

PH-100-278

61827

PROGRESS REPORT

HIGH RATE ANAEROBIC DIGESTION AND HIGH RATE OXIDATION PONDS

NOV 21 1988

CS-328



COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
(ICAITI)

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY

Avenida La Reforma 4-47, Zona 10
GUATEMALA, C. A.

Apartado Postal 1552
Telex: 5312 ICAITI-GU
Teléfonos: 310831/5
Cables: ICAITI

PROGRESS REPORT

HIGH RATE ANAEROBIC DIGESTION AND
HIGH RATE OXIDATION PONDS

Grant No. PDC 5544-G-SS-5100-00

Presented by ICAITI to

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT
(AID)

Guatemala, October 1986

1. INTRODUCTION

The United States of America Agency for International Development contracted ICAITI to carry on a study of a Non-conventional System of Industrial Wastewater Treatment, under the terms and conditions of Grant No. PDC-5544-G-SS-5100-00. ICAITI subcontracted the Algal Biotechnology Laboratory of the Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben Gurion University of the Negev, to obtain technical services set forth in the scope of work of the contract which is enclosed in Appendix A.

The objectives of the program are:

1. Characterization of the various effluents from a newly built kraft pulping mill.
2. Study of the high rate anaerobic digestion of a selected wastewater from the kraft mill.
3. Study of a photosynthetic system which can treat the effluent from the digester in high-rate oxidation pond.
4. Operation of a bench scale system for the treatment of the selected mill wastewater, incorporating the results of the two technologies explored.

The present progress report covers the period from September 1, 1985 to August 30, 1986.

2. ACTIVITIES EXECUTED

2.1 Coordination meetings

The first meeting was held at the Laboratory of Algal Biotechnology, the Jacob Blaustein Institute for Desert Research of the Ben Gurion University of the Negev (Sede-Boqer). A complementary meeting was also held at the main campus of the University (Beer-Sheva). A presentation of some research works currently being carried on at ICAITI was done. These meetings took place in April 7-10, 1980, and they were coordinated by Dr. Avigad Vonshak. A memorandum describing the activities and plans for jointwork is included in the Appendix B.

It must be stressed that both groups agreed that more frequent direct exchanges will be beneficial for both groups, specially because certain analytical procedures are not fully developed. The travel activity will be strengthened.

The second coordination meeting was held at ICAITI, during the week of July 21-25. The participants were Avigad Vonshak (BGU), José F. Calzada, Carlos Rolz and Liliana de Barrios (ICAITI). Dr. Vonshak indicated that the initial samples (untreated effluents) were received in Israel in May 28 and the group had already started some screening work with algal strain. He also presented a first progress report from his group. The tests with treated wastes will start on November or December, in order to have a new discussion meeting in April 1987.

During the stay of Dr. Vonshak, he was able to participate in the tests of a gas-lift fermentor using algal cultures. He presented a lecture on some of the research activities of his group and accompanied the ICAITI scientist for a visit to the Embassy of Israel, to describe the US-Israel CDR programs to the Ambassador, Dr. Moshe Dayan and the Secretary, Mr. Shmooel Livne.

2.2 Literature review

Two major concerns have dominated the research dealing with the treatment of condensate and bleaching effluents from kraft mills: the presence of organically bound chlorine and the presence of sulfate. Both have been addressed recently by other research groups. Some of the references appear in the Appendix C.

Among the conclusions obtained from some of the recent papers as well as from the meetings with research groups are:

- Very few groups are involved in this research topic
- One line of research has been the modelling of the degradation of chlorophenolic compounds under anaerobic conditions
- When real effluents have been used, very long operation times (more than one year) are usually required to stabilize the reactors using bleaching effluents
- An increase in COD during the anaerobic digestion is expected, due to release of chlorine-bound organic material
- Low gas production, if any, is expected from the treatment of bleaching effluents. Its major effect will be to enhance the effectiveness of the subsequent aerobic treatment, since this last one alone cannot degrade organo-chlorinated compounds
- In the case of inhibition by sulfate, a wastewater with a COD:SO₄ ratio of more than 10 is not expected to present any problem for anaerobic digestion
- The biodegradation of the lignins and derivatives from kraft processes was not visible in the molecular weight distribution of such lignins
- Some studies have been initiated in the utilization of the parameter "total organic chlorine" as indicator of treatability of the bleaching wastes, associated with pH, COD, BOD, colour and total organic carbon determination

2.3 Study tours and technical visits, carried on by JF Calzada in the same trip of the first coordination meeting

- University of Helsinki, April 1, 1986, to Dr. M Salkinoja-Salonen, Professor of General Microbiology. The group is the leading

one in the study of the treatment of effluents from the kraft mills. There are 48 pulp mills in Finland, two of them using the sulphite process, a few thermomechanical and semichemical and the greatest number are kraft. In spite of environmental regulations, few have effluent treatment systems. There are four aerated lagoons, six activated sludge units and two anaerobic systems: a pilot plant (20 m³) in a thermomechanical mill and a fluidized bed reactor (300 m³) in a kraft plant. This last one, built by the Enzo-Gutzeit OY Company, processes only part of the bleaching effluents (80 000 tons/year) of the largest pulp plant in Europe (500 000 tons/year). The condensates are burned, to avoid the undesirable odours, at an elevated cost. The group led by Dr. Salkinoja-Salonen has collaborated with the operation of the above mentioned plant for treatment of kraft bleaching wastewaters. Their laboratory assays indicate that the condensate can be used in loads up to 20 kg COD/m³ day in one-stage fluidized bed anaerobic reactors while the bleaching effluents can only be loaded up to 6 kg COD/m³ d in the same units. From this evaluation, it was recommended to treat both effluents separately. The bleaching wastewaters do required further aerobic treatment, to which the ICAITI project is also aimed.

An area of special interest for the group that was visited has been the biodegradation of chlorophenolic compounds present in the bleaching liquours. The best reductions (80%) have been obtained in methanogenic reactors operating with twelve hours hydraulic retention time, but reductions of approximately 68% were achieved with six hours HRT. As a complement to this information, a meeting was held with Mr. Rista Valo, who is studying the biodegradation of monomeric, dimeric and tetrameric chlorinated compounds.

An important design criteria was discussed during the visit: the reactor dimensions. The practice seems to indicate that a height of two meters should not be exceeded and that the up flow should be prepared, to avoid clogging.

Dr. Salkinoja-Salonen indicated that a recent process modification has been introduced in some kraft mills. Known as "extended cooking", it removes approximately 95% of the lignin in the first stage, against 90% in conventional process, thus discharging a less toxic bleaching wastewater from the second stage of the process.

- Swedish Research Institute, April 2, 1986, to Drs. Björn Frostell and Mats Alvemark. Not much work pertinent to the project has been carried out by this group after the departure in 1980 of Dr. Norman. They are now starting some research on the inhibition of methanogenic flora. According to their information, 15 or 20 kraft mills are in operation in Sweden. Some of them have wastewater treatment, consisting of aerated lagoons and some others have used modified bleaching processes in order to reduce the use of chlorine.

An unexpected opportunity to discuss the ICAITI project arose when it was known that Mr. Thomas Welander, from Lund, was also visiting the Institute. A brief but illustrative talk with him presented the work that a task force formed by University, Government and Industry was starting some work related to the specific area of anaerobic treatment of kraft effluents. The group suggests not to separate the condensates from the bleaching discharges, but keep them in the same reactor, to lower the toxicity. Mr. Welander offer to share with ICAITI the information that will be generated by this project, which started in early 1986. The visit described was coordinated through Mr. Eng Leong Foo, from the Karolinska Institute Microbial Resources Centre (MIRCEN).

- Gist Brocades, Delft, the Netherlands, April 3, 1986, to Engs. AJML Borghans and Win van Giles. This is the largest commercial enterprise in Europe dealing with anaerobic digestion systems. They now handle two methods: up-flow anaerobic sludge bed (UASB) after purchase of the Biothane company and fluidized bed. The group has had some experience with the treatment of wastewaters from cellulose and paper factories, but poor results with the bleaching effluents from a kraft

plant. The lack of gas production is common, so the addition of volatile fatty acids was necessary. Very long adaptation periods are required for the microflora. They considered that the technology is not yet ready for commercialization.

- National Institute for Agronomical Research (INRA), Villeneuve d'Asq, France, April 14-15, to Drs. Guy Albagnac and Dominique Verrier. Dr. Emer Colleran from Ireland, who was staying at the Institute, also participated in the meetings. The group is working on several research topics of interest for the ICAITI project, including the adhesion of methanogenic microorganisms to inert supports, the biochemistry of the degradation of lignin and associated compounds under anaerobic conditions and the problems of toxicity for anaerobic flora. The installations can be counted among the finest in Europe, and they have excellent personnel. The group is already working with a pure culture of Methanotrix (200 liter fermenter), achievement of which they were very proud. Dr. Verrier prepared some assays of adhesion to ceramic materials and the results were observed under fluorescence microscopy. An interesting discussion was generated regarding the effect of polyphenols and chlorinated organic compounds on the adhesion properties of the methanogenic and other anaerobic bacteria.

Institutes of Biotechnology, Jülich, Federal Republic of Germany, April 16, 1986, to Drs. Hermann Sahm, Siegfried Schoberth, Stephanie Binger and Alexander Aivasidis. This group has had some experience with toxic compounds and also with fixed film anaerobic reactors. The discussion about the treatment of discharges from kraft pulp mills was centered around the need to control the C:N:P:S ratios, the study of the mechanisms of adhesion and acclimation and the possible need for a pre-treatment.

- Visit of Dr. Mark Benjamin, from the Department of Civil Engineering, University of Washington, Seattle, WA. February 1986. Dr. Benjamin visited ICAITI to learn about some of the research activities here. Since he had been involved in research regarding the anaerobic digestion of effluents from the pulp and paper industry, the topic of the ICAITI-Israel CDR Program was discussed. In the field of practical feasibility studies, he is interested in the rate limits for the operation of anaerobic methanogenic reactors using condensate and bleaching effluents from sulfite or kraft processes. A more fundamental understanding of toxicity by chlorinated compounds and the fate of several active groups during wastewater treatment is another area of interest for him. Dr. Benjamin has found that a flow of up to 800 mg S/l has no effect on total gas production in an anaerobic digester using condensate. For most of his studies he is using a synthetic media formed by furfural, acetic acid and methanol.

2.4 Research

- Preparation of effluents

According with the original work plan, a sampling effort should be included in the first group of activities within the project. Unfortunately, due to various reasons certain limitations have halted the regular operation of the pulp plant in Guatemala. For this reason, the sampling stage was delayed and the raw effluents had to be produced in a pilot plant operation at ICAITI. The preparation of raw materials followed the same sequence of operations than the industrial plant. The scheme is presented in Figure 1.

Two major effluents are obtained from the preparation of pulp through the kraft process: condensates and bleaching liquors.

The pine species used were Pinus tenofovia and Pinus ocarpa. The chips were obtained from the pulp factory. Average size: 22 mm.

The kraft pulp process is based on 18% weight of active alkaline (equivalent to Na_2O) added on dry weight basis of chips. The alkaline is formed by a mixture of 25% Na_2S and 75% NaOH . A solid liquid ratio of 1 to 3.6 was used in the cooking in a 25 liter reactor. The temperature was increased to 165°C and kept at that level for one hour. A sudden release of the pressure (explosion) completes the digestion. The liquids are separated through centrifugation.

It is possible to separate a high solids fuel past from the black liquor, through evaporation at 140°C . A paste with 65% is separated from a vapor which is subsequently condensated, thus giving origin to the first liquid discharge: the condensate (0.74 liters/liter of black liquor). The condensate is characterized by the absence of any suspended solids, hydrolyzable carbohydrates and lignin, but it may be high in sulphur, which represents the inhibitory factor for the anaerobic digestion of this wastes (Salkinoja-Salonen et al, 1984, Rinzema and Lettinga, 1986).

The raw pulp from the cooking is washed and disgregated in an agitated tank, to eliminate the residues of black liquor that the centrifugation was not able to separate.

The washed pulp is then put in contact with gaseous chlorine, by passing of the gas through the solid material and removing the extra chlorine with air. A 3% weight dispersion of pulp in water is prepared and allowed to rest for 16 hours. The pulp is then filtrated, washed and centrifugated. The chlorination liquors are stored for further mixing with other liquid discharges.

The next step is the alkaline treatment in with a 7% dispersion of pulp is put in contact with sodium hydroxide (2%) during 120 min at 50°C . And the treatment is finished, the pulp is drained, washed and centrifugated. The liquid effluents are also stored for further treatment.

The last stage of the bleaching process is the treatment with sodium hypochlorite (1%) of a dispersion of 6% pulp in water during two hours

at 35°C and pH higher than 9.5. The pulp is separated from the liquid and washed. A third bleaching liquid is then obtained. The three bleaching liquids are discharged as one single effluent, so this was prepared as follows:

- . chlorination, 52%
- . alkaline extraction, 22%
- . hypochlorite treatment, 26%

The combined liquid is identified as bleaching liquor.

- Anaerobic treatment of the liquid effluents

Four high-rate anaerobic reactors have been built to treat the condensate and bleaching effluents. They combine features of the up-flow anaerobic sludge bed (UASB) and the anaerobic filter.

Two glass columns (1.00 m height x 0.25 m diameter) were used as reactor vessels for the treatment of condensate. The upper half of the column was filled with unreticulated polyurethane foam packing, formed by two thin layers of the sponge (0.5 cm), adhered to a 0.2 cm sheet of fiber-glass, for mechanical resistance. The inlet to the columns was located in the bottom, through a rubber stopper and the liquid and gas outlets start at different levels of the upper part. The scheme of the column appears in Figure 2. The columns were covered with opaque paper to avoid the growth of photosynthetic bacterial and kept at 35°C in a controlled temperature room.

Similar columns were used for the treatment of the bleaching effluents, but the size was larger (1.24 m x 0.05 m). Peristaltic pumps (Watson-Marlow) have been used to maintain a constant load and discharge rates.

The inoculum for all four columns was a mixture of sludges from other methanogenic reactors in operations. Partial substitution by the condensate and bleaching liquids was used as acclimation procedure. It must be stressed that very long acclimation times are required for these substrates (more than six months, Salkinoja-Salonen et al, 1985).

The control parameters that will be monitored once the acclimation is fully obtained are:

- . Chemical Oxygen Demand (COD)
- . Total solids (%)
- . Volatile Solids
- . Nitrogen
- . pH

The hydraulic residence time in the reactors was set up at 1 day, using a digital controller (Chron-O-Trol) coupled to the peristaltic pumps.

The pH was controlled batchwise, using a pH meter (Corning) and small additions of sodium hydroxide or acetic acid.

- Chemical characterization of the wastes

For the condensate:

- . pH 6.1 - 6.2
- . COD 1083 - 1786 mg/l
- . BOD₅ 750 mg/l
- . PO₄ 15 mg/l
- . SO₄ 61 mg/l
- . Conductivity 8 m mho
- . N 28 mg/l

For the bleaching liquors:

- . pH 1.5 - 2.0
- . COD 1300 - 1490 mg/l
- . BOD₅ 350 mg/l
- . Total solids 0.22 %
- . Volatile solids 0.075%
- . PO₄ 110 mg/l
- . SO₄ 61 mg/l
- . Conductivity 100 μ mho
- . N 25 mg/l

In the case of the condensate, the COD : SO₄ ratio (17.8 - 29.3) no serious inhibitory effect can be expected (Rinzema and Lettinga, 1986).

Based on the previous experience of the Algal Biotechnology Laboratory group, the following method was used to initiate the assessment of pollutants in the wastewaters:

" The water samples to be analyzed are extracted 3 times with methylene chloride. A sample from the crude extract is taken for HPLC analysis (column C-18, solvent: a non-linear gradient of 90-10 methanol-water to 100% methanol over 10 minutes U.V. detector set at 254 nm. Instrument waters). Several were detected at this wave length and are probably aromatic compounds, some of which could be phenols. The rest of the sample is passed through a short pad of silica gel and washed with methylene chloride. The solution is concentrated to 500 ul and analyzed by chromatography (column: SP2330 fused silica capillary (30 m x 0.2 mm). Eluent gas He 200-230⁰ programming at 5⁰/m, FID 240⁰ injector 240⁰ instrument Packard-417 integration - HP 33504).

The G.C. analysis provides a profile of the non polar materials in the sample. Under the above mentioned conditions, a very good separation was achieved which enables following the fate of each of the non polar components.

For G.C. quantitative analysis a known amount of an internal standard (docosanoic acid methyl ester) is added prior to extraction and peak concentrations are relatively calculated. "

An example of the technique appears in Figure 3.

Preliminary algal growth evaluation

For preliminary determination of whether the bleaching and condensate effluents can be used for growing algae, the blue-green algae

Spirulina platensis was selected. A mixture of 75% of wastewater (either condensate or bleaching liquors) and 25% tap water to which all regular nutrients required had been added was used as culture media. Portions of 100 ml were put in 250 ml Erlenmeyer flasks and in a gyratory shaker, illuminated from above by cool-white fluorescence lights. The temperature was kept constant at 30°C. The growth was followed by daily measurements of turbidity and Chlorophyll (Figure 4).

From these experiments it is clear that in the 75:25 dilution, the condensate water did not show any inhibitory effect. The next step will be the checking of 100% condensate. With bleaching wastewaters some inhibition of growth was observed, basically as a lag period in the growth. The maximum growth that can be obtained is not yet assessed.

When the ultra-violet spectra of water samples were checked before and after the algal growth, a shift in the absorption peak can be observed. The significance of this shift is not yet clear and requires further study (Figure 5).

