkung: Die Biogasproduktion fing wieder an (Punkt 2). Während dieser Phase wurde auch Mist als Substrat erprobt. Auch die Beschickung mit Mist löste die Gasproduktion aus. Die Wirkung war jedoch geringer als mit Jatropha.



**Fazit:** In dieser Phase wurden zwei wichtige alternative Substrate mit positiven Ergebnissen getestet. Beide wären mögliche Co-Substrate für die zukünftige Anlage.

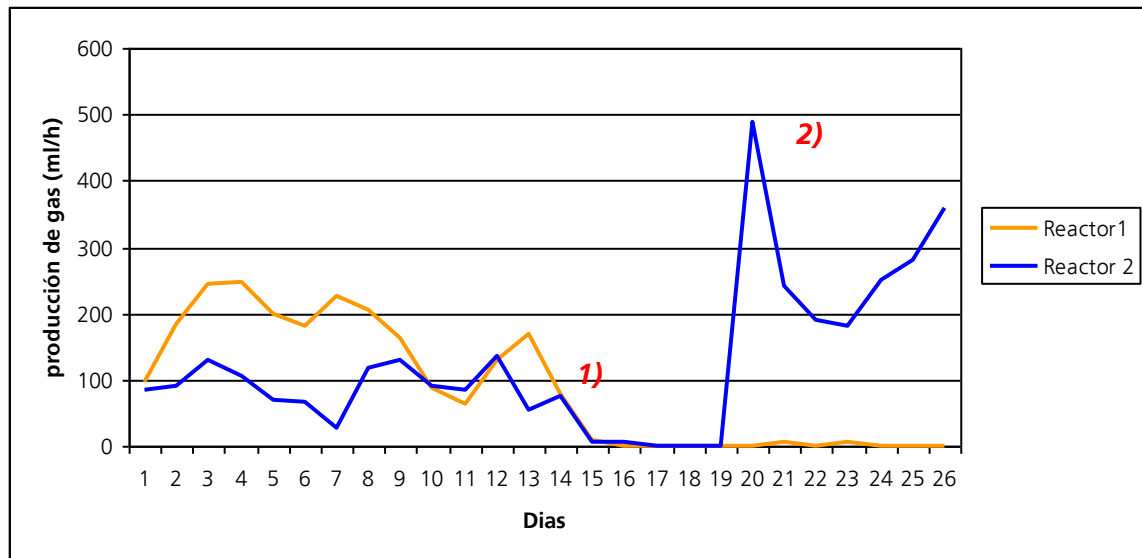


Abbildung 12: Gasproduktion während der Wiederherstellungsphase

### Schlussfolgerungen zur Inbetriebsetzung

Nach der Wiederherstellungsphase hatten beide Reaktoren ein Volumen von 3 Litern und die Gasproduktion war wieder regelmässig. Diese Phase verzögerte den Versuch um mehr als einen Monat. Während dieser Zeit konnten wir aber wichtige Kenntnisse erwerben:

- Die Bakterien brauchen eine längere Adaptationszeit
- Die Schlämme der Thunfischfabriken töteten die Bakterien und verhinderten den Prozess nicht. Die Bakterien konnten trotz der Anwesenheit der Schlämme im Substrat Gas produzieren, sobald der Reaktor 1 mit der Zuckerlösung beschickt wurde. Aber die Schlämme verursachten die Produktion selber nicht
- Co-Substrate wie Jatropha oder lokal verfügbarer Mist produzierten Biogas

### 3.3 Betrieb

#### Marbelize

Nach zwei Monaten fingen wir mit der Beschickung von Schlämmen wieder an. Nach Angaben von Fredy Toro war die Zugabe des Substrats mit der Pumpe nicht effizient. Deswegen entschieden wir, die Schlämme manuell beizugeben.

Zuerst wurden die Schlämme von Marbelize getestet, in kleinen Mengen, damit die Bakterien sich an das Substrat gewöhnen konnten. Die Bakterien fingen an, Biogas zu produzieren. Die Biogasproduktion war das Resultat des Abbaus der Schlämme: Jedes Mal, als die Beschickung aufhörte (am Wochenende), nahm die Gasproduktion ab. Umgekehrt nahm die Gasproduktion wieder zu, wenn Schlämme zugefügt wurden (rote Pfeile in Abbildung 13). Das in Abbildung 13 abgebildete Ergebnis entspricht quasi dem Idealfall eines vergärbaren Substrats.

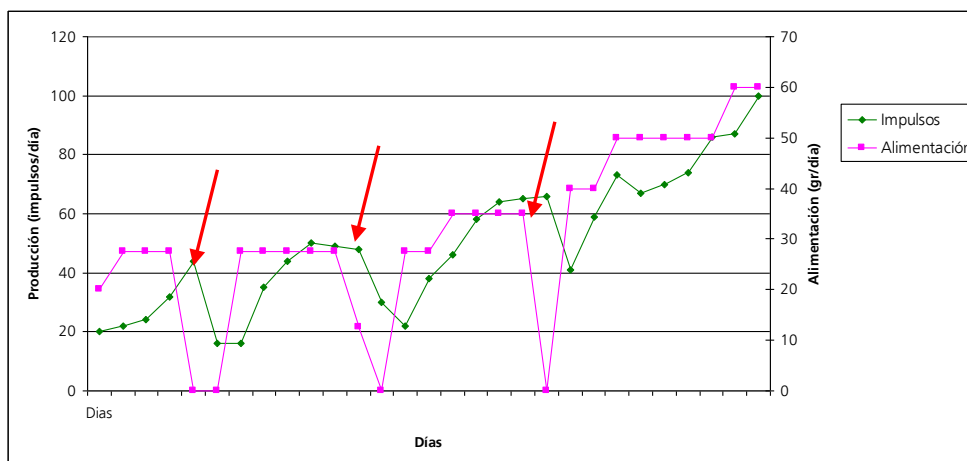


Abbildung 13: Biogasproduktion (grün) und Beschickung (rosa)

## Isabel

Am 17. Juni fingen wir mit der Beschickung der Schlämme der Thunfabrik Isabel an. Gleich wie mit den Schlämmen von Marbelize produzierten die Bakterien Biogas. Die Gasproduktion brach ab, sobald wir die Beschickung am Wochenende aussetzten (rote Pfeile, Abbildung 14).

Nach drei Wochen nahm die Biogasproduktion ab, wahrscheinlich, weil wir mit einer Beschickung von 100 gr/d die maximale organische Belastung für das Reaktionsvolumen erreicht hatten. Weitere Versuchsreihen in einer künftigen Biogasanlage würden Gewissheit bringen.