FIGURE 1
PREPARATION OF BLEACHED PULP

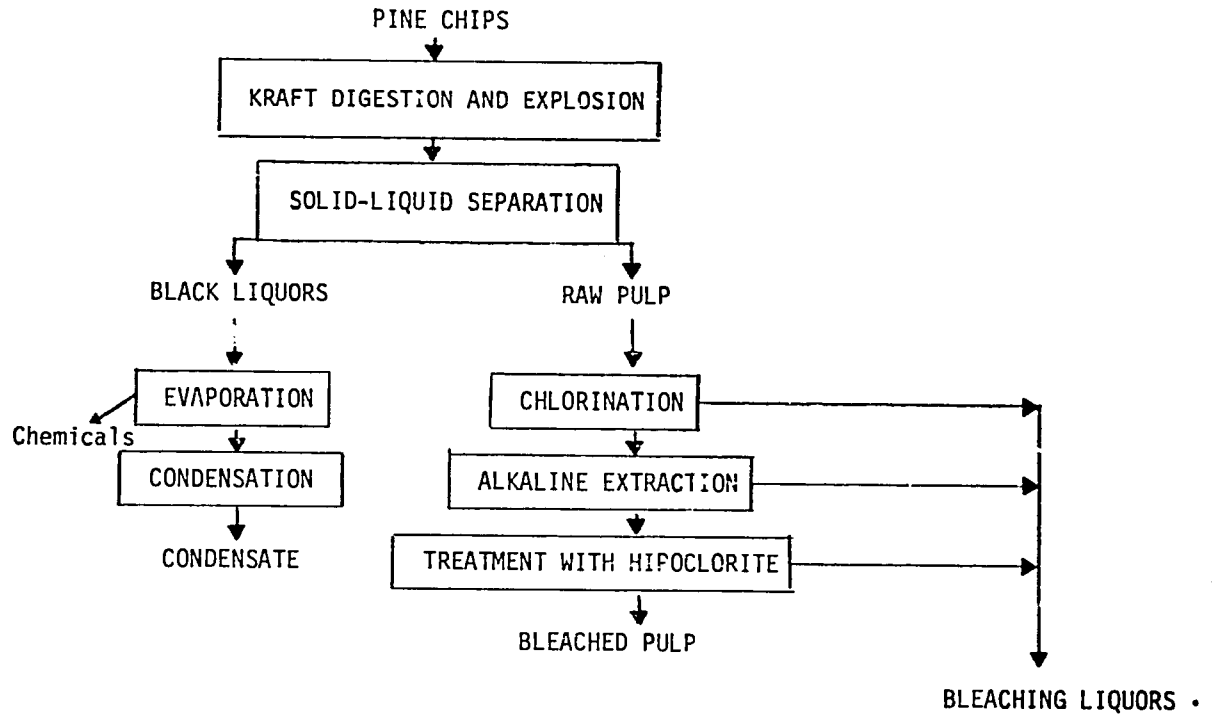
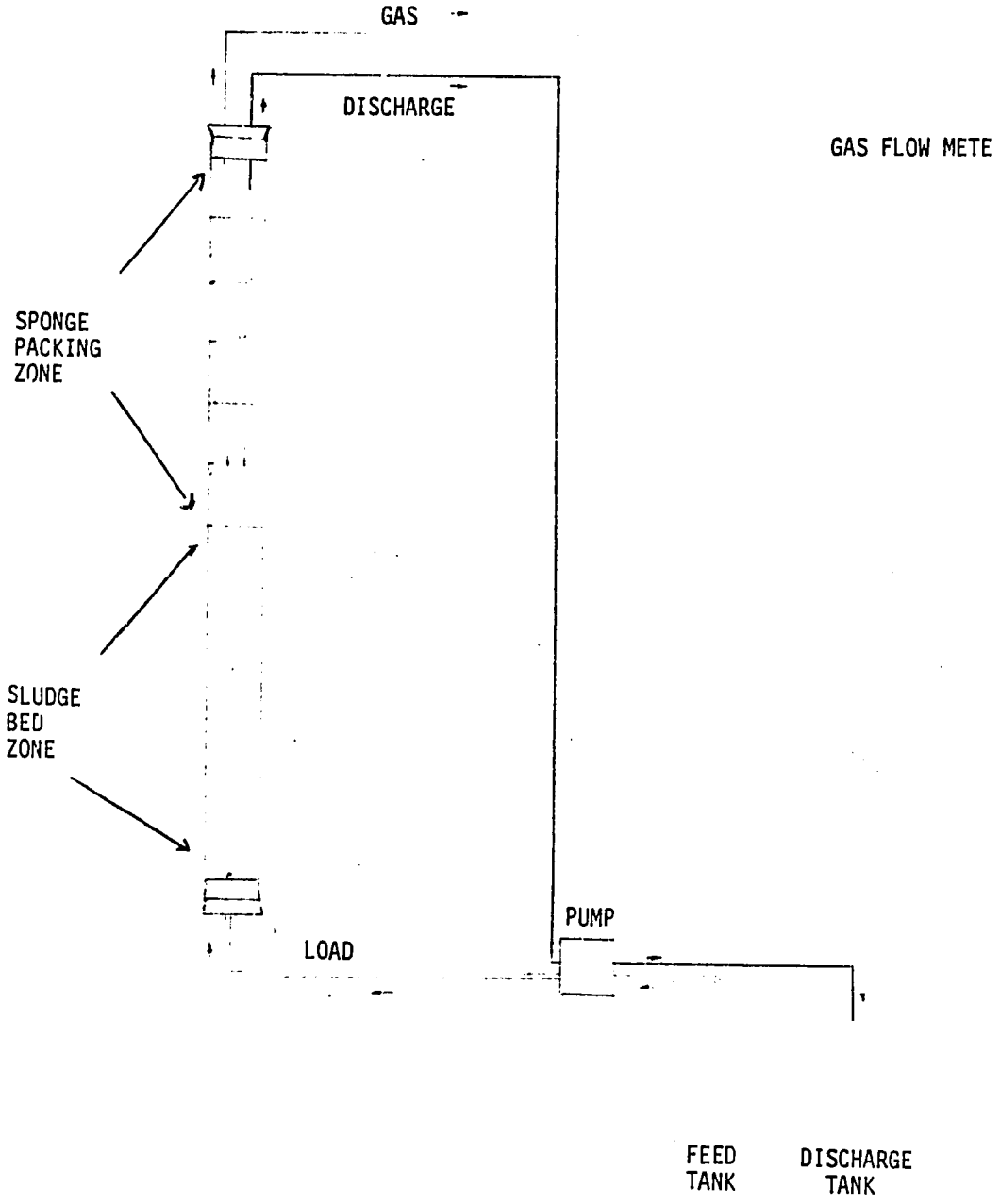


FIGURE 2
COMBINED ANAEROBIC REACTOR



RT	AREA	TYPE	AR/HT	AREA%
4.07	101790	DV	0.089	8.870
4.25	52930	VV	0.063	4.592
4.39	13981	VV	0.066	1.213
4.64	144470	VV	0.143	12.582
4.90	17993	VV	0.087	1.561
5.13	68260	VV	0.077	5.922
5.27	4734	VP	0.053	0.411
5.38	1795	PB	0.047	0.156
5.72	62700	BV	0.086	5.439
5.90	7629	VV	0.092	0.662
6.04	29852	VV	0.167	2.590
6.40	61846	VV	0.101	5.365
6.87	17979	VP	0.160	1.481
7.22	63199	PV	0.114	5.482
7.56	9637	VV	0.176	0.836
7.77	29474	VP	0.200	1.776
8.19	51041	PB	0.123	4.428
8.67	18509	PB	0.080	1.632
9.36	53872	BP	0.153	4.673
9.76	11032	PV	0.192	0.957
10.13	12483	VV	0.210	1.083
10.79	110360	PB	0.180	9.573
14.58	34234	PV	0.401	2.970
16.17	26569	BV	0.308	2.305
17.47	20279	VP	0.259	1.759
18.07	26758	VV	0.267	2.321
18.39	17124	VB	0.161	1.486
19.11	9774	PV	0.260	0.848
23.15	78133	PB	0.194	6.778
61.81	3943	BB	0.163	0.342

TOTAL AREA= 1152880
 MUL FACTOR= 1.0000E+00

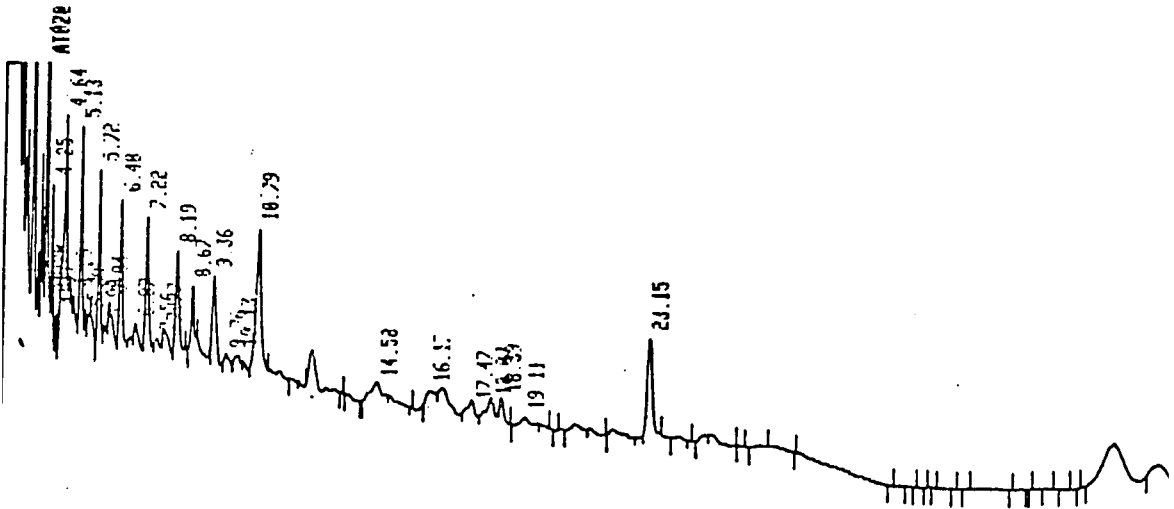
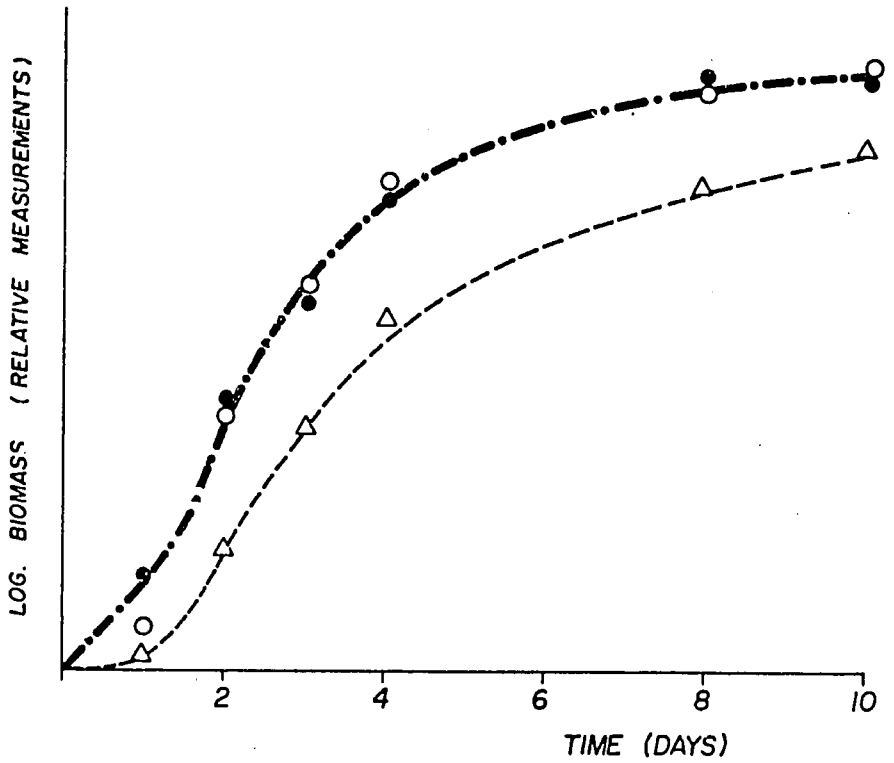


Fig. 3: Gas-chromatographic trace of a sample of the condensation water. The left column in the table represents individual retention times of the various components. The right column depicts the components corresponding share of the mixture.

FIGURE 4

Spirulina growth in kraft wastewater

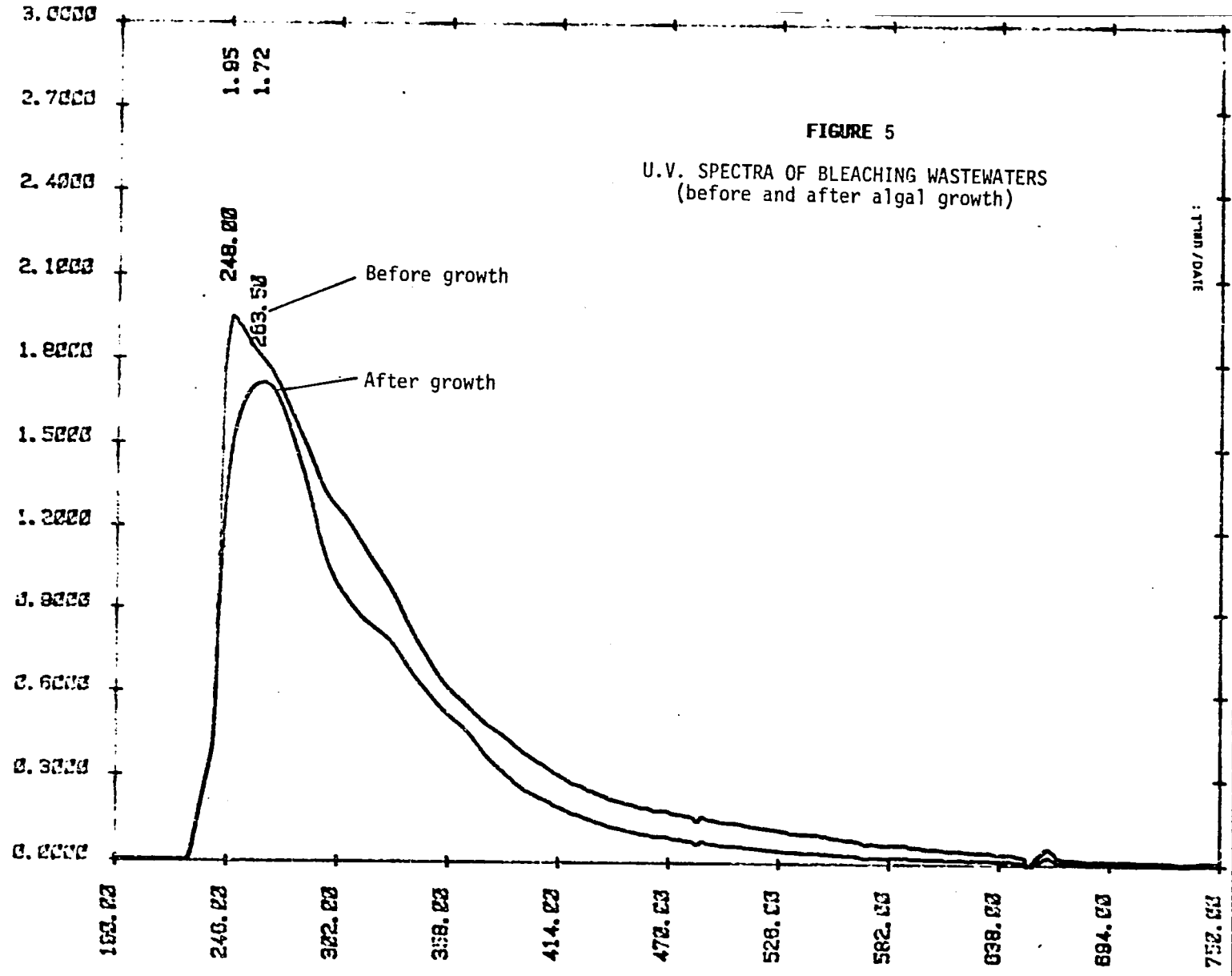


- - - - - ● CONTROL
- - - - - ○ 75 % CONDENSATE
- △- - - - - △ 75 % BLEACHING



FIGURE 5

U.V. SPECTRA OF BLEACHING WASTEWATERS
 (before and after algal growth)



תאריך / תאריך

3. FUTURE ACTIVITIES

3.1 Obtention of equipment for an algal culture laboratory at ICAITI. Some pieces of required equipment were suggested by Dr. Avigad Vonshak and they have been included in the purchase order.

3.2 Training of a person in algal culture techniques. This was considered necessary before laboratory and outdoor cultures can be started at ICAITI. The training would be carried on in Israel.

3.3 Algal growth assay using effluents from high-rate methanogenic digestors. Assay both in ICAITI and Israel.

3.4 Chemical analysis of organochlorine compounds. ICAITI will explore the methods.

3.5 A second visit of a Israeli participant to ICAITI is anticipated for 1987, probably following the training period in Israel, described above.

3.6 The experiments with the anaerobic reactors will continue. A second type reactor may be also added.

4. PROJECT EXPENDITURES

As of September 30, 1986.

	<u>Total budget</u>	<u>Total expenditures</u>	<u>Availability</u>
Salaries & benefits	36 900.00	7 398.27	29 501.73
Travel	15 700.00	6 463.71	9 236.29
Materials & supplies	23 000.00	5 199.07	17 800.93
Equipment	6 100.00	2 562.07	3 537.93
Other Direct Costs	<u>9 500.00</u>	<u>310.44</u>	<u>9 189.56</u>
TOTAL DIRECT COSTS	91 200.00	21 933.56	69 266.44
30% Indirect Costs	<u>27 360.00</u>	<u>6 580.08</u>	<u>20 779.92</u>
SUB-TOTAL	118 560.00	28 513.64	90 046.36
Contract Negev University	<u>25 080.00</u>	<u>13 580.00</u>	<u>12 000.00</u>
TOTAL US\$	<u>143 640.00</u> =====	<u>41 593.64</u> =====	<u>102 046.36</u> =====

Other financial data in the attached letter and statements.

APPENDIX A

**Contract with the Algal Biotechnology Laboratory,
Jacob Blaustein Institute for Desert Research,
Ben Gurion University of the Negev, Israel**

CONTRACT BETWEEN

Central American Research Institute for Industry (ICAITI)

and

The Ben-Gurion University of the Negev

Research & Development Authority

This contract, entered this twenty first day of October 1985, between the Central American Research Institute for Industry (hereinafter referred to as ICAITI) and the Ben-Gurion University of the Negev (hereinafter referred to as The University) whose address is: P.O.Box 1025 Israel 84110.

Witnesseth that

Whereas, ICAITI pursuant to Project CS-329 of Grant No. PDC-G-SS-5100-00 "Study of non-conventional system of industrial wastewater treatment: high rate anaerobic digestion and high rate oxidation ponds" desires to obtain technical and scientific services set forth in the scope of work herein and whereas, the Algal Biotechnology Laboratory of the Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, represent that it is qualified to provide such services and it is willing to undertake performance as set forth in Article 1 below.

Now, therefore, the parties hereby agree as follows:

ARTICLE 1: SCOPE OF WORK: The University will perform the following tasks:

- 1.1 Evaluation of the toxicity of the Kraft pulp wastewater derived from the processing of pine chips to select algal communities
- 1.2 Characterization of the algal species
- 1.3 Designing a general out lay of a high rate photosynthetic pond, for pilot plant experiments, to be constructed by ICAITI in Guatemala

- 1.4 Consulting on the initial operation of the high rate photosynthetic pond (in Guatemala) using the raw effluents from the pulp mill and the effluents from high rate anaerobic digestors (see 1.6)
- 1.5 Reception of the visit(s) of the ICAITI personnel involved in the project to program the joint activities, exchange technology and evaluate results
- 1.6 Three to four visits to ICAITI by a junior member of the University to consult on pilot operation and evaluation of the results obtained by both groups.
- 1.7 Preparation of four progress reports during the lifespan of the project

ARTICLE 2: CONTRACT TERM: Thirty (30) months, starting January 1st, 1986

ARTICLE 3: STAFFING: Professors Avigad Vonshak, Amos Richmond and Sammy Boussiba will participate as collaborators to the project. They will also have the freedom to add workers to the staff according to needs and budget limitations

ARTICLE 4: LOGISTIC SUPPORT: ICAITI will provide the coordination services for the project, including:

- 4.1 The purchase and sending of travel tickets for the Israeli participants. Due to security regulation, these tickets will be full fair tickets. The carrier and route will be determined by the Israeli traveler.
- 4.2 Per diem and other travel expenses for the same, during the coordination trips, according with the rate used by ICAITI on each visited country and been agreeable before

- 4.3 Sending sample material to be used in the project, when required by the activities
- 4.4 Providing research facilities and support for the israeli collaborator during the stay in Guatemala

ARTICLE 5: TERMINATION FOR CONVENIENCE OF ICAITI: ICAITI by written notice in 60 days in advance, may terminate this contract in whole or in part when it is the best interest of ICAITI. If so terminated, ICAITI shall be liable only for payment in accordance with the compensation provisions of this contract for services rendered prior to the effective date of termination.

ARTICLE 6: The University will submit to ICAITI two reports on the research work carried on in Israel, according with the ARTICLE 1. They are due:

- * September 30, 1986
- * September 30, 1987

The additional reports will be submitted to ICAITI 30 days after each stay of the Israeli collaborator in Guatemala.

ARTICLE 7: COMPENSATION AND PAYMENT PROVISION

7.1 Cost of technical services: This is a contract for services completed under ARTICL 1, and according with the provisions of US-AID Grant C5-328, ICAITI will pay US\$25,000 on the basis of specific invoices from the first of January 1986, for services performed and expenses incurred for amounts not to exceed those authorized by ICAITI in accordance with 7.2 and the following distribution:

- * 1st disbursement: US\$8,000: upon reception of the signed contract
- * 2nd disbursement: US\$5,000: upon reception of progress report
(September 30, 1986)
- * 3rd disbursement: US\$5,000: in January 1987
- * 4th disbursement: US\$4,000: upon reception of progress report
(September 30, 1987)
- * 5th disbursement: US\$3,000: in January 1988

BUDGET: The budget is distributed as follows:

* Salaries	US\$ 7,200
* Materials and equipment	US\$10,100
* Communications & secretarial	US\$ 2,000
* Overhead (30%)	US\$ 5,790

This budget sets limitations for reimbursement of dollar costs for individual line items. Without the prior written from ICAITI, the University may not exceed the grand total set forth in the budget attached, nor may the University exceed the dollar costs for any individual line item by more than 15 percent of such line item.

Total obligation: The total cost of services and material reimbursed hereunder shall not exceed the amount of US\$25,000

ARTICLE 8: GENERAL PROVISIONS: The provisions set forth in Appendix A, when applicable are incorporated as an integral part of this contract.

In witness whereof, the parties hereto are executed this contract on the twenty first day of October 1985.

FOR THE UNIVERSITY

FOR ICAITI

FOR ICAITI

AK
Haime Visniak

Carlos Rolz

Francisco Aguirre B.
Director

Vice President and Dean
for Research & Development

Head, Applied Research Division

Date

Date

Date

Augusto Vondra

FOR ICAITI

José Francisco Calzada
Principal Investigator

Date

APPENDIX B

Activities and plans for join work
BGU-ICAITI

MEMORANDUM

To: US-Israel CDR Program

From: Jose Francisco Calzada (ICAITI) and Avigad Vonshak (BGU)

Re: Coordination meeting project C5-328

(Grant DDC-5544-6-SS-5100-00)

The first meeting between the collaborating groups was held in Sede-Boqer, at the Jacob Blaustein Institute for Desert Research of Ben-Gurion University of the Negev (BGU) and in the main campus.

Participants in the meeting were:

Avigad Vonshak (BGU)

Sammy Boussiba (BGU)

Zvi Cohen (BGU)

Carlos Rolz (ICAITI)

Jose J. Calzada (ICAITI)

The calendar of activities was reviewed by the participants and future research was planned. The investigators from BGU explained that the participation of graduate students from Israel for long stays in Guatemala is very difficult, given the age of the students (26-30 years). So it was agreed that the stay should be substituted by visits of the researchers of Israel to Guatemala, so that a better flow of information and a better cooperative approach can be developed. One of such visits will take place on late July and it will include Prof. Richmond and Dr. Vonshak.

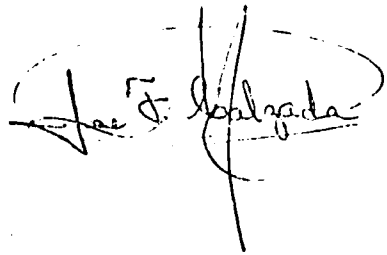
The first research experiences in Israel will include:

1. A fast screening of algae using the kraft pulp mill effluents (The first group of algae to be used is: Spirulina, Anabaena, Chlorella).

2. A chemical characterization of the medium, in order to follow the fate of some compounds in the treatment plant, will be carried out. Standard procedures will be sought by both research groups.
3. Based on the above described activities, some chemostat experiments will be carried on to find the best operating conditions for a pilot plant operation. The experiment will include the effect of dilution rate on biomass production, as well as on the water quality.
4. If considered necessary, a person from ICAITI will be trained in Israel for about a month to prepare the transfer of technology of algal cultivation.

Raw materials for the experiments (crude wastewater and effluents from the anaerobic digester) will be sent from Guatemala for the experiments in Israel, as soon as possible.

Avigad Vornshak

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Jose F. Galzada". The signature is written in a cursive style with a large, sweeping flourish at the end.

APPENDIX C

References

- Cecchi F, Ganapini W, Traverso PG, Vallini G. 1986. Anaerobic treatment of chemical wastes. EEC Contractors Meeting, R&D Programme on Recycling of Wastes. Villeneuve d'Asq, March 4-6
- Guthrie MA, Kirsch EJ, Wukasz RF, CP Grady. 1984. Pentachlorophenol biodegradation II: Anaerobic. Water Res 18 (4) 451-461
- Hakulinen R, Woods S, Ferguson J, Benjamin M. 1985. The role of facultative anaerobic microorganisms in anaerobic biodegradation of chlorophenols. Presented at IAWPR Speciality Conference on Treatment of Forest Products Industry Wastes
- Moos LP, Kirsch EJ, Wukasz RF, Grady CPL. 1983. Pentachlorophenol biodegradation I: Aerobic. Water Res 17 1575-1584
- Pellinen J, Salkinoja-Salonen MS. 1985. Characterization and biodegradability of lignin containing wastewater from forest industry. Proc. 4th European Symp Organic Micropollutants in the Aquatic Environment. Vienna 22-24 October
- Salm H, Brunner M, Schoberth SM. 1986. Anaerobic degradation of halogenated aromatic compounds. Microbial Ecol. In Press
- Salkinoja-Salonen MS, Apajalahti J, Silakoski L, Hakulinen R. Anaerobic fluidised bed for the purification of effluents from chemical and mechanical pulping. Biotech Adv 2: 357-375
- Salkinoja-Salonen MS, Hakulinen RR, Silakoski L. 1983. Reinigung von Abwassern der Zellstoff-und Papierindustrie mit dem Enso-Fenox-TM Prozess. Das Papier 37 (10A) 53-60
- Salkinoja-Salonen MS, Hakulinen R, Silakoski L, Apajalahti J, Blackström V, Niemiahö-Lassila EL. 1985. Fluidized bed technology in the anaerobic treatment of forest industry wastewaters. Wat Sci Tech 17: 77-88
- Salkinoja-Salonen MS, Hakulinen R, Valo R, Apajalahti J. 1983. Biodegradation of recalcitrant organochlorine compounds in fixed film reactors. Wat Sci Tech 15: 309-319
- Salkinoja-Salonen MS, Valo R, Apajalahti J. 1986. Anaerobic treatment potential of liquid and solid forest industry wastes. EEC Contractors Meeting, R&D Programme on Recycling of Wastes, Villeneuve d'Asq, March 4-6
- Salkinoja-Salonen MS, Valor R, Apajalahti J, Hakulinen R, Silakoski L, Jaakkola T. 1984. Biodegradation of chlorophenolic compounds in wastes from wood-processing industry. MK Klug, CA Reddy (ed) Current Perspectives in Microbial Ecology, ASM Washington DC: 668-676
- Woods S. 1986. The fate of chlorinated, hydroxylated and methoxylated benzenes in anaerobic wastewater treatment. PhD Thesis Univ Washington, Dept Civil Engineering



INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
(ICAITI)

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY

Avenida La Reforma 4-47, Zona 10
GUATEMALA, C. A.

COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

Apertado Postal 1552

Tele.: 5912 ICAITI-GU

Teléfono: 310031/5

Cables: ICAITI

PROGRESS REPORT

HIGH RATE ANAEROBIC DIGESTION AND HIGH RATE OXIDATION PONDS

PCD-5544-G-SS-5100-00

ICAITI Personnel

Liliana Padilla de Barrios
Jon Zabala
María del Carmen de Arriola
Jaime Valladares

José Francisco Calzada
Project Leader

Carlos Rolz
Head, Applied Research Division

Francisco Aguirre B.
Director ICAITI

XN-ABC-219-A

61830.

CS-328

PROGRESS REPORT

STUDY OF A NON-CONVENTIONAL SYSTEM OF INDUSTRIAL WASTEWATER

TREATMENT: HIGH RATE ANEROBIC DIGESTION AND HIGH RATE

OXIDATION PONDS

NOV 21 1988

PROGRESS REPORT

STUDY OF A NON-CONVENTIONAL SYSTEM OF INDUSTRIAL WASTEWATER
TREATMENT: HIGH RATE ANEROBIC DIGESTION AND HIGH RATE
OXIDATION PONDS

Grant No. PDC 5544-G-SS-5100-00

(C5-328)

Presented by ICAITI to

AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

(AID)

Guatemala, December 1987

1. INTRODUCTION

The Agency for International Development of the United States of America contracted ICATII to carry on a study of a non-conventional system of industrial wastewater treatment, under the terms and conditions of Grant FDC-5564-0-35-5100-00, amended October 29 and November 4, 1987. ICATII subcontracted the fungal Biotechnology Laboratory of the Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben Gurion University of the Negev (Israel), to obtain technical services regarding the high rate algal cultivation. A second subcontract was established with the "Centro de Investigación y Estudios Avanzados" (Center for Research and Advanced Studies) of the "Instituto Politécnico Nacional" (National Polytechnic Institute) of Mexico. The second contract was the result of the need to obtain enough amount of the kraft pulp mill wastewaters, since the plant in Guatemala has not yet started operations.

The original objectives of the program were:

1. Characterization of the various effluents from a newly built kraft pulping mill
2. Study of the high rate anaerobic digestion of a selected wastewater from the kraft mill
3. Study of a photosynthetic system that can treat the effluent from the digester in a high-rate oxidation pond
4. Operation of a bench scale system for the treatment of the selected mill wastewater, incorporating the results of the two technologies explored.

The present progress report covers the period from September 1, 1986 to December 31, 1987. The period has been extended to include complete sets of data and the above mentioned amendments.

2. TREATMENT OF BLACK LIQUOR CONDENSATES FROM THE KRAFT PULP PROCESS USING A TWO-STAGE ANEROBIC DIGESTOR

2.1 Background

The treatment of pulp and paper effluents, and more specifically, through anaerobic processes, has been reviewed by several authors (Cocci et al, 1982; Gillespie, 1984; Salkinoja-Salonen et al, 1983; Webb, 1984 being some examples). One of the disposal problems is presented by the condensates from the black liquor in the sulfate and sulfite processes.

Norrman (1983) treated the condensate from the evaporation of Kraft black liquor using three types of reactors: a) packed bed, b) expanded bed and c) fluidized bed. The last two units required recirculation and the third also some dilution. A COD reduction of more than 80% was obtained with volumetric loads of 2 kg COD/m³-day in (a), 10 kg COD/m³-day in (b) and 13 kg COD/m³-day in (c). Loading rates of 1.5 - 2.0 kg COD/m³-day gave reductions of 30 - 70 %, with gas productions of approximately 0.5 m³/m³-day and specific methane productions of 0.35 m³/kg COD degraded (Norrman, 1984).

In a recent work, Hinami et al (1986) found that the condensate stream from a Kraft mill could not ferment continuously under anaerobic conditions. The effect was attributed to the presence of an inhibitor, an oily material. Once this material had been removed through the use of concentrated sulfuric acid and diatomite filter aid, the residual liquid could be fermented easily, with minimum hydraulic retention time of 9.64 days, maximum BOD removal rate of 11.47 kg/m³-day and biogas production 82-87% of the theoretical production volume. The anaerobic reactor was filled with activated anaerobic sludge, pumice stone and either model wastewater or raw condensate with mineral additives. Total BOD loads range from 0.77 to 5.54 kg/m³-day.

The objective of the present study was the evaluation of the capacity of anaerobic reactors using sponge surfaces to treat the raw condensates from Kraft pulping. The sponges were made of unreticulated polyurethane and they have proved to be useful, as support for bacterial growth, in the treatment of other polluting effluents (Calzada et al, 1984a).

2.2 MATERIALS AND METHODS

The condensates were generated in the laboratory following the Kraft process. The black liquors from the digestion were evaporated to obtain the condensate, the usual effluent in the industry.

The reactors were Allihn condensators with the internal chambers containing small cubes of unreticulated polyurethane foam sponges (0.02m.x 0.02m.x0.02m.). The reactors were fed twice a day from the bottom and discharged from the top. The colonization by anaerobic bacteria was done using effluents from an active methanogenic reactor mixed with the condensate.

The hydraulic residence times in these semicontinuous reactors were calculated from the daily liquid input. Analysis of the feed and effluent was done as described elsewhere (Calzada et al, 1984b). Gas production was determined using inverted glass cylinders filled with water.

2.3 RESULTS AND DISCUSSION

The results of the COD reduction are shown in Table 1. It can be seen that, without recirculation, maximum loads for the semicontinuous system are in the range of 0.75-1.97 kg COD per cubic meter of digester per day. The COD reductions for these loads were in the range of 75-91 %, leaving COD levels usually below 200 mg/l, which can be discharged directly into the disposal systems or further purified using algal ponds.

The COD reduction values agree with those of Norman (1984) for high-rate systems without recirculation.

The gas production rates and the pH values of the effluents are presented in Table 2. As it could be expected, the gas rates are relatively low, due to the loading rates used.

The results demonstrated the technical feasibility of treating the kraft mill condensates using anaerobic reactors in which the microflora is adhered to unreticulated polyurethane foam surfaces within the reactor. Hydraulic retention times of one day were found to be adequate for semicontinuous systems.

2.4 REFERENCES

Calzada, J. F.; Arriola, M. C.; Castañeda, H. O.; Godoy, J. E. and Rolz, C.: 1984 a: METHANE FROM COFFEE PULP JUICE: EXPERIMENTS USING POLYURETHANE FOAM REACTORS. *Biotech. Lett.* 6 (6) 385-388

Calzada, J. F.; Porres, E.; Yarrita, A.; Arriola, M. C.; Micheo, F; Rolz, C.; Menchú J. F. and Cabello, A.: 1984 b: BIOGAS PRODUCTION FROM COFFEE PULP JUICE: ONE AND TWO PHASE SYSTEMS. *Agric. Wastes* 9 (3) 217-230

Cocci, A. A.; Landino, R. C.; Viraraghavan and Brown, G. J.: 1982: ANAEROBIC TREATMENT OF PULP AND PAPER WASTES. *Pulp and Paper Canada* 83 (9) 70-78

Gillespie, W. J.: 1984: PULP AND PAPER EFFLUENT MANAGEMENT. *J. Water Poll. Contr. Fed.* 56 (6) 643-647

Minami, K; Horiyama, T.; Tasahi, M. and Ianimoto, Y.: 1986: METHANE PRODUCTION USING A BIO-REACTOR PACKED WITH PUNICE STONE ON AN EVAPORATOR CONDENSATE OF KRAFT PULP MILL. *J. Ferm. Technol.* 64 (6) 529-532

Norman, J.: 1983: ANAEROBIC TREATMENT OF A BLACK LIQUOR EVAPORATOR CONDENSATE FROM A KRAFT MILL IN THREE TYPES OF FIXED-FILM REACTORS. *Water Sci. Technol.* 15 (8-7) 247-257

Norman, J. and Harbuvoid, R.: 1984: ANAEROBIC TREATABILITY OF WASTEWATERS FROM PULP AND PAPER INDUSTRIES. *Biotechnology Advances* 2 (2) 329

Sallinen-Salonen, M.; Vale, R; and Apajalahti, J.: 1983: TREATMENT OF PULP AND PAPER INDUSTRY WASTEWATERS IN AN ANAEROBIC REACTOR: FROM BENCH SIZE UNITS TO FULL SCALE OPERATION. *Proceed. 3d. Int. Symp. on Anaerobic Digestion.* Boston, Mass., U. S. A. (August) 107-122

TABLE 1 ANAEROBIC TREATMENT OF KRAFT CONDENSATES
(REDUCTION OF CHEMICAL OXYGEN DEMAND)

H R T (days)	COD Load (g/l/day)	COD reduction Col. A (%)	COD reduction Col. B (%)
2	0.37	82.2	84.2
2	0.37	82.2	84.7
2	0.37	83.6	84.2
2	0.55	94.1	94.7
2	0.55	84.9	84.9
2	0.99	83.2	81.3
1	0.86	77.9	84.0
1	0.86	89.4	88.5
1	0.86	89.4	89.4
1	0.77	90.8	88.4
1	0.77	70.2	74.7
0.5	2.08	33.6	37.0
0.5	1.61	13.3	17.9
0.5	1.90	39.8	44.3

TABLE 2 ANAEROBIC TREATMENT OF KRAFT CONDENSATES
(GAS PRODUCTION RATES AND pH VALUES)

H R T	Column A		Column B	
	Gas Prod. (v/v/d)	pH	Gas Prod. (v/v/d)	pH
2	0.044	6.80	0.044	6.80
2	0.031	6.85	0.019	6.80
2	0.044	6.85	0.062	6.95
2	0.079	6.40	0.081	6.40
2	0.071	6.40	0.078	6.40
2	0.052	6.80	0.064	6.75
1	0.025	6.75	0.018	6.80
1	0.010	6.90	0.010	6.90
1	0.025	7.00	0.032	7.05
1	0.035	6.90	0.028	6.80
1	0.032	6.80	0.025	6.70
0.5	0.012	6.30	0.012	6.70
0.5	0.012	6.10	0.000	6.20
0.5	0.038	6.40	0.012	6.40

3. ALGAL GROWTH ON EFFLUENTS FROM THE ANAEROBIC DIGESTION OF KRAFT CONDENSATES

3.1 BACKGROUND

Based on the terms of the contract between the Algal Biotechnology Laboratory (Ben Gurion University of the Negev, Israel) and ICAITI, a staff member of the last institution stayed with the Israeli group for two weeks, for an intensive training program on algal growth techniques. It included basic aspects of these techniques and of measurement of algal growth as well as some detailed experiments to evaluate the algal growth in the effluents from the anaerobic digestion of condensates of evaporation of kraft black liquors.