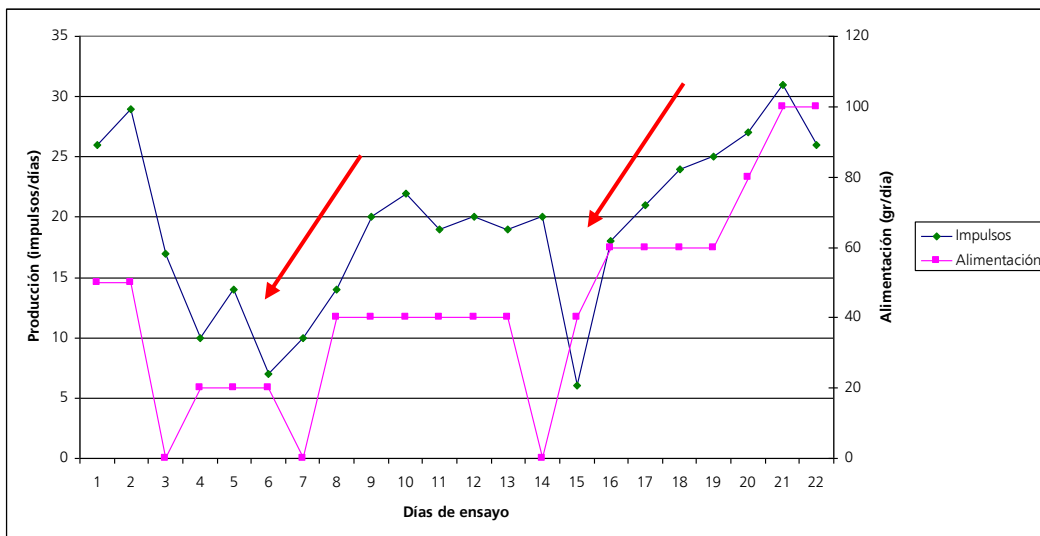


Abbildung 14: Biogasproduktion (grün) und Beschickung (rosa)

## Inepaca

Am 16. Juli begann der Versuch mit den Schlämmen von Inepaca. Am Anfang musste das Team von La Fabril einige technische Probleme lösen. Es gab ein Leck in einem Schlauch. Deswegen sank die Gasproduktion (roter Pfeil, Abbildung 15). Das Leck wurde entdeckt, da die Gasproduktion auch nach Zugabe von Jatropha Presskuchen nicht anstieg.

Nach Reparatur wurde mit einer Beschickung von 100 gr pro Tag weiter gefahren. Die Gasproduktion nahm wieder zu. Als wir die Menge der zugefügten Schlämme bis auf 340 gr erhöhten, sank die bakterielle Aktivität wieder. Wir erreichten die maximale Belastung an organischer Substanz.

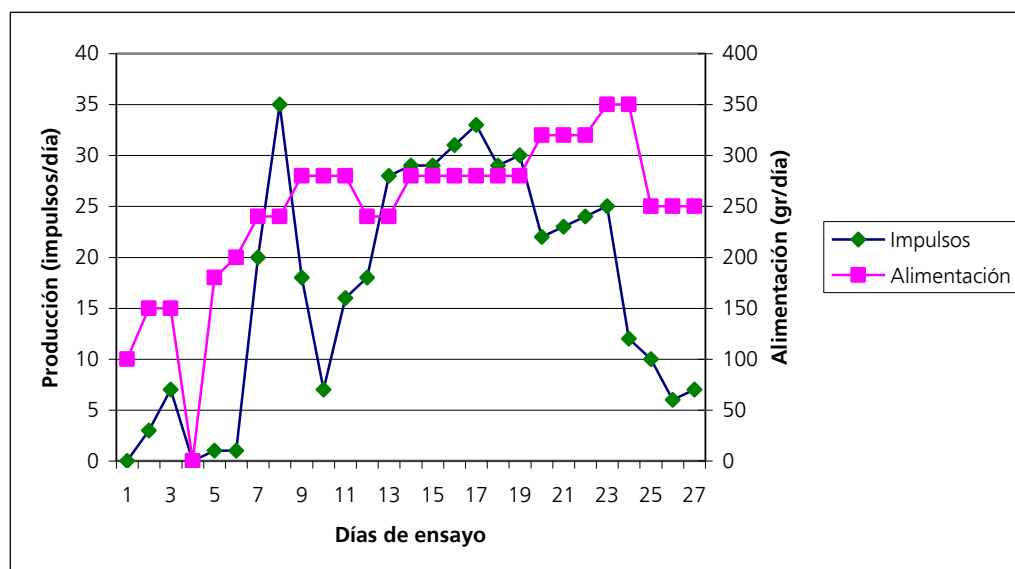


Abbildung 15: Biogasproduktion (grün) und Beschickung (rosa)

### 3.4 Fette und Öle

Für einen ausführlichen Versuch mit den Fetten und Ölen blieb nicht mehr genügend Zeit. Fette sind energiereiche Substrate. Die Bakterien benötigen eine längere Adaptationszeit, um sie abzubauen, da sie wasserunlöslich sind. Im August haben wir die Fette aus der Thunfischindustrie Inepaca getestet- Die Bakterien reagierten gut. Die Ergebnisse waren jedoch nicht so hoch wie erwartet. Der Versuch hätte länger dauern sollen, um das effektive Potential dieses Substrats zu bemessen. In jedem Fall ist der Gasertrag nach einer längeren Adaptationszeit höher als hier ausgewiesen.

Gleichzeitig wurde auch Öl von Inepaca geprüft. Die maximale organische Belastung für dieses Substrat wurde sehr schnell erreicht. Die zugefügten Mengen waren sehr klein. Das Öl ist sehr energiereich und enthält einen grossen Anteil an organischer Trockensubstanz.

### 3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Folgenden werden die Schlussfolgerungen nach dem 6 Monate dauernden Versuch mit der Pilotanlage beschrieben:

- Die Schlämme der Thunfischfabriken hemmen den Prozess der Vergärung nicht. Biogas kann aus deren Abbau produziert werden. In zwei von drei Fällen sind die Werte der Biogasproduktion in der Praxis mit den Werten aus der Literatur zu vergleichen. Besonders wichtig: Die Biogasproduktion der Schlämme von Irotop, die in der zukünftigen Anlage den grössten Anteil vom Substrat ausmachen, entsprechen den Werten aus der Literatur.
- Die getesteten Co-Substrate, Jatropha Presskuchen und Mist, produzieren Biogas. Der Jatropha Presskuchen kann benutzt werden, um die bakterielle Aktivität zu erhöhen.
- Öl aus Inepaca ist ein sehr energiereiches Substrat, kann aber nur in kleineren Mengen zugefügt werden.
- Die Fette sind schwierig zu vergären. Vor der Beschickung ist eine lange Vorbereitung notwendig. Die Vormischung mit anderen Substraten wäre eine gute Option.
- Die Werte der Analysen von Trockensubstanz und organischer Trockensubstanz sind sehr unterschiedlich. Deswegen war die Dosierung der Substrate im Reaktor schwierig, sie musste täglich neu berechnet werden.
- Normalerweise werden in einer Anlage die Substrate zusammen zugefügt. Wir haben die verschiedenen Substrate getrennt getestet, damit wir die eventuelle Inhibition der einzelnen Substrate feststellen konnten. In der künftigen Anlage werden diese Substrate gemischt, um eine optimale Zusammensetzung zu erhalten und den Vergärungsprozess stabil zu halten. Deshalb ist mit einer höheren Biogasproduktion zu rechnen.