A first set of experiments were carried on during the stay of Mrs. Liliana de Barrios in the Algal Biotechnology Laboratory. Two additional sets were done afterwards by the personnel of the Laboratory. The results from these last ones were reported to ICAITI (See Annex 1).

3.2 MATERIALS AND METHODS

For the experiments with the effluents, the raw material was prepared at ICAITI as described in part 2 of this report and sent to Israel via courier mail. The general characteristics of the effluent used for the assays were:

Chemical Oxygen Demand: 134 mg/l (following an 83.7% reduction of COD in the anaerobic digester at ICAITI)

Nitrogen: 0.001 (Approx.)

Phosphate: 15 mg/l

pH: 7.0

Conductivity: 225 micro mho.

The laboratory techniques for the cultivation of microalgae have been described (Vonshak, 1986). For the experiments with the effluents, two algal strains were selected: *Spirulina* sp. and *Anabaena variabilis* 7120, both from the culture collection of the Algal Biotechnology Laboratory (ABL). The *Spirulina* was selected because its known potential as animal feed material, while the *Anabaena* is a nitrogen-fixer.

The growth was done in simple homogeneous batch culture. For each set of experiments, nutrients were provided as a basic group of salts (*Spirulina* medium and BG-11 for *Anabaena*; Vonshak, 1986). The salts were dissolved in different mixtures of condensate effluent and pure water, in order to assess the inhibitory effect of the effluent.

HI

The algal growth was monitored using a turbidimetric instrumental method (Klett-Summerson colorimeter) and through a rapid chemical method for chlorophyll a determination. This last method was a modification of the above reference. The separation of the cells by centrifugation (5 minutes, 3000 RPM) was followed by extraction of the pigments with an equal amount of methanol, heated to 70 °C. A further centrifugation step (5 minutes, 3000 RPM) yielded an supernatant whose absorbance was read at 665 nm., using a methanol reference. The reading was multiplied by an experimental factor of 13.9 (for blue-green alga) in order to obtain the chlorophyll a concentration in micrograms per liter.

The growth data was presented in the form of logarithmic graphs, to compare the results on similar basis.

The pH determinations were performed using a potentiometer.

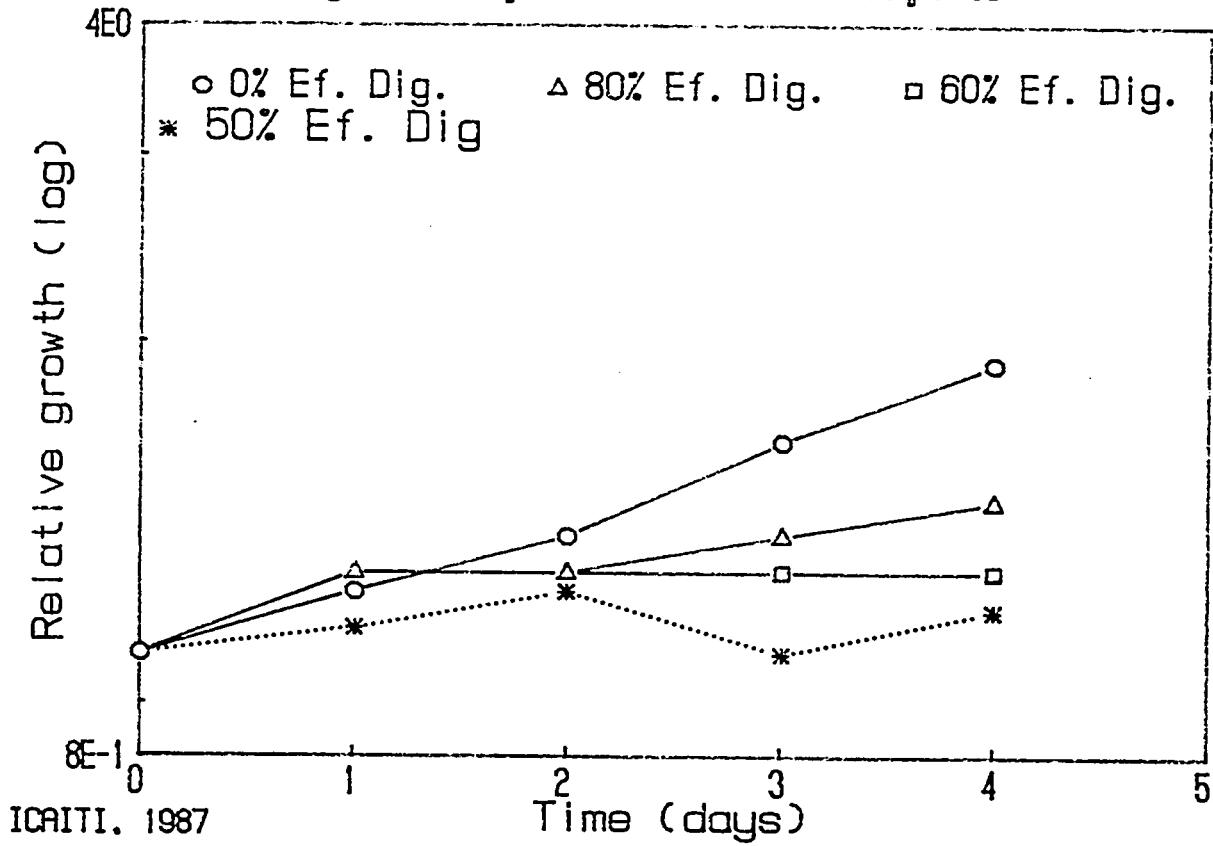
3.3 RESULTS AND DISCUSSION

The growth of the alga, measured by chlorophyll a, is presented in graphs 1 to 6; measured by turbidimetry, in graphs 7 to 12. It can be seen that the results are better for *Spirulina* than for *Anabaena*, in terms of relative growth. However, the behaviour of *Anabaena* showed that an improvement of the growth rate occurred when the digester effluent was used, specially in the 50% dilution (Graphs 3,5,9 and 11). The trend is repeated in the experiments. When 50% effluent was used, the growth rates of this alga reached almost the same values than *Spirulina*, under similar conditions.

3.4 REFERENCE

Vonshak, A.: 1986: Laboratory Techniques for the cultivation of Microalgae, in CRC HANDBOOK OF MICROALGAL MASS CULTURE, CRC Press Inc., Boca Raton, FA, 117-143

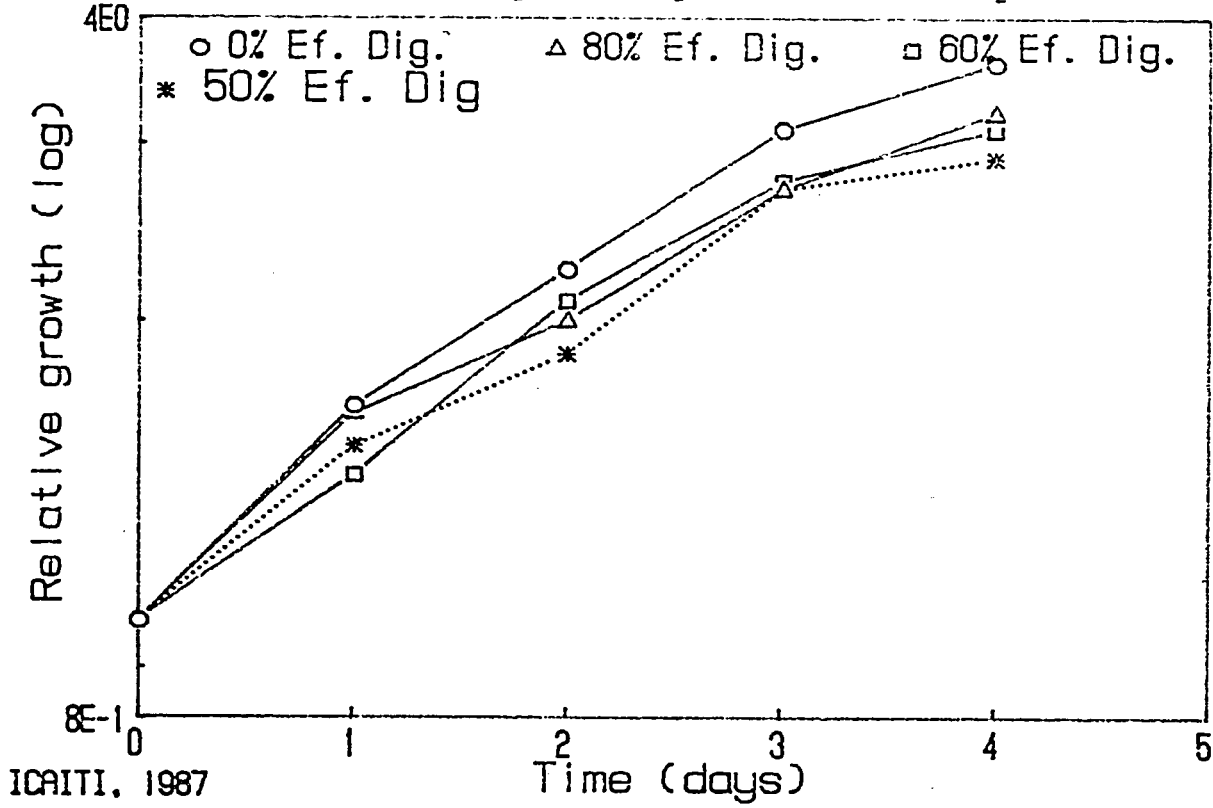
Graph 1 Growth of *Anabaena variabilis*
Dig. Effl. plus BG-11 salts (Exp. 1)



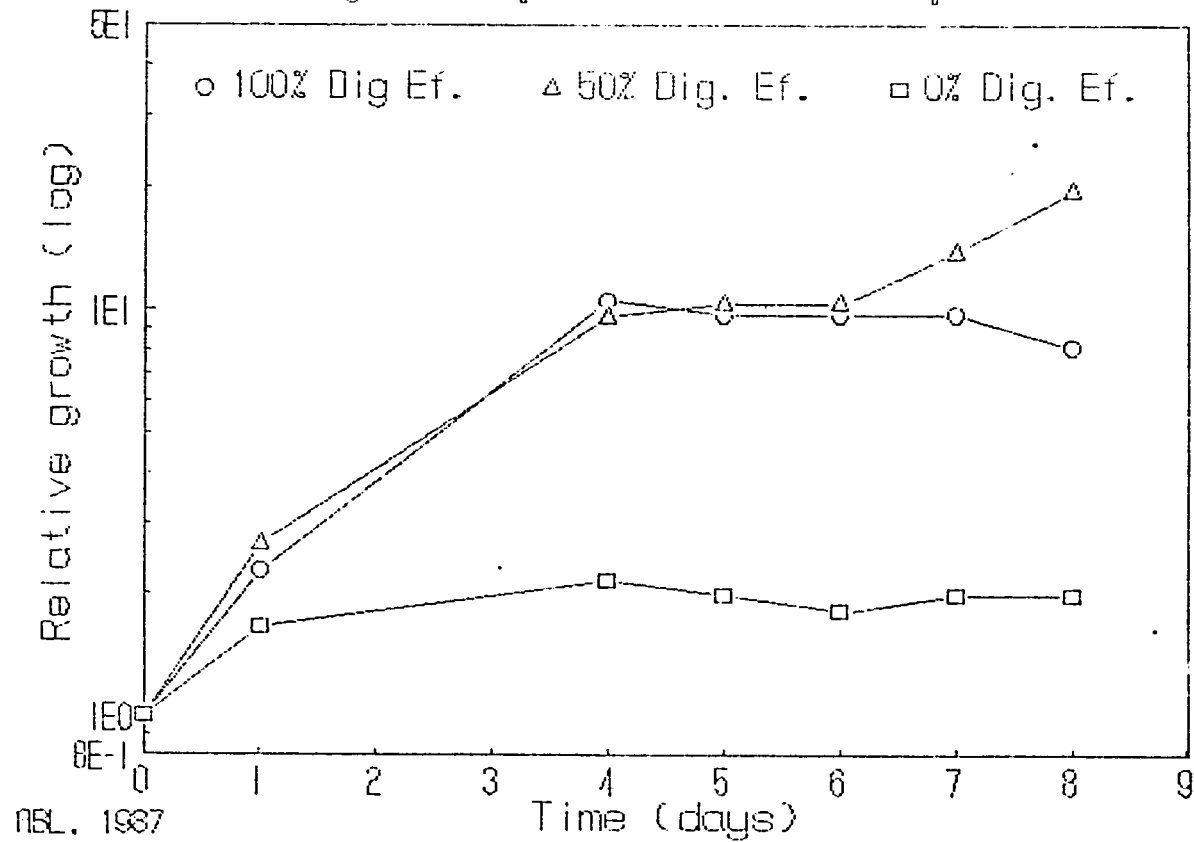
ICAITI, 1987

Graph 2 Growth of Spirulina

Dig. Effl. plus Sp. salts (Exp. 1)



Graph 3 Growth of *Anabaena variabilis*
 Dig. Effl. plus BE-11 cells (Exp. 2)



Graph 4 Growth of *Spirulina* sp.

Fig. 6661. plus Sp. walk (Exp. 22)

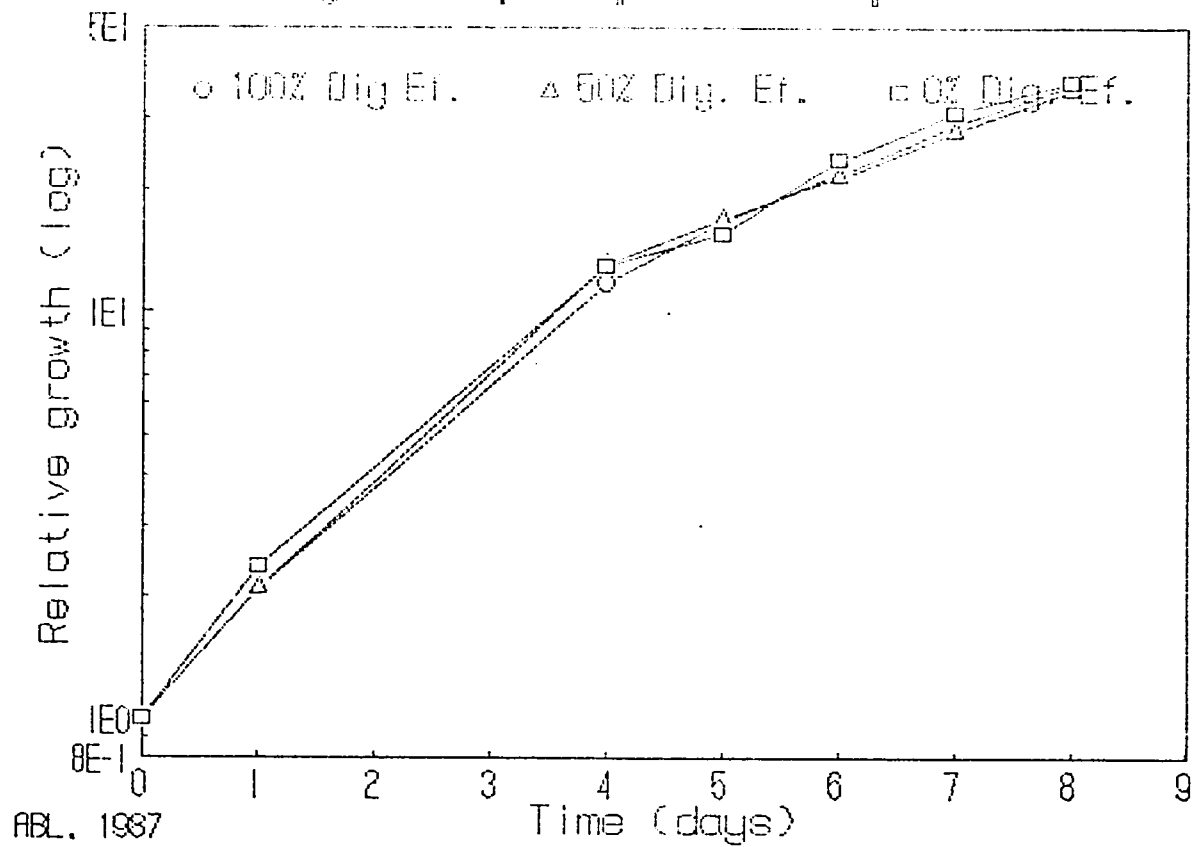
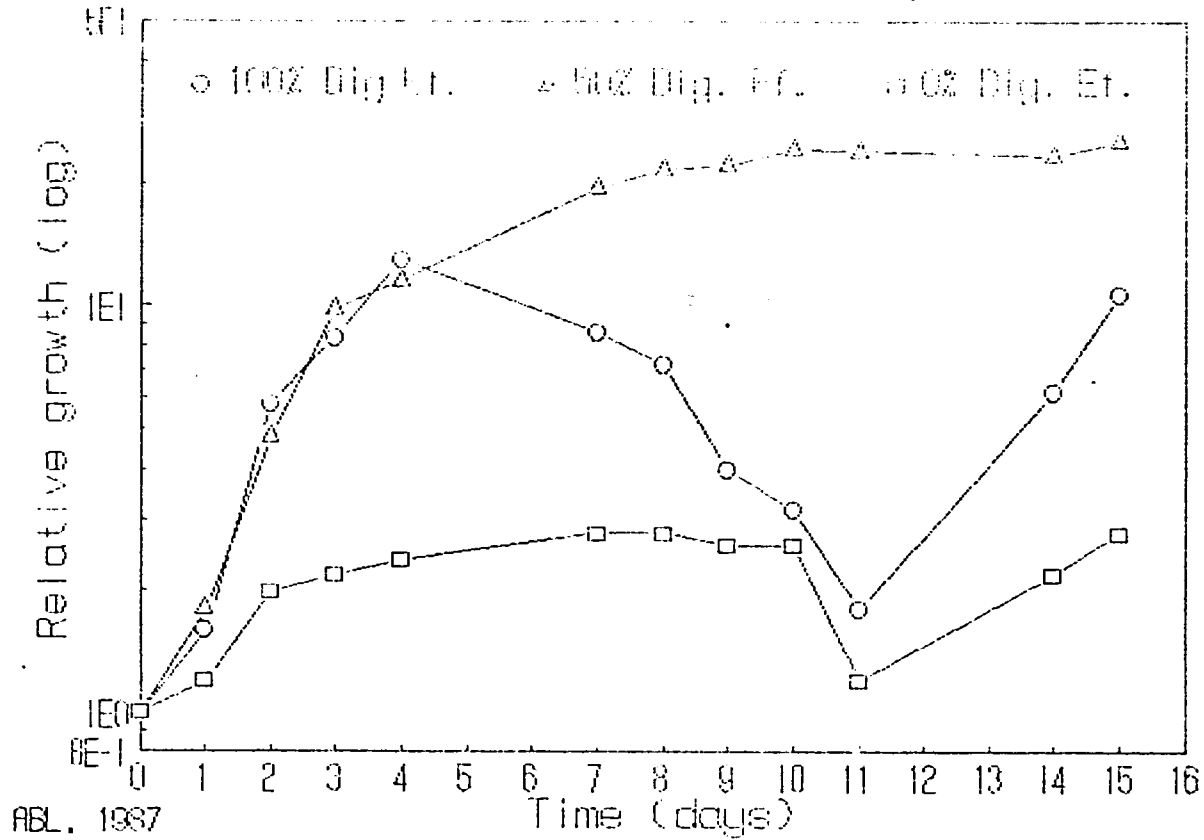
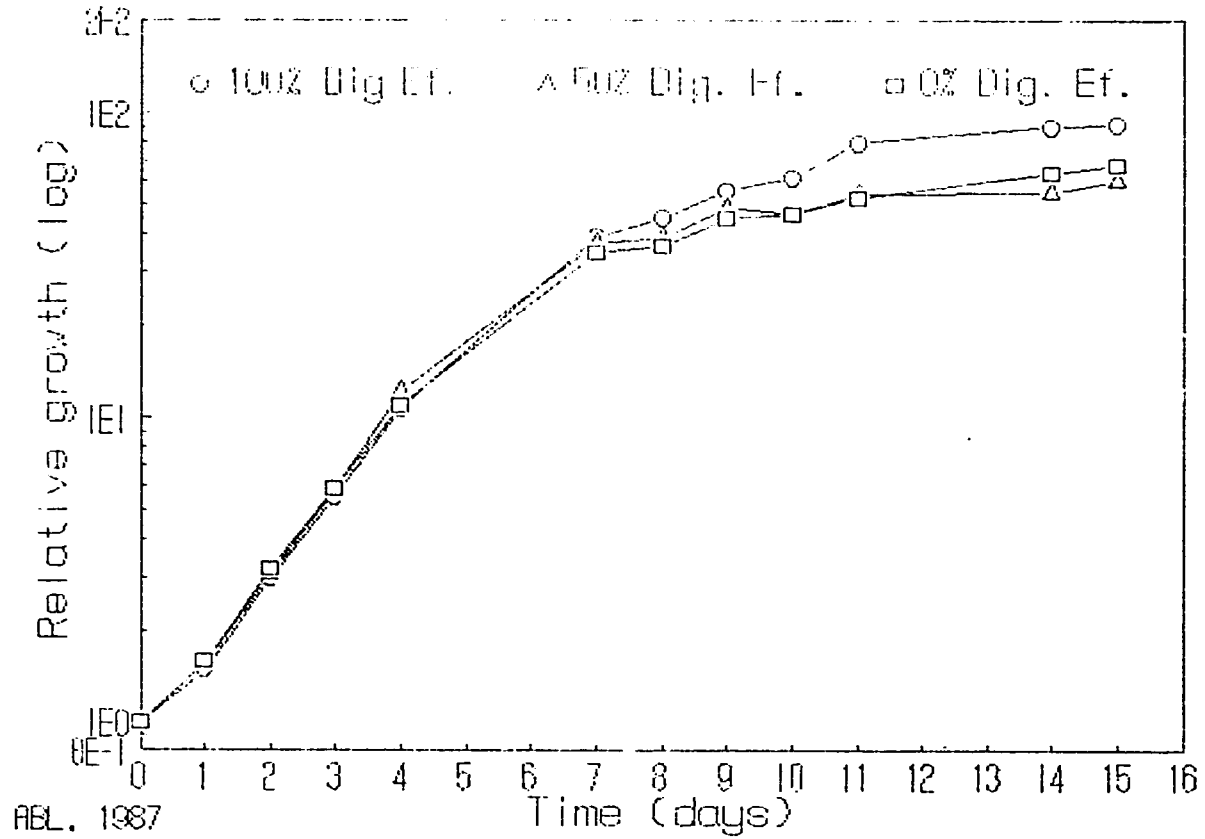


Figure 15. Growth of *Ascaris suum* larvae in 100% (O), 50% (Δ), and 0% (□) dig. Et. (Fig. 15).
 Dig. Et. = digested egg; A. suum = *Ascaris suum*; larvae = larvae; O, Δ, □ = symbols for 100%, 50%, and 0% dig. Et. respectively.



Graph 6 Growth of Spirulina

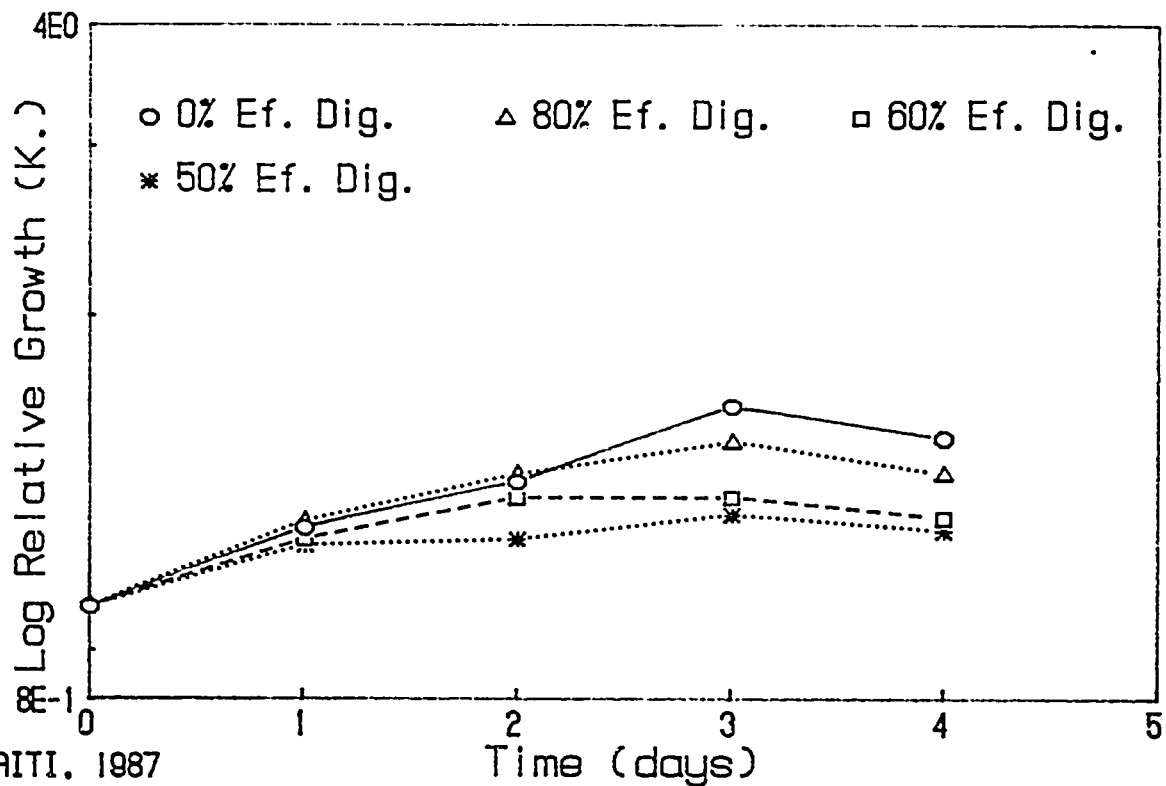
Fig. 1971. p. 110. Biol. Med. and Exp. 30



Graph 7 Growth of *Anabaena variabilis*

Dig. Effl. plus BG-11 salts (Exp. 1)

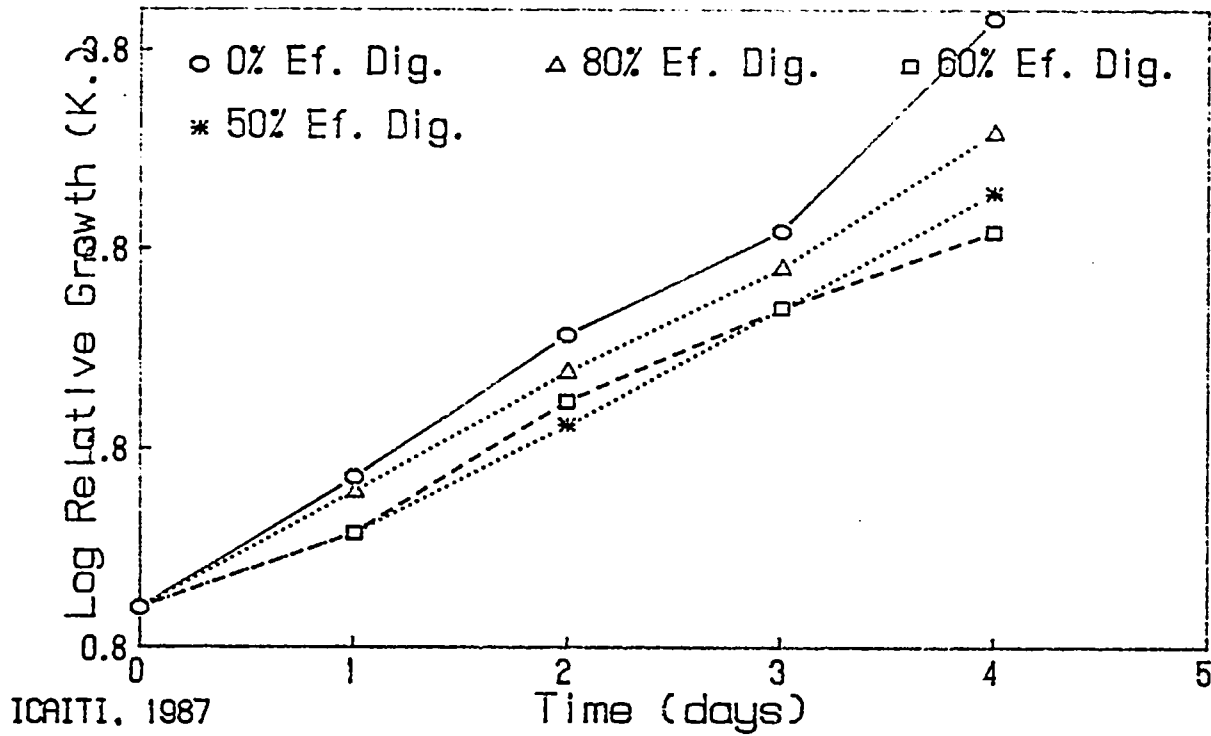
Measurement in Klett units



Graph 8 Growth of Spirulina

Dig. Effl. plus Sp. salts (Exp. 1)

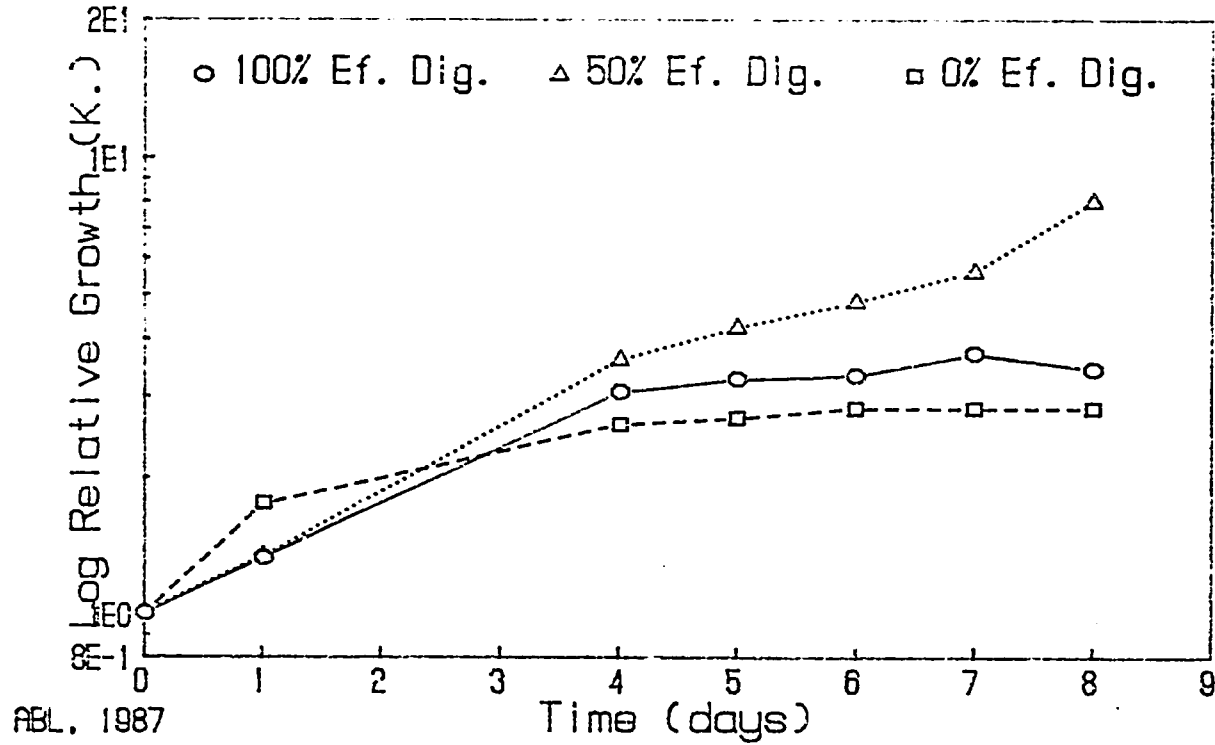
Measurement in Klett units



Graph 9 Growth of Anabaena

Dig. Effl. plus BG-11 salts (Exp. 2)

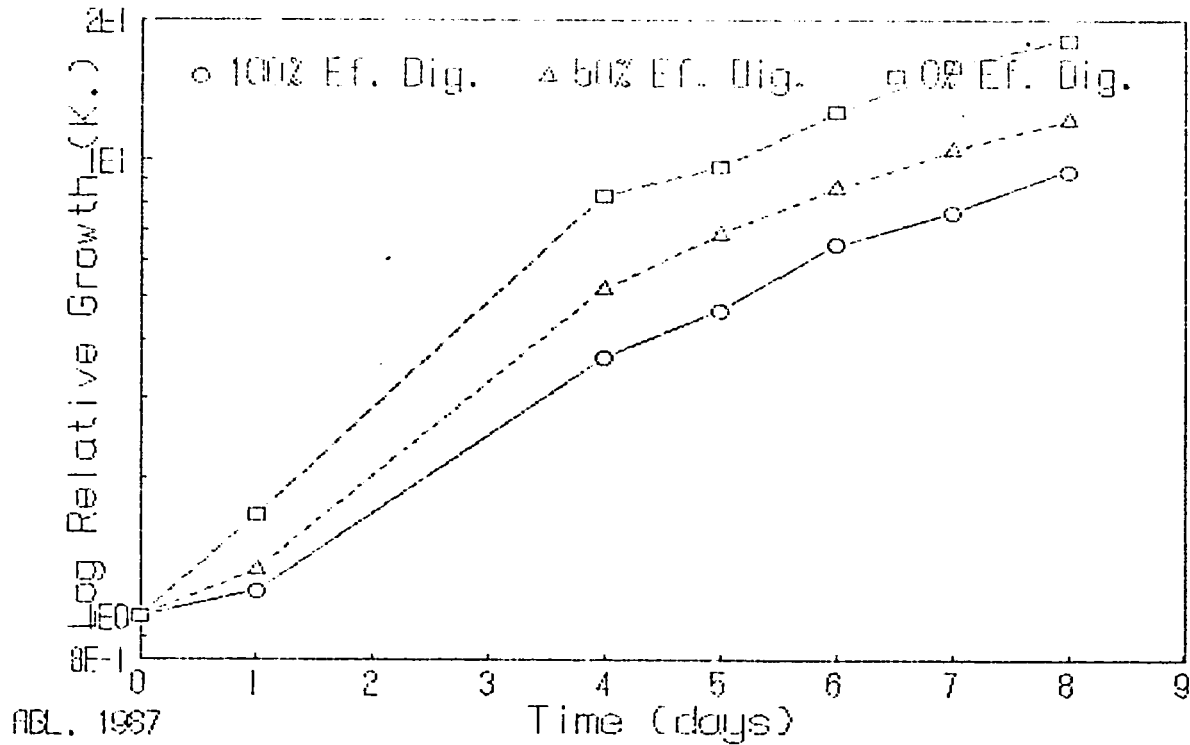
Measurement in Klett units



Graph 10 Growth of Spirulina

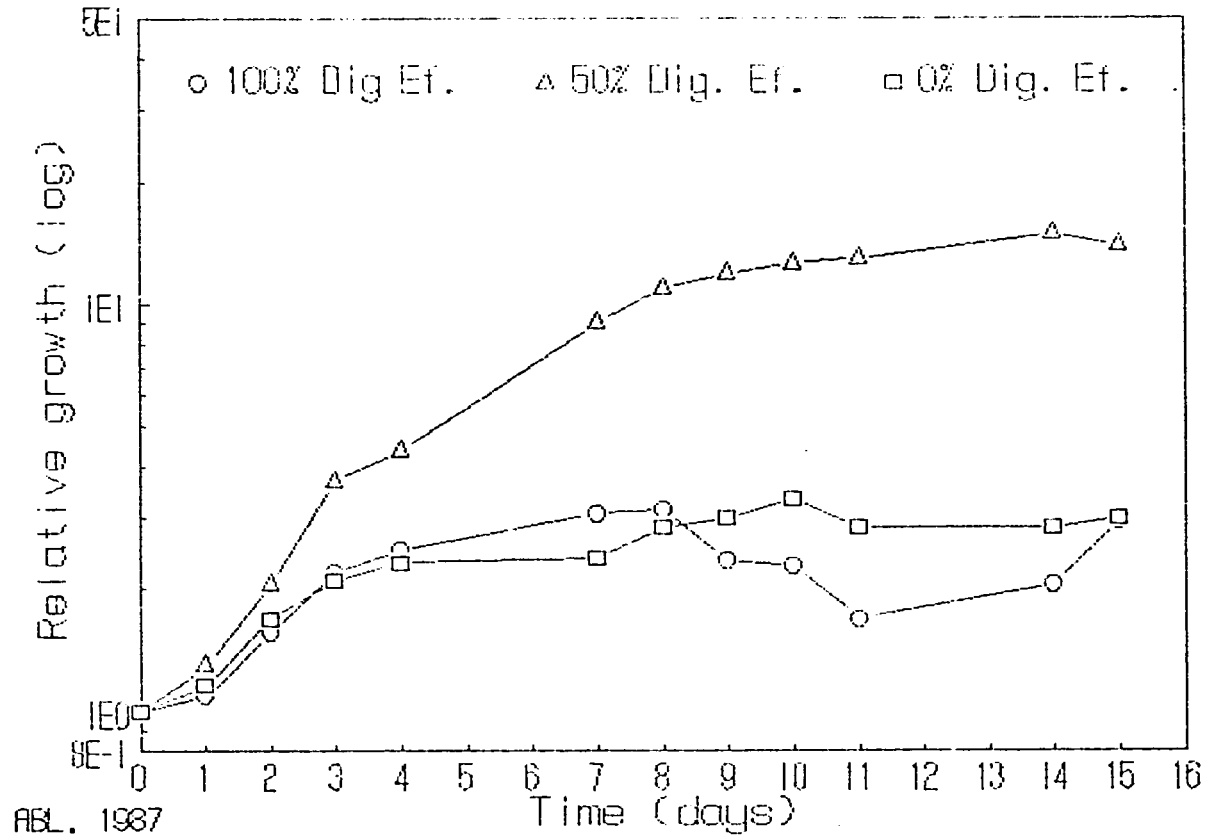
Dig. Effl. plus Sp. cells (Exp. 2)