## 4 Beurteilung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit

### 4.1 Betrachtung von vier Optionen

Nach Vorliegen der Resultate des Pilotversuchs (Gaserträge) wurde die technische und wirtschaftliche Machbarkeit neu beurteilt. Zur Analyse der Rentabilität einer zukünftigen Pilotanlage mit den Abfällen der Thunfischfabriken wurden vier Optionen definiert:

- Option A: Die Gasproduktion wird mit Werten aus der Literatur berechnet. Die theoretischen Daten werden aus Werten von Biogasanlagen in der Schweiz oder Deutschland abgeleitet und sind nicht spezifisch für die Abfälle der Fischindustrie. Auch die Biogasproduktion der Co-Substrate wie Mist, Gülle und Bioabfällen stammt aus Daten von Anlagen mit optimierter Substratmischung und vor allem stabilen Prozessen.
- Option B: Die Werte für die Schlämme von Marbelize, Inepaca und Irotop werden aus dem Versuch abgeleitet. Für die anderen Substrate werden Werte aus der Literatur verwendet.
- Option C: Die Werte für die Abfälle der Thunfischindustrie (Schlämme, Fette, Öle) werden aus dem Versuch abgeleitet.
- Option D: Die Gasproduktion entspricht der Produktion einer Anlage, deren Prozess schon stabil ist und deren Substratmischung ideal ist. Diese optimierte Anlageversion wird als 110% der Option B dargestellt.



In der folgenden Tabelle wird für die vier Optionen die erwartete Biogasproduktion dargestellt.

	<b>Option A</b>	<b>Option B</b>	<b>Option C</b>	<b>Option D</b>	
<b>Substrate</b>	Biogas [m <sup>3</sup> /t]	Biogas [m <sup>3</sup> /t]	Biogas [m <sup>3</sup> /t]	Biogas [m <sup>3</sup> /t]	Menge [t/a]
<b>La Fabril</b>					
Bleicherde	251	251	251	276	50
Jatropha	648	648	648	713	200
<b>Marbelize</b>					
Schlämme	187	182	182	200	720
Fette	264	264	264	290	45
<b>Irotop</b>					
Schlämme	51	50	50	55	3'500
<b>Inepaca</b>					
Schlämme	56	11	11	12	730
Fette	54	54	46	59	1'630
Öl	964	964	754	1'060	260
<b>Total Substrate</b>	<b>119</b>	<b>113</b>	<b>104</b>	<b>124</b>	<b>7'135</b>
<b>Co-Substrate</b>					
Mist	71	71	71	78	600
Blut aus dem Schlachthof Manta	76	76	76	84	200
Bioabfälle aus Restaurants	118	118	118	130	30
Organischer Teil der Abfälle Manta	129	129	129	142	2'000
<b>Total Co-Substrate</b>	<b>113</b>	<b>113</b>	<b>113</b>	<b>124</b>	<b>2'830</b>
<b>Total</b>	<b>117</b>	<b>113</b>	<b>106</b>	<b>124</b>	<b>9'965</b>

Tabelle 1: Biogasproduktion für die vier Hauptoptionen

Die vier Optionen beziehen sich auf die durchschnittlichen Gaserträge (Input). In der Wirtschaftlichkeitsberechnung wird zusätzlich eine Option untersucht, die von einem Strompreis von 14ct/kWh ausgeht (Veränderung des Outputs). Diese Option E basiert auf den Inputdaten aus Option B.

Die Kalkulation der Wirtschaftlichkeit ist konservativ. Die Kosten der Planung der Anlage werden berücksichtigt.

## 4.2 Investitionskosten

In der Tabelle 2 werden die Investitionskosten dargestellt. Die Anlage hat immer die gleiche Grösse, weil die Substratmenge immer durchschnittlich 10'000 t / a beträgt. Aus diesem Grund sind die Baukosten sowie die Kosten für den Landerwerb gleich. Die Technik determiniert die Variation der Investitionen: die Optionen unterscheiden sich in der produzierten Gasmenge, d.h. der Gasmotor und die Biogasbearbeitung werden unterschiedlich ausgelegt.

### INVESTITIONEN (1USD=1CHF)

Option	A	B	C	D
Land	67'500	67'500	67'500	67'500
Bau	465'000	465'000	465'000	465'000
Technik	761'250	727'500	693'750	776'250
BHWK	416'000	416'000	400'000	432'000
Planung und Inbetriebnahme	220'975	217'600	212'625	224'075
<b>Total Investitionen</b>	<b>1'930'725</b>	<b>1'893'600</b>	<b>1'838'875</b>	<b>1'964'825</b>

Tabelle 2: Investitionen

## 4.3 Jährliche Einnahmen und Ausgaben

In der Tabelle 3 werden die jährlichen Ausgaben der Anlage gezeigt. Die Betriebs- und Logistikkosten bleiben bei allen vier untersuchten Optionen gleich, da die Substratmenge und die Grösse der Anlage nicht variieren.

### JÄHRLICHE KOSTEN

Option	A	B	C	D
Kapitalkosten	77'229	75'744	73'555	78'593
Kapitalabschreibung	163'487	160'439	154'826	167'611
<b>Total "jährliche Kosten"</b>	<b>240'716</b>	<b>236'183</b>	<b>228'381</b>	<b>246'204</b>
Betriebskosten ohne Logistik	15'000	15'000	15'000	15'000
Logistik	88'221	88'221	88'221	88'221
<b>Total Kosten</b>	<b>352'148</b>	<b>347'446</b>	<b>339'396</b>	<b>357'791</b>

Tabelle 3: Jährliche Kosten

Die Tabelle 4 bildet die Rentabilität der Anlage ab. Option A und B sind knapp rentabel. Option D entspricht der optimierten Version einer Anlage und hat einen Gewinn von 1.4%. Option C ist nicht rentabel. Die Rentabilität jeder Option wird mit einem fixen Strompreis (10ct/kWh) berechnet. Der Strompreis variiert ständig, es ist zudem zu erwarten, dass der Strom in Zukunft weni-

ger subventioniert und darum teurer wird. Die Option E wird mit einem höheren Strompreis (0.14 US\$/kWh) berechnet. Der Gewinn beträgt dann 5.4%.