Measurement in Klett units



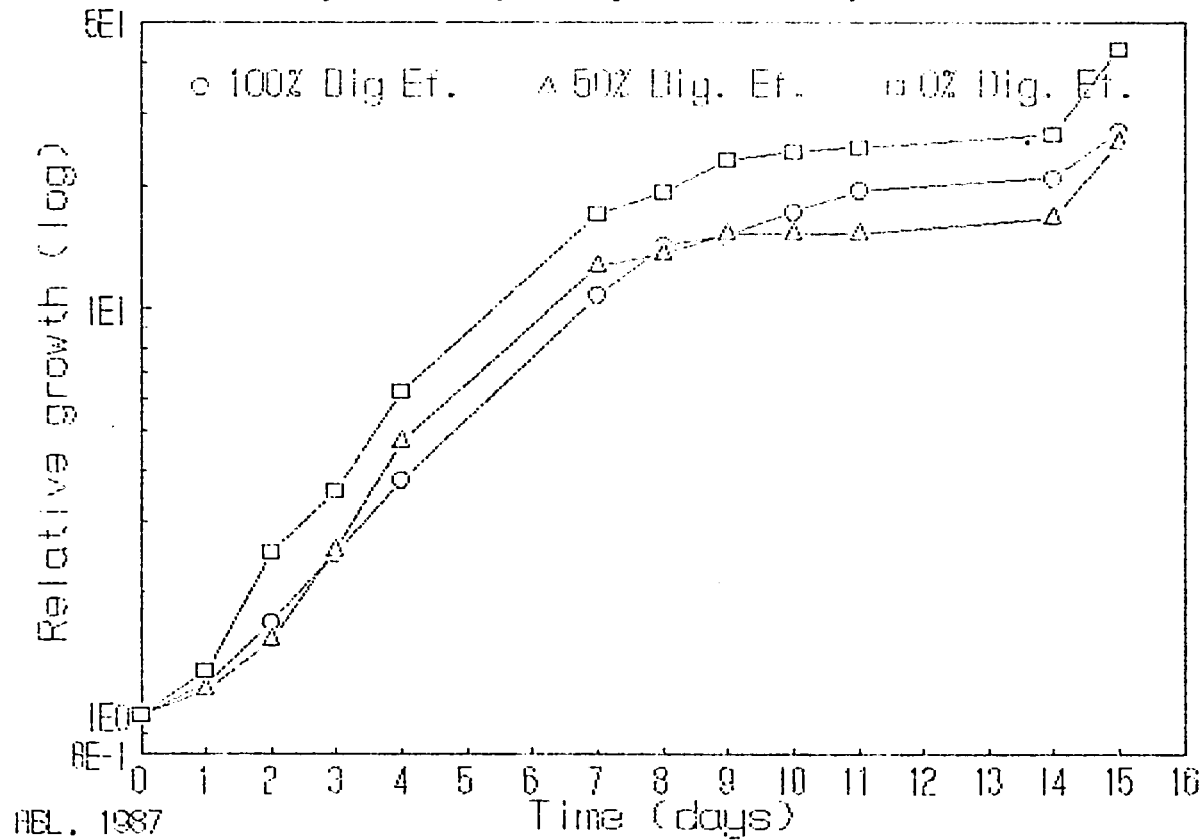
Graph 11 Growth of *Amoeba variabilis*

Dig. Eff. plus 10% salt (Exp. 3) K U



Graph 12 Growth of Spirulina

Dig. Eff. plus Sp. with (Exp. 2) K. U.



4. ACTIVITIES WITH CINVESTAV (IPN-MEXICO)

4.1 Background

Due to the uncertain start-up of the pulp mill described in the program of contract CS-329, the lack of real industrial wastewater became the major obstacle for the work. Simulated effluents were being obtained in pilot plant operations at ICAITI, but the amount was not enough for the assays of alternative digester designs.

Following a meeting with Dr. Irving Asher, it was decided to include another working group of Latin America within the project. The selected group was the Department of Biotechnology and Bioengineering of the Center for Advanced Studies (CINVESTAV), National Polytechnic Institute, Mexico. The person in charge of the collaborative program is Prof. Héctor Paggi.

The decision was accepted by all parties of the program and a contract was signed between ICAITI and Cinvestav on May, 1987 (See Annex 2).

According to the contract, CINVESTAV will carry on the following activities:

- a) Chemical characterization of the liquid effluents from a kraft pulp mill using chips of Pinus
- b) Construction and operation of three laboratory anaerobic reactors (fluidized bed, anaerobic filter and hybrid unit with sludge chamber and sponge modules) using condensates from the evaporation of black liquors
- c) Reduction of the hydraulic residence time of the three reactors to one day or less and comparison of the operational results
- d) Adaptation of two anaerobic reactors to the bleach effluent
- e) Reduction of the hydraulic residence time of the above reactors
- f) Delivery of samples of raw and treated effluents to ICAITI and the University of the Negev, as required for the project
- g) Preparation of progress and final reports
- h) Coordination meetings in Mexico and Guatemala.

The group at Cinvestav started work following a planning visit of Eng. José F. Calzada to Mexico. The activities a) and b) are in progress and a preliminary report has been sent (see Annex 3).

A brief description of the results is presented here. A more complete account will be included in future progress reports, with more definitive results.

4.2 Characterization of Kraft pulp mill effluents.

A Mexican pulp and paper mill provided samples of condensate from the evaporation of digestion liquor and of the combined bleaching effluents (Condensate 1 and Bleaching Liquor 1, respectively).

A large amount of condensate was sent to the laboratory for the treatability tests and the start-up of the reactors. This was called Condensate 2.

The characteristics of the effluents were as follows:

Parameter	Condensate 1	Bleach L. 1	Condensate 2
COD (mg/l)	1080	515	1240
FOD (mg/l)	385	110	880
Total Solids (%)	23	155	20
Volat. Sol. (%)	9	40	18
pH	7.6	9.9	9.3
Alkalinity (%)	10.1	32.6	6.4
Conductivity	200	1500	180
N (%)	1.2	---	1.4
Sulphate (%)	1.7	1.0	4.2
Sulphide (%)	0.2	---	0.3
Phosphorus (%)	0.2	0.9	0.2

Methanol, ethanol and acetone were almost absent in the condensates.

From the above results, it seems that the bleaching liquors were diluted before the point where the sample was taken, since the COD values are unusually low. The pH value is much higher than expected. The factory explained that they use a bleaching stage with hydrogen peroxide. This may be the reason why these results do not coincide with those in the technical literature.

The next samples will be obtained from another kraft pulp mill. Current work is being carried on with condensate 2.

4.3 CONSTRUCTION OF ANAEROBIC DIGESTORS

Three glass columns were selected as reactors. Two of them have enlarged upper chambers (fluidized bed and hybrid reactors).

The first reactor was an anaerobic fluidized bed, with activated carbon (500 microns particle diameter) as support material. The granulated carbon was obtained in Mexico, ground and screened. The fraction between screens 30 and 40 was washed three times with hot water, dried and loaded into the reactor. The unit was named RANLEF by Prof. Foggi.

The second reactor was a hybrid unit with small, modular surfaces of plastic covered by unreticulated polyethylene foam in the upper half. The bottom was left as a chamber for the accumulation of sludge. The unit was named RANPAL in the report by Prof. Foggi.

The third reactor was an anaerobic filter, filled with three different layers: corrugated PVC, marble stones and pumice. The name given by Prof. Foggi to this reactor: ELISEH.

The Table 3 indicates the characteristics of the three columns, while the Table 4 presents those of the support materials used.

The three reactors were kept in a room with controlled temperature of 32 °C. Recirculation is necessary in the case of the RANLEF and convenient for the stability of the other two. The gas generated was collected in inverted glass cylinders over water. The inoculum was a mixture of deep soil, cattle and pig manures, sodium carbonate and bicarbonate and water, which had been screen through mesh 50 and 40. An artificial wastewater was prepared for the start-up, including sucrose, acetic acid, sodium carbonate and bicarbonate, potassium acid phosphate, ammonium chloride and water. The artificial wastewater was mixed with the inoculum over the particulated or continuous support media within the reactor. An inert gas was used to eliminate air from the reactors.

A more detailed account of the start-up procedure and the characteristics of the anaerobic reactors appear in the report from Prof. Foggi (Annex 3).

Table 3 CHARACTERISTICS OF THE REACTORS

Element	RANLEF	RANMAL	FIBAN
Material of Column	glass	glass	glass
Crosssectional Area	11.86cm ²	11.26 cm ²	11.26 cm ²
Height	1.54 m	1.65 m	1.39 m
Expansion Chamber (Height x Diam.)	0.08x0.1 m	0.05x0.07 m	---
Lateral outlets	7	6	7
Total Volume	3.0 l	2.45 l	2.2 l
Working Volume	2.8 l	2.15 l	2.05 l

TABLE 4 CHARACTERISTICS OF THE SUPPORT MEDIA

	FUMICE	MAR. STONES	ACT. CARBON
Apparent density	0.58 g/ml	1.34 g/ml	0.41 g/ml
Real density	2.72 g/ml	3.15 g/ml	2.14 g/ml
Void space	78.7 %	57.5 %	80 %
Geometric diameter	2.17 cm	1.81 cm	0.05 cm
Min. specific area	54 m ² /m ³	87 m ² /m ³	5340 m ² /m ³

Note: the PVC had a void space of 95% and approximately 223m²/m³ minimum specific area; the unreticulated polyurethane foam had approximately 94% void space and 128 m²/m³ minimum specific area. The areas did not take into account the pores.

5. FINANCIAL STATEMENT

16-Feb-88

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE INVESTIGACION Y TECNOLOGIA
INDUSTRIAL Y CAJON
HIGH RATE ANAEROBIC DIGESTION AND HIGH RATE OXIDATION PONDS
GRANT Nr PDC-5544-G-SS-5100-00 (C5-328)
THIS PERIOD: OCTOBER THRU DECEMBER, 1987
PRIOR PERIOD: SEPTEMBER 1985 THRU SEPTEMBER 1987

FINALIZATION DATE: NOVEMBER 1989

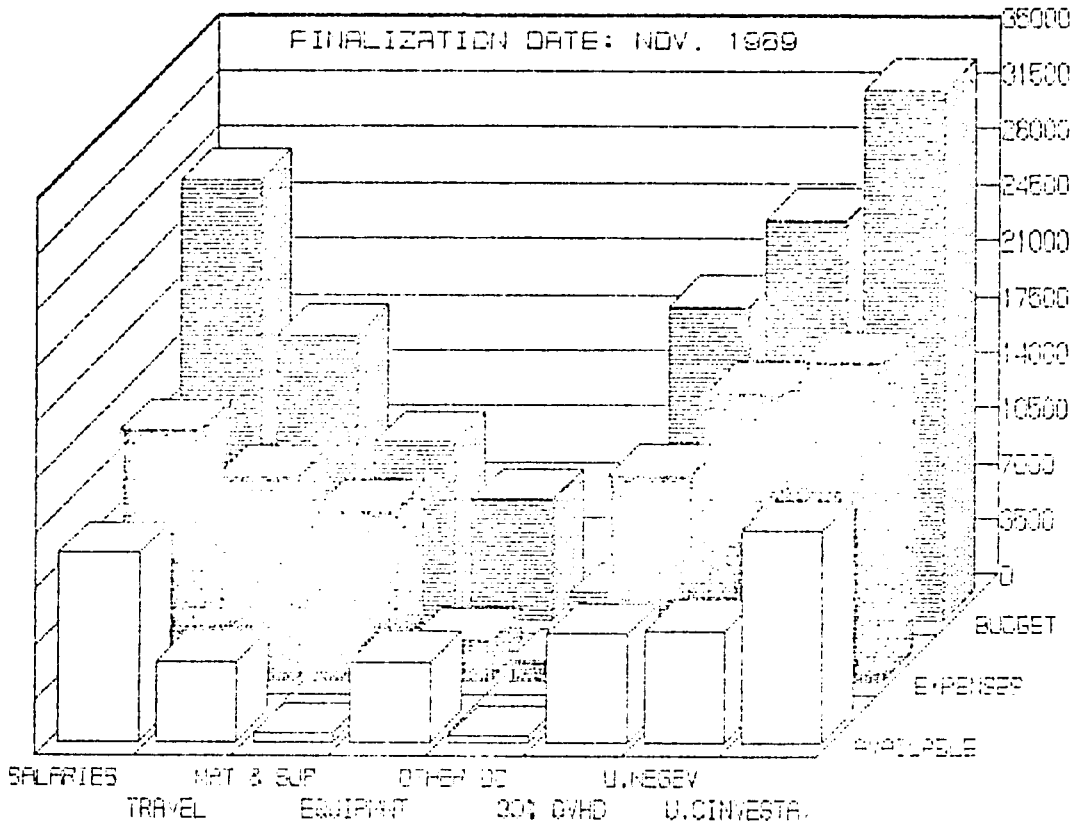
	E X P E N D I T U R E S				AVAILABILITY
	TOTAL BUDGET	THIS PERIOD	PRIOR PERIOD	ACCUMU- LATED	TOTAL BUDGET
SALARIES	27,522.64	1,464.18	14,226.99	15,691.17	11,831.47
TRAVEL	17,763.71	0.00	12,773.59	12,773.59	4,990.12
MATERIALS & SUPPLIES	11,101.79	1,134.52	9,483.34	10,617.86	483.93
EQUIPMENT	7,562.07	0.00	2,562.07	2,562.07	5,000.00
OTHER DIRECT COSTS	1,629.33	0.00	1,290.30	1,290.30	339.03
TOTAL DIRECT COSTS	65,579.54	2,598.70	40,336.29	42,934.99	22,644.55
(+) 30% INDIRECT COST	19,680.46	779.61	12,100.91	12,880.52	6,799.94
SUB-TOTAL	85,260.00	3,378.31	52,437.20	55,815.51	29,444.49
NEGEV UNIVERSITY CONT	25,080.00	0.00	18,080.00	18,080.00	7,000.00
CINVESTAV UNIVERSITY	33,300.00	0.00	20,000.00	20,000.00	13,300.00
TOTAL FUNDS ADMINSTRD	143,640.00	3,378.31	90,517.20	93,895.51	49,744.49

The undersigned hereby certifies: That the information on the report is correct and such detailed supporting information as AID may require will be furnished on request.

Francisco Calzada
Project Leader
Applied Research

Mario Salgado, Chief
Budgeting and Cost Control,
Controller

GRANT PCD-6644-G-S3-6100-00 (06-329)



16-Feb-88

	TOTAL BUDGET	ACCUMU- LATED	AVAILA- BLE
SALARIES	27,522.64	15,691.17	11,831.47
TRAVEL	17,763.71	12,773.59	4,990.12
MAT & SUP	11,101.79	10,617.86	483.93
EQUIPMT	7,562.07	2,562.07	5,000.00
OTH. D. C.	1,629.33	1,290.30	339.03
30% OVHD	19,680.46	12,880.52	6,799.94
U.NEGEV	25,080.00	18,080.00	7,000.00
U.LINVESTV	33,300.00	20,000.00	13,300.00
	143,640.00	93,895.51	49,744.49

ANNEX 1

Study of a non-conventional system of industrial wastewater
treatment:

High rate anaerobic digestion and high rate oxidation ponds

Annual Report

submitted by

Dr. Avigad Vonshak

Prof. Amos Richmond

Algal Biotechnology Research Lab.

The Jacob Blaustein Institute for Desert Research.

Ben-Gurion University of the Negev.

Sede Boqer Campus.

ISRAEL 84990.

During the last year the main activities of the Algal Biotechnology group in the project were divided into two:

1. Training

Mrs. Jany de Barrios from ICAIT stayed in the Algal Biotechnology Laboratory for 2 weeks. During this time an intensive training program was followed starting with some basic aspects of algal growth techniques and measurements of algal growth as well as some more detailed experiments to evaluate algal growth on the effluents obtained after the anaerobic digestion. It is suggested that a somewhat similar program of training will be followed in ICAIT and in Mexico by Dr. Avigad Vonshak and Prof Amos Richmond. This 1-2 weeks training program will enable a very efficient transfer of knowhow from the Israeli group to the co-partners.

2. Algal Growth

After some detailed experiments to evaluate the inhibitory effects of the treated effluents on algal growth, we have demonstrated that some *Spirulina* strains can be grown on the water with a high growth rate. *Anabaena* PC 7120, a blue-green nitrogen-fixing cyanobacterium can also be grown on the above mentioned water with a somewhat slower growth rate.