Diese Renditen stehen aber für eine betriebswirtschaftlich denkende Ecuadorianische Firma nicht im Verhältnis zu den Investitionsrisiken, weshalb eine Unterstützung durch internationale oder nationale Geldgeber Voraussetzung für eine Umsetzung sein wird.

<b>EINNAHMEN</b>					
<b>Option</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E (Basis: B)</b>
Emissionszertifikate	27'085	26'174	24'502	28'792	26'174
Strompreis (USD/kWh)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.14
<b>Verkauf der el. Energie</b>	<b>230'788</b>	<b>223'023</b>	<b>208'778</b>	<b>245'325</b>	<b>312'232</b>
Verkauf der therm. Energie	42'267	40'845	38'236	44'930	44'930
Düngersubstitution	4'000	4'000	4'000	4'000	4'000
Einsparung im Substrattransport	62'587	62'587	62'587	62'587	62'587
<b>Total Einnahmen und Einsparungen</b>	<b>366'727</b>	<b>356'629</b>	<b>338'103</b>	<b>385'633</b>	<b>449'923</b>
<b>Total Kosten</b>	<b>352'148</b>	<b>347'446</b>	<b>339'396</b>	<b>357'791</b>	<b>347'446</b>
<b>Gewinn</b>	<b>14'579</b>	<b>9'183</b>	<b>-1'292</b>	<b>27'842</b>	<b>102'477</b>
<b>ROI</b>	<b>0.8%</b>	<b>0.5%</b>	<b>-0.1%</b>	<b>1.4%</b>	<b>5.4%</b>

Tabelle 4: Einnahmen

---

## 5 Schlussfolgerungen

### 5.1 Allgemein

Es ist nun erwiesen, dass sich die Abfälle aus der Fischindustrie in reiner Form vergären lassen. Dies wurde aus unserer Ansicht zuvor weltweit zumindest nicht publiziert. Im konkreten Fall und in vielen weiteren Weltgegenden mit ungelösten Entsorgungsfragen für Schlämme aus der Fischindustrie besteht eine interessante neue Option. Die Vergärung der Abfälle ist technisch und wirtschaftlich möglich, auch unter vergleichsweise unvorteilhaften Bedingungen wie in Ecuador mit Subventionierung der fossilen Energie. Die Vergärung ist mit vielen positiven Aspekten für Umwelt und Gesellschaft verbunden. Im Folgenden eine stichwortartige Aufzählung der wichtigsten Erkenntnisse:

- Die Schlämme, Fette und Öle der Thunfischfabriken **können vergärt werden**. Das Problem der Abfälle der Thunfischindustrie in der Region von Manta kann mit einer Biogasanlage gelöst werden. Die Investitionskosten sind tragbar. Schlämme, Fette und Öle werden dank der Vergärung in einen wertvollen Dünger mit vielen Nährstoffen verarbeitet.
- Die lokalen Entscheidungsträger aus Wirtschaft und Politik haben grosses Interesse, die Fischabfälle energetisch zu nutzen. Die wichtigsten Akteure haben bereits während der Pilotphase miteinander gearbeitet. Durch den Einbezug weiterer lokaler Firmen besteht die Möglichkeit, die Anlage in einer nächsten Phase erheblich zu erweitern. Die Auswirkungen auf die Umwelt und die Gesellschaft sind sehr positiv. Die Behörden unterstützen das Projekt.
- Man kann eine **machbare und wirtschaftlich rentable Biogasanlage** mit 10'000 t Substrat bauen. Das **Risiko**, in dieser Investition Geld zu verlieren, **ist minimal**. Die Versuchswerte der Biogasproduktion sind Mindestwerte. Die Möglichkeit eine Kapitalrendite von über 2% zu erreichen besteht, besonders mit dem steigenden Strompreis. Die Rendite ist allerdings verglichen mit dem Investitionsrisiko für einen privaten Investor gering.
- Die "Swissness" kann mit diesem Projekt gestärkt werden: Die Schweiz hat Praxiserfahrung in der Biogasproduktion, weltweit tätige Technologieanbieter haben den Sitz in der Schweiz und haben Interesse, in diesen Ländern aktiv zu werden. Diese Erfahrungen bieten einen wichtigen Nährboden, um konkrete Lösungsvorschläge gemeinsam mit den lokalen Akteuren zu erarbeiten und den Wissens- und Erfahrungstransfer zu tätigen.
- Die **wichtigen offenen Fragen** sind der Standort der zukünftigen Anlage (der Verkauf der thermischen Energie spielt hier eine wichtige Rolle), die Plantage, wo das Gärgut als Dünger benutzt werden kann und das Eigentümer- und Betriebsmodell (zum Teil schon während der Phase 5 analysiert).

## **5.2 Wissens- und Technologietransfer, Replizierbarkeit**

Der direkte und indirekte Effekt des Projektes vor Ort ist bereits sichtbar. Die Labors und Auswertungen wurden vom lokalen Team eng begleitet, und sie haben Kenntnisse über die Prozesse der Biogasproduktion gewinnen können. Das Projekt stösst generell auf grosses Interesse: Bereits haben weitere Firmen die lokalen Partnern nach Energie- und Abfallkonzepten nachgefragt, die lokalen Behörden äussern grosses Interesse an den Resultaten und signalisieren die Bereitschaft, zum Beispiel bei der Standortwahl unterstützend zu wirken.

Es hat im Laufe der letzten Monate ein erheblicher Wissens- und Erfahrungstransfer nach Ecuador stattgefunden. Mit der Realisierung einer Anlage, in Zusammenarbeit mit Schweizer Technologiepartnern, würde ein weiterer erheblicher technischer Wissenstransfer stattfinden. Im Bau und Betrieb der Anlage wird Wissen und Erfahrung aus der Schweiz nach Ecuador transferiert. Die Replizierbarkeit des Projektes ist in der Region Manta und im ganzen Land als gross einzuschätzen: Abfälle werden kaum sachgerecht entsorgt (wilde Deponien), die Umweltauflagen werden verschärft und neuerdings angewandt und die Energieprobleme lähmen die wirtschaftliche Entwicklung.