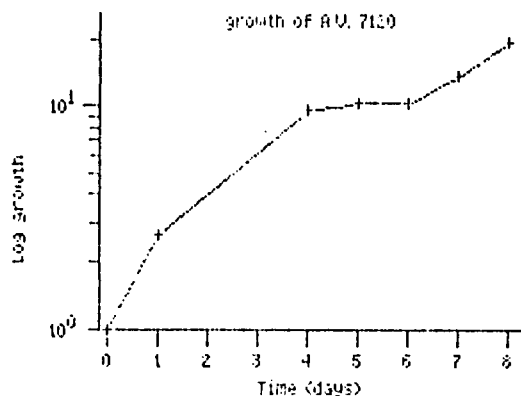
For the next stage of using the effluents for outdoor cultivation of algae and chemical analysis, a demonstration unit has to be set-up (in Guatemala or Mexico) so that a constant supply of water can be assured. The Israeli group

will support this operation by providing any technical and scientific know-how required as well as on job training once the facility is set up.

EXPE 1

DATE: 2/3/87

USER: qua



7120 A.V. on effluent

=====

growth of Anabena variabilis on treatment water from Gutemala brought by J. Media prepared by mixing the pulp treatment water 1:1 adding B-6 11 salts. growth measured by following the increase in chlorophyll a

Y-Value Statistics

=====

Range: 18.5 Mean: 9.61904762
Maximum: 19.5 Minimum: 1
Error Bars: NONE Averaging: YES
Interpolation: NOT INTERPOLATION
Number of Data Pairs: 7
Number of Unique X-Values: 7

Original Raw Data

=====

Pair #	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	2.66666667
3	4	9.66666667
4	5	10.33333333
5	6	10.33333333
6	7	13.83333333
7	8	19.5

EXPE 1

DATE: 2/3/87

USER: qua

Current Plotting Data

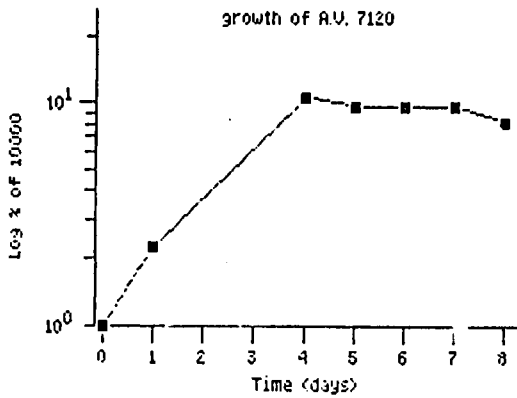
=====

Average \bar{x}	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	2.66666667
3	4	9.66666667
4	5	10.3333333
5	6	10.3333333
6	7	13.8333333
7	8	19.5

EXP# 1

DATE: 2/3/87

USER: gua



7120 A.V. on effluent
 =====

growth of Anabena variabilis on treatment water from Gutemala brought by J. B-G 11 medium prepered by using pulp treatment water. growth mesuered by folloing the increas in chlorophyll a

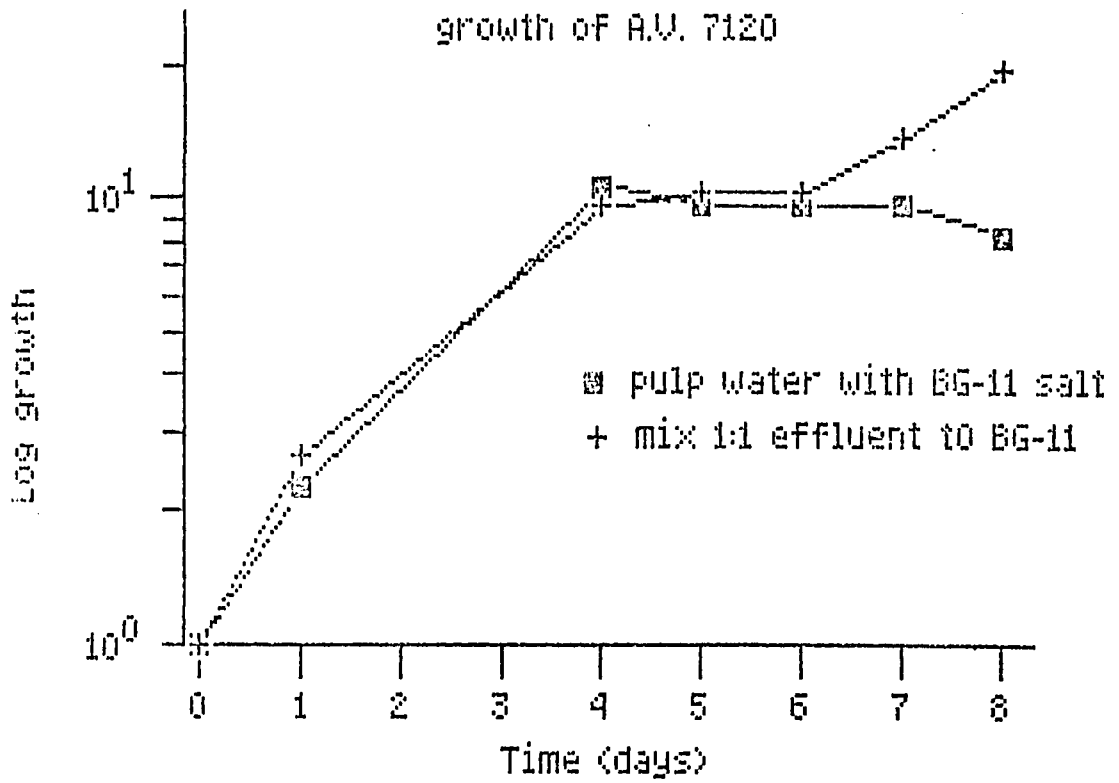
Y-Value Statistics
 =====

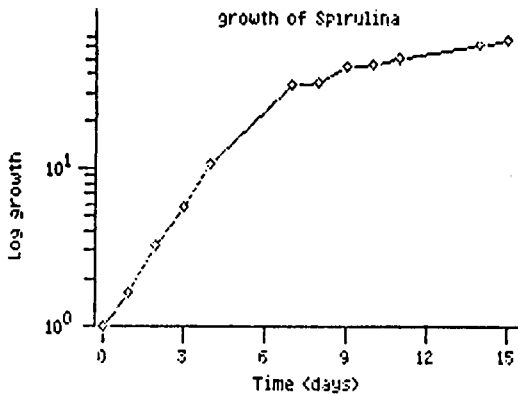
Range: 9.57142857 Mean: 7.30612246
 Maximum: 10.5714286 Minimum: 1
 Error Bars: NONE Averaging: YES
 Interpolation: DOT INTERPOLATION
 Number of Data Pairs: 7
 Number of Unique X-Values: 7

Current Plotting Data
 =====

Average £	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	2.28571429
3	4	10.5714286
4	5	9.71428572
5	6	9.71428572
6	7	9.71428572
7	8	8.14285714

growth of A.U. 7120





Spirulina on pulp treatment

=====
 growth of Spirulina on pulp treatment water from Gutemala brought
 by J. control on Z. ink medium. growth mesuered by the increas in
 chlorophyll a concentration

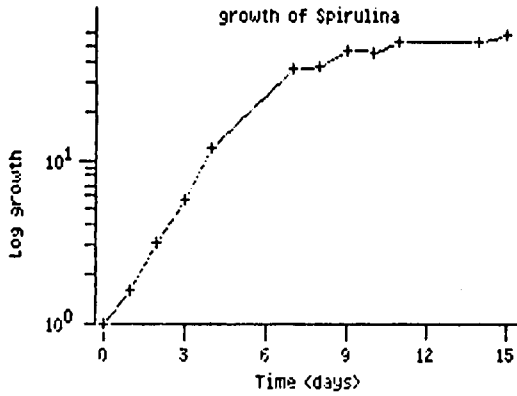
Y-Value Statistics

=====
 Range: 66 Mean: 30.7083334
 Maximum: 67 Minimum: 1
 Error Bars: NONE Averaging: YES
 Interpolation: DOT INTERPOLATION
 Number of Data Pairs: 12
 Number of Unique X-Values: 12

Original Raw Data

=====
 =====

Pair #	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	1.625
3	2	3.25
4	3	5.875
5	4	11
6	7	34.5
7	8	36.375
8	9	45.125
9	10	47
10	11	52.5
11	14	63.25
12	15	67



Spirulina on pulp treatment

=====
 growth of Spirulina on pulp treatment water from Gutemala brought by J.Medium preapered by dilution of the treatment water in a ratio of 1:1 growth mesuered by the increas in chlorophyll a concentration

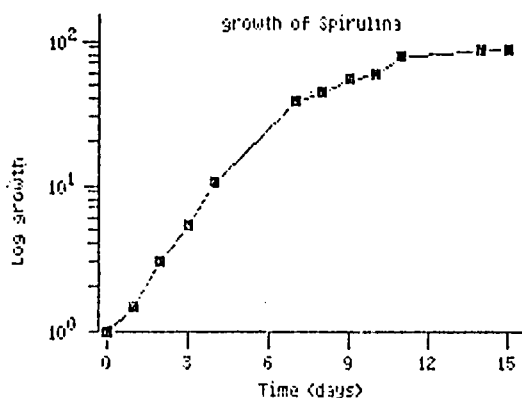
Y-Value Statistics

=====
 Range: 58.5 Mean: 30.2395834
 Maximum: 59.5 Minimum: 1
 Error Bars: NONE Averaging: YES
 Interpolation: DOT INTERPOLATION
 Number of Data Fairs: 12
 Number of Unique X-Values: 12

Original Raw Data

=====
 =====

Pair #	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	1.625
3	2	3.125
4	3	5.75
5	4	12.125
6	7	37.25
7	8	38.75
8	9	48.375
9	10	46.25
10	11	54.125
11	14	55
12	15	59.5



Spirulina on pulp treatment

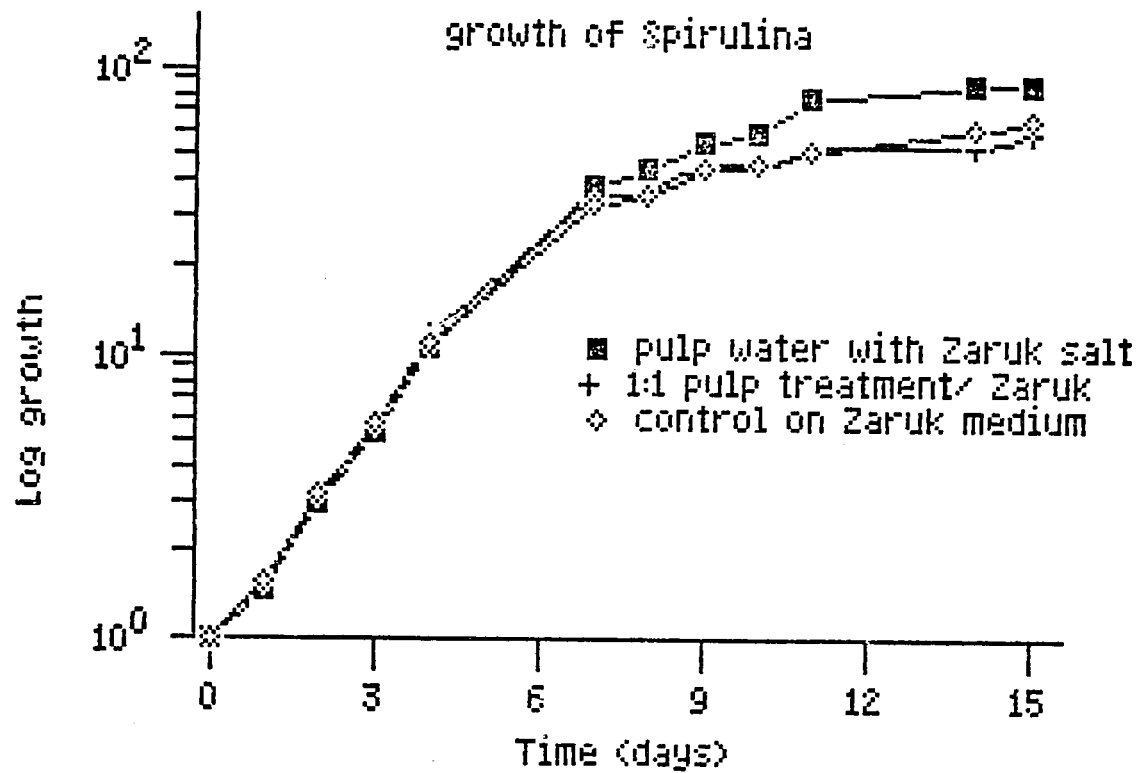
growth of Spirulina on pulp treatment water from Gutemala brought by J. Medium prepared by using treatment water and Zaruk salts. growth mesured by the increas in chlorophyll a concentration

Y-Value Statistics

Range: 89.6666667 Mean: 40.2222222
 Maximum: 90.6666667 Minimum: 1
 Error Bars: NONE Averaging: YES
 Interpolation: DOT INTERPOLATION
 Number of Data Pairs: 12
 Number of Unique X-Values: 12

Original Raw Data

Pair #	Time (days) X-Values	growth Y-Values
1	0	1
2	1	1.5
3	2	3
4	3	5.5
5	4	10.8333333
6	7	39.3333333
7	8	45.3333333
8	9	55.5
9	10	61
10	11	79.3333333
11	14	89.6666667
12	15	90.6666667



A N N E X 2



COSTA RICA
EL SALVADOR
GUATEMALA
HONDURAS
NICARAGUA

INSTITUTO CENTROAMERICANO DE
INVESTIGACION Y TECNOLOGIA INDUSTRIAL
(I C A I T I)

CENTRAL AMERICAN RESEARCH INSTITUTE FOR INDUSTRY

Avenida La Reforma 4-47, Zona 10
GUATEMALA, C. A.

Apartado Postal 1332

Telex: 8812 ICAITI-CU

Teléfonos: 810631/8

Cables: ICAITI

CONTRATO ENTRE

El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) con sede en Avenida La Reforma 4-47, Zona 10, Guatemala, C.A.

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) con sede en Avenida Instituto Politécnico Nacional No. 2508, esquina Calzada Ticomán, 07000 México D.F.

CONSIDERANDO QUE:

El ICAITI ejecuta el proyecto C5-328 del contrato US-AID No. PDC-5544-G-SS-5100-00: "Estudio de un sistema no convencional de tratamiento de aguas industriales de desecho: digestión anaeróbica y estanques de oxidación de alta tasa" y desea obtener los servicios técnicos descritos en el alcance de trabajo y que el Departamento de Biotecnología y Bioingeniería del CINVESTAV ha considerado calificado y anuente a proveer dichos servicios, según el Artículo 1, descrito más adelante.

En virtud de lo anterior ambas partes acuerdan lo siguiente:

ARTÍCULO 1. Alcance del Trabajo

El CINVESTAV llevará a cabo las siguientes actividades:

- 1.1 Caracterizar químicamente las descargas líquidas de una Planta de producción de celulosa por el proceso "Kraft", usando astillas del género Pinus.
- 1.2 Construir y operar tres reactores anaeróbicos de laboratorio (RANMAL, FIBAN-FD, RANLEF) usando condensados de licor negro del proceso arriba mencionado.
- 1.3 Comparar la operación de los tres reactores con tiempos de residencia hidráulica de un día o menores.
- 1.4 Adaptar dos tipos de reactor de laboratorio (FIBAN-FD, RANLEF) a los licores de blanqueo del proceso Kraft.
- 1.5 Operar los dos reactores anteriores, buscando reducir los tiempos de residencia hidráulica.
- 1.6 Enviar muestra de materia prima y material tratado a ICAITI y a la Universidad del Negev, según sea necesario.

1.7 Preparar un informe de progreso y uno final.

1.8 Participar en visitas de coordinación en México y Guatemala.

ARTICULO 2. Término del Contrato

El presente contrato tendrá una duración de 26 meses a partir del 2 de mayo de 1987, o la última fecha de firma, la que sea posterior.

ARTICULO 3. Personal

El Ing. Héctor Poggi, profesor del CINVESTAV, participará como investigador colaborador del proyecto. Se ha incluido también la participación de asistentes de investigación y estudiantes que realicen investigaciones para tesis.

ARTICULO 4. Apoyo Logístico

El envío de muestras de México a Guatemala y a Israel será por cuenta de ICAITI, que reintegrará al CINVESTAV según recibo y cotización vigente del dólar.

El Centro anfitrión (ICAITI o CINVESTAV) de las visitas de coordinación proporcionará el apoyo logístico local para las mismas, sin incluir el pago de viáticos y otros gastos.

El personal del CINVESTAV podrá participar en los entrenamientos que se lleven a cabo por el grupo israelí, dentro de las actividades del proyecto total.

ARTICULO 5. Terminación del Contrato

El ICAITI podrá dar por rescindido este contrato, por medio de comunicación escrita al CINVESTAV, cuando sea necesario por el interés del Instituto. Si se rescinde de esta forma, el ICAITI reconocerá únicamente los pagos correspondientes a los servicios previstos en este contrato hasta el día anterior a la terminación del mismo.

ARTICULO 6. Informes

CINVESTAV presentará un informe de avance al 31 de mayo de 1988 y elaborará conjuntamente con ICAITI el informe final en los meses de julio y agosto de 1989.

ARTICULO 7. Condiciones de Pago

Este es un contrato por servicios según la descripción del ARTICULO 1 y de acuerdo con las provisiones del contrato US AID PDC-5544-G-SS-5100-00. El ICAITI pagará la suma de US \$ 33,300 (Treintaitres mil trecientos) por los servicios llevados a cabo y los gastos incurridos por cantidades que no excedan la descripción del presupuesto siguiente:

Salarios	US \$ 16400
Reactivos y materiales	6000
Equipo	5500
Transporte local	1600
Viajes de coordinación	1600
Comunicaciones y publicaciones	500
Supervisión	1700
GRAN TOTAL	US \$ 33300

Sin el consentimiento escrito previo del ICAITI, el CINVESTAV no podrá exceder el gran total arriba mencionado. Para las partidas Materiales y Equipo se podrá eventualmente autorizar hasta un 20% adicional de dichas partidas.

Los pagos se efectuarán de acuerdo al calendario siguiente:


- 1er desembolso US \$ 20,000, al firmarse el presente contrato.
- 2do desembolso US \$ 10,900, a la recepción del informe de avances.
- 3er desembolso US \$ 2,400, a la conclusión del informe final..

ARTICULO 8.

Las cláusulas contenidas en el Apéndice A se incorporan como parte integral de este contrato.