## **5.3 Marktfähigkeit der Produkte und Nachhaltigkeit**

Das Rohgas soll in einem Blockheizkraftwerk (BHKW) verstromt werden. Die Region hat damit zu kämpfen, dass der Strom fast täglich für einige Stunden abgestellt wird (wie übrigens auch in Quito, der Hauptstadt). Die Produktion und Infrastruktur hält nicht mit dem Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum mit. Den Firmen entstehen damit hohe Kosten. Der Wärme- und Kältebedarf der Firmen ist hoch- die thermische Wärme kann so ebenfalls genutzt werden, mit Ausnahme eines Anteils an Niedertemperatur-Abwärme, der auch in der Schweiz aus finanziellen Gründen schwer vermarktbar ist. Flüssige und feste Dünger sind in der trockenen, kargen Region ebenfalls wertvoll. Die Einführung eines neuen (Dünger-)Produktes ist aber sicherlich mit Schwierigkeiten verbunden. Die Firmen verfügen aber über eigene Anbauflächen, die mit dem Gärgut gedüngt werden können.

Mit der energetischen Verwertung der Schlämme und weiteren Abfälle wird die nachhaltige Entwicklung gefördert. Es entstehen Arbeitsplätze in Bau und Betrieb. Die Umweltsituation wird verbessert: Die öl- und fetthaltigen Substanzen in den Schlämmen werden abgebaut, die Verschmutzung von Boden und Grundwasser durch Deponierung fällt weg. Zudem steigt der Anreiz, die Abwässer besser zu klären (bedeutet erhöhten Anfall von Schlamm), da die Schlämme kostenlos und legal entsorgt werden können. Die hohe organische Fracht im Abwasser führt zu

massiven Problemen in der städtischen Abwasserreinigung, Geruchsbelastungen im Küstenbereich und biologisch 'toten' Flussläufen. Die Verminderung der Geruchsbelastungen und Verbesserung der Wasserqualität am Strand von Manta haben zudem einen positiven Einfluss auf die Lebensqualität in der Stadt und die Einnahmen aus (nationalem) Tourismus.

## **5.4 Aussicht auf Umsetzung**

Das Projekt steht, nach Vorliegen der Ergebnisse aus dem Pilotversuch, an einem entscheidenden Punkt. Man ist sich einig, dass die Vergärung der Abfälle in einer Biogasanlage positive Aspekte auf Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft hat. Und dass das Projekt knapp wirtschaftlich betrieben werden kann, auch ohne Monetarisierung der vermiedenen externen Kosten. Allerdings ist den involvierten Firmen auch klar, dass das Projekt nur gemeinsam betrieben werden kann: Keine der Firmen bringt eine genügend grosse Menge Substrate auf, um die Anlage alleine zu versorgen.

Nach wie vor stehen die Firmen unter erheblichem Druck, eine Entsorgungslösung zu finden. Allerdings führen Konkurrenzsituationen in anderen Bereichen (u.a. auf dem Markt für Thunfischdosen, aber auch in Bezug auf die Einhaltung sozialer Kriterien in der Produktion) dazu, dass das Vertrauensverhältnis zwischen den Firmen für ein gemeinsames Projekt noch verbessert werden muss. Beispielhaft für die Möglichkeit gemeinsamer Investitionen und zusammen betriebener Anlagen ist dabei die Firma Isabel, die bereits eine gemeinsame Abwasserreinigungsanlage mit zwei anderen, nicht ins Projekt involvierte Unternehmungen, betreibt.

Als Alternative sehen wir den Einbezug weiterer Thunfischfabriken, entweder als Teilhaber oder Rohstofflieferant. Rund ein Dutzend Firmen in Manta haben das gleiche Entsorgungsproblem, die Mengen noch verfügbarer organischer Substrate sind beträchtlich.

Generell sind die Industriebetriebe aufgrund ihrer Grösse und des Geschäftsmodells (die Thunfischindustrie ist investitionsintensiv) fähig, die nötigen Mittel aufzubringen. V.a. die Firma Marbelize ist bestrebt, auch über lokale Kanäle weitere Gelder aufzutreiben. Ob die Firmen ohne Unterstützung fähig sind, internationale Mittel zu erschliessen, ist fraglich.



## 5.5 Weiteres Vorgehen

### 5.5.1 Empfehlungen an die Firmen

Wichtigste Grundlage für eine Fortsetzung des Projektes ist, dass sich die lokalen Firmen auf ein Vorgehen einigen und sich klar bekennen. In diesem Sinne geben wir den involvierten Unternehmen im (spanischen) Schlussbericht folgende Empfehlungen ab:

- **Entscheid fällen:** Die involvierten Firmen müssen entscheiden, ob sie sich am Bau und Betrieb der zukünftigen Anlage beteiligen. Das Projekt kann nur erfolgreich umgesetzt werden, wenn die Akteure den Willen und das Interesse zur Zusammenarbeit haben.
- **Trägerschaft aufbauen:** Die interessierten Akteure haben eine Trägerschaft aufzubauen. Rolle, Aufgaben und Kompetenzen der jeweiligen Partner sind zu klären. Ebenfalls ist zu diskutieren, welche Ressourcen die Partner in das Projekt einbringen. Die involvierten Akteure haben die Eigentümer- und Betreiberstrukturen zu definieren.
- **Politische Akteure in den Planungsprozess einbeziehen:** Die Behörden sollten so früh wie möglich ins Projekt einbezogen werden, um allfällige Auflagen bereits in der Planung zu berücksichtigen und die Akzeptanz der Behörden für das Projekt zu stärken.
- **Rohstoffversorgung sichern:** Die Qualität des Substrats ist sehr wichtig, aus diesem Grund ist es wichtig, dass sich die Thunfischfabriken am Projekt beteiligen. Die wichtigsten Substratlieferanten sind als Miteigentümer oder Betreiber ins Projekt einzubinden.
- **Standort auswählen und sichern:** Der Standort der zukünftigen Anlage spielt eine wichtige Rolle. In der Nähe der Anlage müssen eine Verwertung der thermischen Energie und ein Anschluss ans Stromnetz möglich sein. Der beste Standort wäre die industrielle Zone in der Nähe der Thunfischfabrik Marbelize.
- **Technologielieferanten definieren und auswählen:** Ein weiteres zentrales Thema ist die Einbindung eines geeigneten Technologieanbieters. Der Lieferant muss ein gutes Wissen von Planung und Bau einer Biogasanlage besitzen. Zusätzlich muss der Lieferant Ausbildungs- und Schulungskompetenzen haben, um das lokale Personal auf den Betrieb der Anlage vorzubereiten. Eine konstante Betreuung während der Inbetriebsetzung ist zu gewährleisten. SwissBioSys wäre aufgrund der Vorgeschichte eine mögliche und gute Option.
- **Verwertung des Gärguts regeln:** Die Unternehmen müssen abklären, wo das Gärgut als Dünger verwendet wird.
- **Finanzielle Mittel erschliessen:** Der Verkauf von Emissionszertifikaten soll so früh wie möglich eingeleitet werden. Allenfalls sind weitere Investoren zu identifizieren, die Interesse an der Mitfinanzierung dieses Projekts haben.

In der Abbildung 16 ist ein möglicher Zeitplan abgebildet.

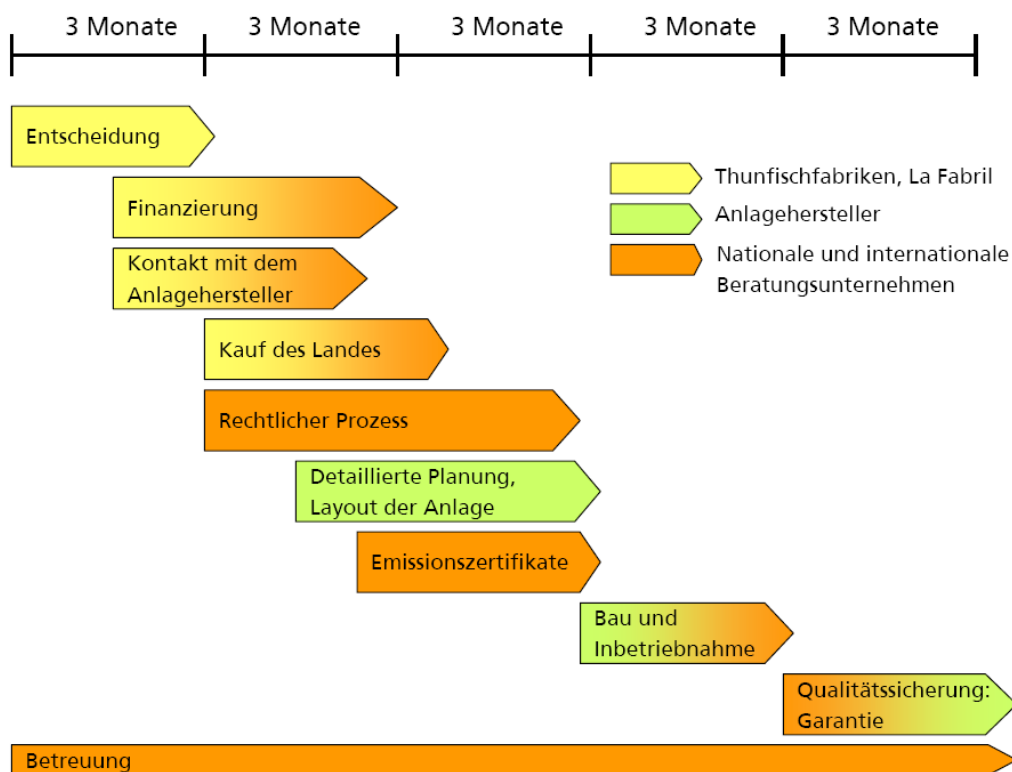


Abbildung 16: Möglicher Zeitplan für die Projektierung und Umsetzung

### 5.5.2 Empfehlungen an REPIC:

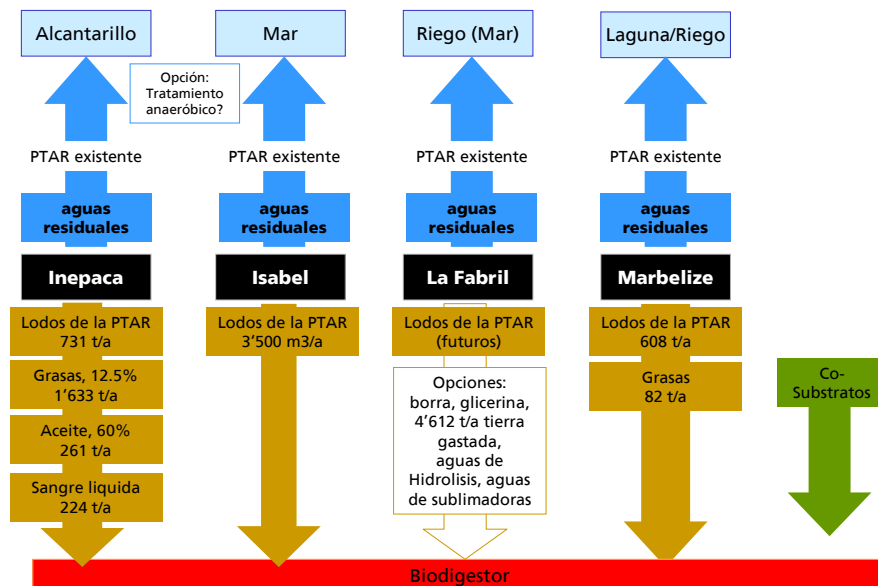
Die Firmen in Ecuador wurden darauf hingewiesen, dass als nächstes ein klares Bekenntnis der beteiligten Firmen zu einer gemeinsamen Entsorgungslösung kommen muss. Zurzeit bezweifeln wir etwas, ob sich, trotz der offensichtlichen Machbarkeit und dem Druck der Behörden, kurzfristig ohne Antrieb von aussen eine Trägerschaft bilden wird. PRAGMA VI, unser Ecuadorianischer Partner, ist daher im ständigen Kontakt mit den Firmen. Wenn sich eine Trägerschaft bildet und eine Grundfinanzierung sichergestellt ist, könnte es für REPIC Sinn machen, die Realisierung des Projektes zu unterstützen. Dies könnte in der direkten oder indirekten Unterstützung in Form von Investitionshilfen, aber auch einer Beteiligung an einer professionellen Projektierung, Realisierung und Inbetriebnahme der Anlage durch Schweizer Technologieexperten geschehen.

**Das Projekt mit seinem industriellen Massstab, seiner hohen Replizierbarkeit, seiner wirtschaftlichen Tragbarkeit und den positiven Auswirkungen auf Mensch und Umwelt wäre für REPIC ein gutes Beispiel einer Promotion von nachhaltigen, selbsttragenden Projekten im Bereich effizienter Produktion erneuerbarer Energie.** Ernst Basler + Partner wird REPIC auf dem Laufenden halten, falls sich im Projekt eine interessante neue Option ergibt.

# A1 Folien zu Konzept und Machbarkeitstudie

## Situación inicial

Cantidades disponibles de residuos sólidos



t/a: toneladas métricas de materia fresca (húmeda) por año

Ernst Basler + Partner

## Evaluación técnica

Única solución técnica viable: Fermentación líquida continuo

### Fermentación líquida continuo:

- La Co-fermentación es el procesamiento de residuos líquidos con residuos orgánicos sólidos o semi-líquidos
- Es adecuada para sustratos de atuneras, mezclados con Co-sustratos (mezclas con un contenido de materia seca de menos 12-15%):
  - Sustratos agropecuarios (excrementos),
  - efluentes industriales,
  - restos de comida, de frutas y verduras,
  - restos de plantas,
  - grasas, lodos de PTAR

Los residuos son demasiados heterogéneos para la producción de Biodiesel de forma rentable



24.09.2010

Ernst Basler + Partner

## Evaluación técnica

Única solución técnica viable: Fermentación líquida continuo

### Descripción técnica:

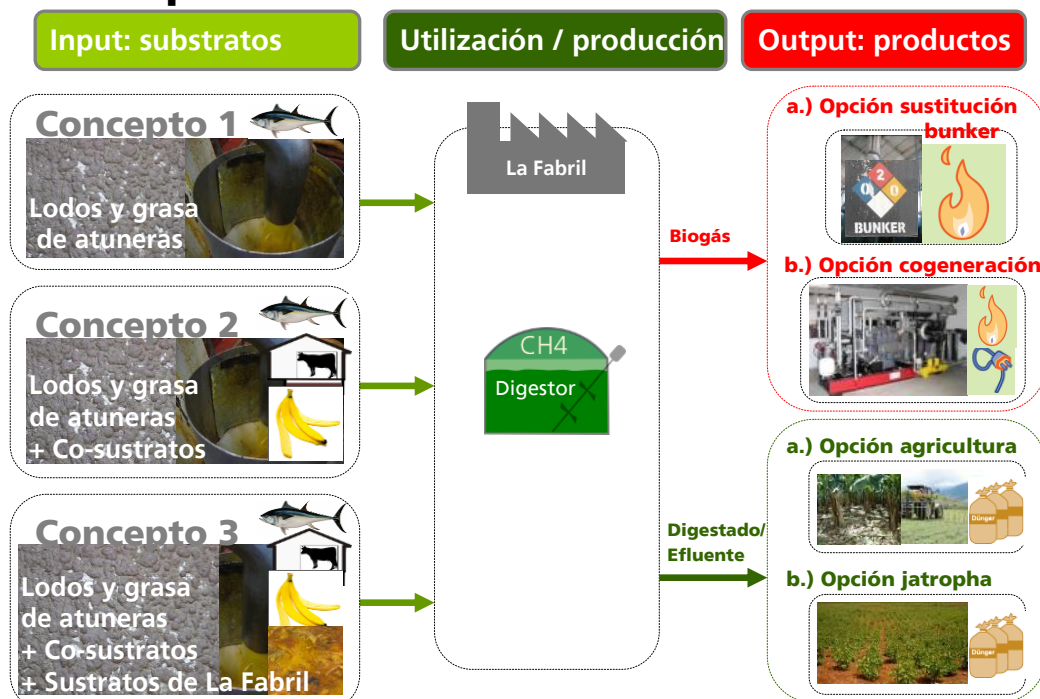
- Dos tanques con agitación, diámetro 12m a 20m
- Área requerida para la instalación: 30-70m cuadrados
- Temperatura de proceso: 35-38°C
- Tipo de biodigestor: Reactor de tanque con agitación continuo (CSTR: Continuously stirred tank reactor)
- Proveedores de la tecnología:
  - Eco-Genesys (Brasil / Suiza)
  - Biogas Nord (Alemania)
  - WELtec (Alemania)



24.09.2010

Ernst Basler+Partner

## Conceptos de utilización



24.09.2010

Ernst Basler+Partner

## Calculo de rentabilidad preliminar

Base de datos:

### Datos sensibles:

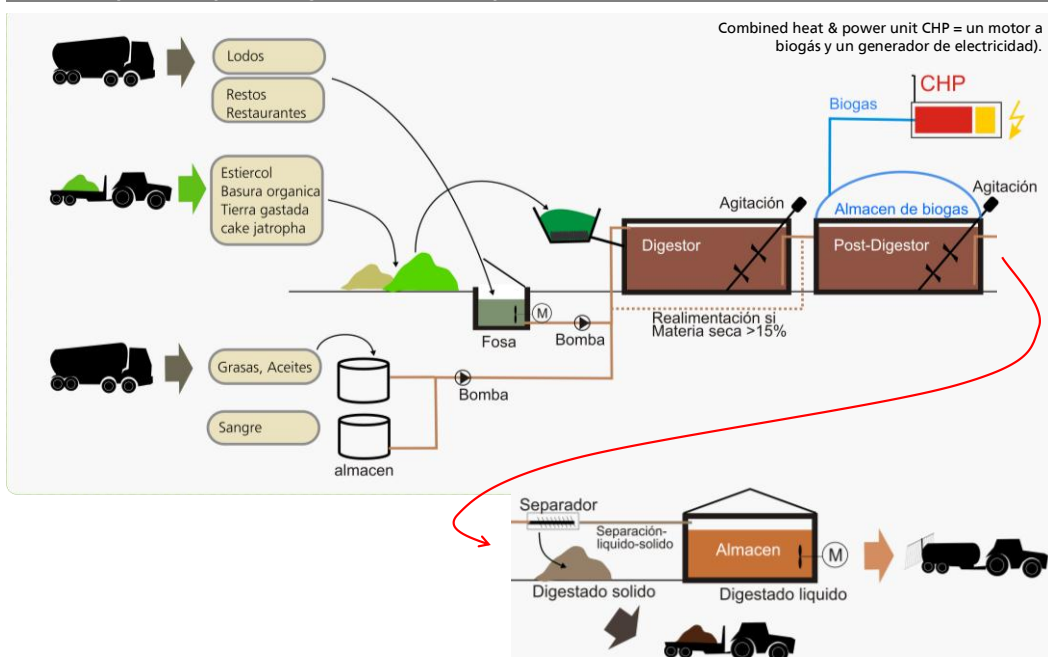
- Producción de biogás: entre 60 m<sup>3</sup> / t de materia fresca (basura domestica) y 220 m<sup>3</sup> / t de materia fresca (Material de colector de grasa)
- Costes de logística: 2.8 – 4 \$ / km\*10m<sup>3</sup>
- Consumo propio de energía eléctrica de la instalación: 8%
- Distancia del transporte del efluente / fertilizante: 15-20 km
- Costes del terreno: 50\$/m<sup>2</sup>, 2'500m<sup>2</sup>
- Precio por kWh electricidad: 0.08 \$
- Precio por litro de Bunker: 0.25 \$
- Costos de capital (crédito, capital propio): 6%
- depreciación: entre 5 (Motor a gas) y 25 (construcción) años
- Consumo de calor / frío (energía térmica): 20% de la energía disponible del motor a gas
- Venta de las emisiones CO<sub>2</sub>: 9 \$ / tonelada

24/09/2010

Ernst Basler+Partner

## Especificación de la solución técnica

Concepto de planta y dimensión (planta normal)

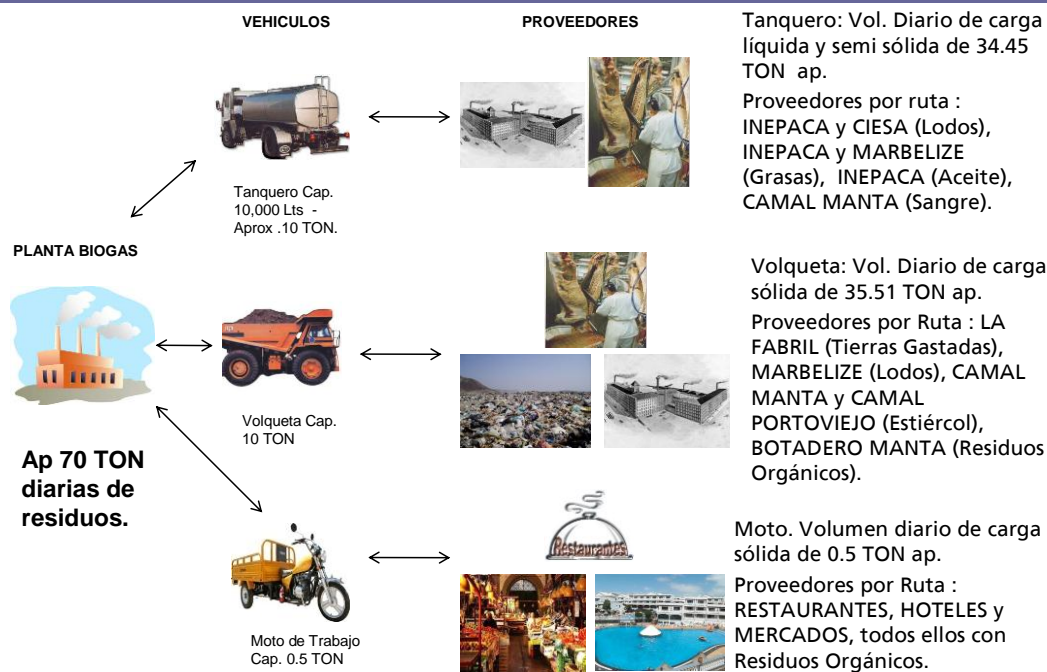


24/09/2010

Ernst Basler+Partner

## Logística

### Diagrama de la recolección



Ernst Basler+Partner

## Impactos Ambientales

- **SUSTITUCION ENERGIA FOSIL:** Substitución de energía fósil (diesel, bunker) por energía renovable. Contribución al uso racional de combustibles fósiles. Reducción en costos de energía del proceso productivo. Se presenta una combustión del gas más limpia.
- **REDUCCION GASES INVERNADEROS:** Reducción de gases de efecto invernadero por no depositar residuos y sustitución energía fósil. Contribuye con metas del protocolo de Kyoto. Posibilidades en el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).
- **MANEJO ADECUADO Y REDUCCION CONTAMINACION:**
  - Desechos orgánicos tienen un manejo adecuado en lugar de ser enterrados y no aprovechados.
  - Reducción de desechos depositados (volumen) en botaderos y rellenos sanitarios, reducción de lixiviados (contaminación de aguas subterráneas) y gases efecto invernadero.
  - Mejora la calidad de ríos y cuencas. Se reducen microorganismos patógenos, insectos y sus huevos, moscas y malos olores.
- **PRODUCCION DE FERTILIZANTE BIOLÓGICO:** Aprovechamiento de nutrientes y reducción de fertilizantes industriales. El compost y abono líquido producido (sustrato de la digestión), utilizado en plantaciones, puede llevar a una reducción de la susceptibilidad de las plantas a enfermedades al aumentar la actividad del suelo. Mejor aceptación por las plantas, menos peligro para las aguas.
- **RIESGOS:** Fase de implementación (polvo, ruido, cambios en el paisaje) → Temporales y controlables; en operación: Olores → Controlables

## Impactos Sociales

- **EMPLEO DIRECTO:** Contribución a la creación de empleo por la operación y el mantenimiento de una planta de biogás y la logística de recolección asociada.
- **EMPLEO INDIRECTO:** Posibilidad de negocios inclusivos
- **CONTRIBUCIÓN A DISTRIBUCIÓN DE RIQUEZA:** Inclusión de nuevos actores en procesos productivos, y/o aumento de ingresos, desarrollo comunitario, capacitación.
- **SATISFACCIÓN DE NECESIDADES LATENTES INDIVIDUALES Y DE LA COMUNIDAD:** Percepción de calidad de vida, derechos a ambientes libres de contaminación y malos olores, contribución a bienestar global, prestigio, etc.
- **FORTALECIMIENTO DE RELACIONES CON LA COMUNIDAD (MUNICIPIOS, CANTONES, PARROQUIAS):** Como consecuencia. RSE.
- **IMAGEN CORPORATIVA:** Fortalecimiento de la imagen corporativa y de la política de responsabilidad corporativa de la empresa.
- **TRANSPARENCIA Y PARTICIPACIÓN:** Incremento y fortalecimiento de procesos de transparencia y participación a nivel empresarial y comunitario

24.09.2010

Ernst Basler+Partner

## Análisis Oportunidades



- **Cantidades:** Se gestionan cantidades grandes de co-sustratos, menor costo unitario
- **Proveedores de sustratos:** Proveedores diversificados
- **Proveedores de sustratos:** Interés e participación en proyecto: hoteles, restaurantes, etc.
- **Energía:** Sustitución de fuentes fósiles por bioenergía
- **Efluente:** Posible producir un buen compost
- **Comunidad:** Interés en proyectos de impacto ambiental.
- **Producción de energías renovables:** Marco legal e institucional favorable (CNEL, CONELEC), voluntad política expresada de gobierno actual (énfasis biomasa); interés en proyecto.
- **Rentabilidad:** Posibilidad de alimentación directa al tendido eléctrico (mejores precios, menores costos)
- **Autoridades locales:** Interés del Municipio de Manta en iniciativas concretas; Posibilidad de uso de residuos de ámbitos de decisión Municipal (vertedero, mercados, Camal)
- **Apertura de otros Municipios** (Jaramijó, Montecristi). Iniciativas nuevas; Posibilidad de ubicación cerca de vertederos de estos municipios
- **Terreno:** Existencia de opciones
- **Mercados, camales:** Manejos inadecuados de residuos genera insalubridad. Apertura
- **Mayor control de autoridad ambiental:** Necesidad de proyectos que den respuestas
- **Asociatividad:** Existencia de iniciativas conjuntas entre empresas
- **Viabilidad política:** empresas grandes con buenas relaciones (especialmente a nivel local)

24.09.2010

Ernst Basler+Partner