En fe de lo anterior y en señal de mutuo acuerdo, ambas partes firman el presente contrato en tres tantos del mismo tenor, destinándose uno al CINVESTAV y dos al ICAITI.

Por ICAITI

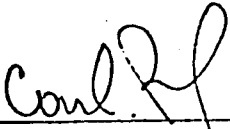

W. Ludwig Ingram, Jr.
Subdirector
Encargado de la Dirección

FECHA: mayo 19, 1987

Por CINVESTAV


Dr. Héctor O. Nava Jaimes
Director CINVESTAV

FECHA: mayo 18, 1987



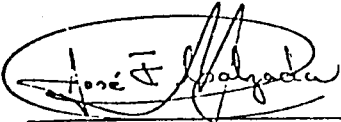
Carlos Rolz
Jefe División de Investigación
Aplicada

FECHA: marzo 19, 1987



Héctor Poggi
Investigador Colaborador

FECHA: marzo 18, 1987



José Francisco Calzada
Investigador Principal C5-328

FECHA: marzo 19, 1987

marzo 18, 1987

DISPOSICIONES GENERALES

1. Idioma

Regirá la versión en idioma español de este contrato. Todos los avisos que se preparen en cumplimiento de las cláusulas de este contrato se redactarán en español. Salvo en caso en que por conveniencia de ambas partes deba hacerse alguna publicación en inglés, para cuyo efecto, se deberá contar con la anuencia escrita y aceptada por ambas partes.

2. Efecto jurídico de las aprobaciones y decisiones de la AID

Las partes contratantes entienden que en el contrato se reservan a la AID ciertos derechos como son los siguientes, pero sin limitarse a ellos: el derecho a aprobar las estipulaciones de este contrato, el contratista y algunos o la totalidad de los planes, informes, especificaciones, subcontratos, documentos de licitación, planos y demás documentos relacionados con este contrato y con el proyecto del cual forma parte este contrato. Las partes contratantes entienden además y estipulan que la AID, al reservarse algunos o la totalidad de los derechos de aprobación antes mencionados, ha actuado exclusivamente en calidad de entidad de financiamiento para asegurarse de que se utilizan debidamente los fondos del Gobierno de los Estados Unidos, y que toda decisión por parte de la AID de ejercer o abstenerse de ejercer estos derechos de aprobación la tomará en calidad de entidad financiera durante el período de financiamiento de este proyecto y no se interpretará en el sentido de que la AID sea parte permanente del contrato. Las partes contratantes entienden y estipulan que la AID podrá ejercer, cuando lo crea conveniente, los derechos de aprobación antes mencionados, o tratar de asuntos relacionados con estos derechos y con el proyecto con las partes contratantes mancomunadamente o por separado, sin incurrir por ello en ninguna responsabilidad u obligación a favor de las partes contratantes mancomunadamente o a favor de cualquiera de ellas individualmente. Toda aprobación (o no desaprobación) por parte de la AID no impedirá que el Gobierno o la AID ejerzan algún derecho, o eximan al contratista de alguna obligación que, en otro caso, éste podría tener para con el Gobierno o la AID.

3. Pagos

A: Método de pago

Los pagos que deban efectuarse al contratista en virtud de este contrato se harán después de recibir la correspondiente solicitud por escrito del contratista acompañada de la siguiente documentación:

1.) La factura del contratista con información que la justifique.

2.) El Certificado del Convenio celebrado por el contratista con la Agencia para el Desarrollo Internacional (formulario AID 1440-3).

3.) Documento público para compras y servicios que no sean de personal (SF 1034) en un original y tres copias.

4.) Certificado del convenio celebrado por el proveedor con la Agencia para el Desarrollo Internacional para facturas de bienes para el proyecto y resumen del contrato (formulario AID 1450-4), el cual será preparado por el proveedor de los bienes, siempre que el contratista solicite reembolsos respecto a una transacción de bienes que exceda de \$ 2 500 en valor.

El contratista presentará la solicitud y documentación correspondiente al funcionario del Organismo Contratante que se especifica en la cláusula "Relación de las partes contratantes, obligaciones generales". El funcionario extenderá una "Certificación de cumplimiento" o una "Certificación de no cumplimiento de partidas específicas", en el plazo de 30 días a partir de la fecha en que se reciba la solicitud. Si no se ha extendido ninguna de las certificaciones en el plazo de 30 días, el Organismo Contratante pagará al contratista. Si el Director de la Oficina de Reforma extiende una certificación de no cumplimiento con respecto a partidas específicas, se suspenderá el pago con respecto a dichas partidas. Toda controversia relativa al pago que no pueda resolverse de manera amistosa entre las partes contratantes se tramitará de acuerdo con la cláusula "Controversias y apelaciones".

B. Plazos de los pagos

El Organismo Contratante pagará al contratista a intervalos mensuales.

C. Liquidación final

La liquidación final de todas las sumas adeudadas al contratista (incluidas las retenciones) se efectuará sin tardanza contra la presentación de la documentación estipulada en la cláusula "Cuantía del contrato y pago" y una vez que se hayan prestado todos los servicios especificados en este contrato, se hayan efectuado todas las inspecciones necesarias, se hayan recibido todas las certificaciones pertinentes y se haya liberado al Organismo Contratante de todas las reclamaciones contra el mismo.

4. Limitación de gastos

Si en cualquier momento el contratista tiene motivo para creer que el costo total previsto de la ejecución de este contrato en los próximos 60 días, si se suma a todos los gastos ya originados, pasará del 75 por ciento de la suma máxima pagadera, o si, en cualquier momento, el contratista tiene motivo para creer que el costo total para el Organismo Contratante por la ejecución de este contrato será mayor que la suma máxima pagadera, el contratista lo notificará por escrito al Organismo Contratante y dará la estimación revisada del costo total por la ejecución de este contrato.

El Organismo Contratante no está obligado a reembolsar al contratista por los gastos que excedan de la suma máxima pagadera, ni está tampoco obligado el contratista a continuar ejecutando el contrato si va a sufrir gastos superiores a la suma máxima pagadera, a menos que se enmiende el contrato de acuerdo con la cláusula "Enmiendas".

5. Auditoría y registros

A. El contratista llevará libros, registros, documentos y otras pruebas documentales y utilizará de manera uniforme procedimientos y prácticas contables que sean suficientes para recoger debidamente todas las transacciones que se realicen en virtud del contrato o en relación con el mismo. A los efectos de esta cláusula, todo lo mencionado anteriormente constituye "registros".

B. El contratista llevará dichos registros durante el plazo de vigencia del contrato y los conservará durante un período de tres años después de la liquidación final. Sin embargo, los registros que tengan que ver con apelaciones a tenor de la cláusula "Controversias y apelaciones" con litigación o la liquidación de reclamaciones que surjan de la ejecución de este contrato se conservarán hasta que se hayan resuelto definitivamente dichas apelaciones, litigación o reclamaciones.

C. Todos los registros serán sometidos a inspección y auditoría por el Organismo Contratante y/o la AID (o sus agentes autorizados) en todo momento razonable. El contratista facilitará al Gobierno y/o a la AID los medios adecuados para efectuar dicha inspección y auditoría.

D. El contratista se compromete, además, a incluir en todos los subcontratos que celebre en virtud de este contrato una cláusula en el sentido de que el subcontratista accede a que el Organismo Contratante y/o la AID, o cualquiera de sus agentes autorizados, tenga acceso y el derecho a examinar, hasta que hayan transcurrido tres años después de la liquidación final conforme al subcontrato, todos los registros de dicho subcontratista que tengan que ver con transacciones relacionadas con el subcontrato.

6. Cesión

El contratista no podrá ceder la obligación de cumplir lo estipulado en el contrato, salvo con el previo consentimiento por escrito del Organismo Contratante y de la AID. El contratista no podrá ceder su derecho a recibir pago con arreglo al contrato, salvo con el previo consentimiento por escrito del Organismo Contratante y de la AID.

7. Impuestos del país beneficiario

A. El contratista y aquellos de sus empleados que no sean ciudadanos o residentes permanentes del país beneficiario se hallarán exentos de todos los impuestos, derechos, gravámenes o exacciones impuestas por las leyes en vigor en el país beneficiario con respecto a todo el trabajo efectuado y a todos los servicios prestados en virtud de este contrato.

B. Los efectos personales (incluidos los vehículos) del contratista y los de sus empleados que no sean ciudadanos o residentes permanentes del país beneficiario se hallarán exentos de todos gravámenes impuestos por las leyes en vigor en el país beneficiario con respecto a dichos efectos personales.

C. El Gobierno permitirá al contratista importar libre de derechos de aduana los materiales y equipo que puedan necesitar para prestar los servicios conforme a este contrato, siempre que esos artículos se consuman durante la ejecución del contrato, se reexporten o se traspasen al Gobierno a la conclusión del contrato.

8. Nacionalidad de los proveedores de servicios

A. A menos que se especifique de otro modo en los párrafos C., D., que figuran más adelante, o en la cláusula titulada "Viajes y transporte aéreos", todos los bienes y servicios proporcionados por el contratista o por cualquier subcontratista en virtud de este contrato tendrán que tener su nacionalidad, fuente y origen en aquellos países que figuran en el Código Geográfico de la AID 941 en vigor en la fecha de adquisición y/o en Erewhon (países aceptables).

B. Proveedores de servicios

Todo subcontratista que preste servicios en virtud de un contrato principal de servicios financiado por la AID deberá pertenecer a una de las siguientes categorías (1), (2), (3) ó (4), a fin de reunir los requisitos para recibir financiamiento de la AID.

(I) Empresa privada como proveedores

Una persona individual o una sociedad anónima o sociedad colectiva o comanditaria son aceptables para financiamiento de la AID, como subcontratistas que presten servicios, únicamente si cumplen con los criterios en los subpárrafos a, b ó c y, en el caso de las categorías descritas en b y c, si llenan los requisitos de certificación estipulados en el subpárrafo d.

a. El proveedor es una persona individual que es ciudadana de un país incluido en el código geográfico autorizado y que tiene su domicilio principal en el mismo, o persona individual que no es ciudadana de los Estados Unidos, pero ha sido admitida legalmente en este país para residencia permanente y cuyo domicilio principal se encuentra en los Estados Unidos.

b. El proveedor es una sociedad anónima o sociedad colectiva o comanditaria constituida legalmente conforme a las leyes de un país o región incluido en el código geográfico autorizado, que tiene su domicilio principal en un país o región incluido en el código geográfico autorizado y que satisface los criterios expuestos en cualquiera de los incisos (i) o (ii) que siguen:

(i) La sociedad anónima o sociedad colectiva o comanditaria es más del 50% propiedad con derecho a beneficio de personas físicas que son ciudadanas de un país o región incluido en el código geográfico autorizado. En el caso de las sociedades anónimas, "en más del 50% propiedad con derecho a beneficio" significa que más del 50% de cada clase de acciones es propiedad de dichas personas físicas; en el caso de las sociedades colectivas o comanditarias, "en más del 50% propiedad con derecho a beneficio" significa que más del 50% de cada modalidad de participación en la sociedad (por ejemplo, general, limitada) es propiedad de dichas personas físicas. (Con respecto a las acciones o participaciones pertenecientes a compañías, fondos o instituciones, lo que determina la aceptabilidad es que en la propiedad con derecho a beneficio participen mayoritariamente en último término personas físicas que reúnan el requisito antes mencionado).

(ii) La sociedad anónima o la sociedad colectiva o comanditaria:

(a) Ha estado constituida legalmente en los Estados Unidos durante más de tres años con anterioridad a la fecha en que se publicó el pliego de condiciones o la solicitud de ofertas, y

(b) Ha prestado en los Estados servicios administrativos y técnicos, profesionales o de construcción en virtud de un contrato o de varios contratos de servicios y ha obtenido ingresos de los mismos en cada uno de los tres años anteriores a la fecha descrita en el párrafo anterior, y

(c) Emplea ciudadanos de los Estados Unidos en más de la mitad de los puestos permanentes de jornada completa que tenga en los Estados Unidos, y

(d) Dispone en los Estados Unidos de la capacidad suficiente para cumplir el contrato.

c. Es una asociación de firmas en participación o asociación no constituida en sociedad mercantil integrada totalmente por personas físicas, sociedades anónimas o sociedades colectivas o comanditarias que pertenezcan a las categorías (1) a ó (1) b anteriores, o la (2) que se indica más adelante.

d. Un directivo debidamente autorizado de la firma certifica que la firma participante satisface los requisitos del inciso (1) b (i) o del inciso (ii) ó (2). En el caso de las sociedades anónimas, el directivo que extienda la certificación deberá ser el secretario de la sociedad. Con respecto a los requisitos del inciso (1) b (i), el directivo que extienda la certificación podrá dar por supuesta la ciudadanía basándose en la dirección que figure en el registro de accionistas, siempre que certifique, en relación con cualquier accionista (incluidos los fondos sociales o accionistas institucionales) cuyas tenencias tengan importancia para la aceptabilidad de la sociedad anónima, que él no conoce ningún hecho contrario a esa presunción.

(2) Organizaciones no lucrativas

Las organizaciones sin fines de lucro, tales como las instituciones docentes, las fundaciones y las asociaciones, son aceptables para financiamiento por parte de la AID, como contratistas o subcontratistas que presten servicios, siempre y cuando satisfagan todos los criterios expuestos en los incisos a, b y c que siguen, y cumplan con los requisitos de certificación en el inciso (1) d anterior.

Dichas instituciones deben:

a. Estar organizadas en virtud de las leyes de un país o área incluido en el código geográfico autorizado; y

b. Estar regida y administrada por un Consejo Gobernante, en que la mayoría de sus miembros sean ciudadanos de países o áreas incluidos en el código geográfico autorizado; y

c. Tener sus instalaciones principales y oficinas en un país o área incluido en el código geográfico autorizado.

(3) Organizaciones de propiedad estatal

Las empresas administradas como compañías comerciales u otras organizaciones (incluso las organizaciones sin fines de lucro que no sean instituciones docentes públicas) que sean propiedad total o parcialmente de gobiernos o agencias estatales no son aceptables para recibir financiamiento de AID como subcontratistas, salvo si su aceptabilidad ha sido establecida por una dispensa aprobada por AID.

(4) Asociaciones de firmas en participación

Una asociación de firmas en participación o una asociación no constituida en sociedad mercantil es aceptable únicamente si cada uno de sus miembros satisfacen los criterios expuestos en B (1), (2) ó (3) anteriores.

C. Proveedores no aceptables de servicios

Los ciudadanos o firmas de cualquier país que no esté incluido en el Código Geográfico 935 de la AID no son aceptables como proveedores, contratistas, subcontratistas o agentes en relación con contratos de servicios financiados por la AID. No obstante, serán aceptables las personas físicas que no sean ciudadanas de Estados Unidos pero hayan sido admitidas legalmente para residencia permanente en este país.

D. Nacionalidad de los empleados en virtud de contratos y subcontratos de servicios

La norma relativa a nacionalidad que se expone en el inciso B anterior, no se aplica a los empleados de contratistas o subcontratistas, pero todos los empleados de contratistas y subcontratistas que se dediquen a prestar servicios en virtud de contratos financiados por la AID deberán ser ciudadanos de países incluidos en el Código Geográfico 935 de la AID o personas físicas no ciudadanas de Estados Unidos pero legalmente admitidas para residencia permanente en este país.

9. Viajes y transporte aéreos

A. Utilización de compañías de transporte aéreo estadounidenses

(1.) El contratista utilizará compañías de transporte aéreo estadounidense para el transporte de personal (y de sus efectos personales) o de bienes en la medida en que se disponga del servicio de dichas compañías, de acuerdo con los criterios siguientes:

(a) Se considera que se dispone del servicio de transporte de pasajeros o carga de una compañía de transporte aéreo estadounidense, aun cuando:

(1) El servicio de una compañía de transporte aéreo no estadounidense pueda pagarse con divisas excedentes, ó

(2) El servicio o el viajero que necesitan el transporte aéreo prefiere el servicio de una compañía de transporte no estadounidense.

(3) El servicio de una compañía de transporte aéreo no estadounidense le resulta más cómodo al contratista o al viajero que necesite el transporte aéreo.

(b) Se considerará que no se dispone de servicio de pasajeros de una compañía de transporte aéreo estadounidense si:

(1) Las compañías de transporte aéreo estadounidense ofrecen solamente servicio de primera clase, y se dispone de servicio inferior a primera clase en una compañía de transporte aéreo no estadounidense.

(2) El viajero tiene que esperar, mientras se halle en ruta, 6 horas o más para conectar con una compañía de transporte aéreo estadounidense a fin de proceder a su destino.

(3) El vuelo de una compañía de transporte aéreo estadounidense se interrumpe por una parada que se prevé vaya a ser de 6 horas o más para reponer el combustible, cargar, efectuar reparaciones, etc., y durante ese período de 6 horas no se dispone de ningún otro vuelo de una compañía de transporte aéreo estadounidense.

(4) Lleva 12 horas o más, por sí solo o en combinación con otras compañías de transporte aéreo estadounidenses o no estadounidenses (si no se dispone de vuelos de una compañía de transporte aéreo estadounidense), que desde el aeropuerto de origen al aeropuerto de destino para realizar la misión de lo que llevaría si se utilizaran los servicios de una compañía o compañías de transporte aéreo no estadounidenses.

(5) El tiempo que lleva viajar en un vuelo regular desde el aeropuerto de origen hasta el de destino por una compañía o compañías de transporte aéreo no estadounidenses es de 3 horas o menos, y el servicio de una compañía o compañías de transporte aéreo estadounidenses requerirá dos veces más el tiempo para realizar el viaje.

(2.) En el caso de que el contratista elija a un transportista que no sea una compañía de transporte aéreo estadounidense para realizar transporte aéreo internacional, presentará adjunta una certificación a los comprobantes relativos a dicho transporte, que diga básicamente lo siguiente:

**CERTIFICACION DE INACCESIBILIDAD A LAS COMPANIAS DE
TRANSPORTE AEREO ESTADOUNIDENSE**

Por la presente certifico que no se disponia de servicio de transporte aéreo para personal (y sus efectos personales) o bienes de una compañía de transporte aéreo estadounidense por las siguientes razones:

(Indíquese las razones)

(3.) Las expresiones utilizadas en esta cláusula tienen los siguientes significados:

(a) Se entiende por "transporte aéreo internacional" el transporte de personal (y sus efectos personales) o de bienes por avión entre un lugar en Estados Unidos y un lugar fuera de este país o entre dos lugares que estén fuera de Estados Unidos.

(b) Se entiende por "compañía de transporte aéreo estadounidense" la que pertenezca a una clase de una clase de transportistas aéreos que tienen certificado de interés público expedido por la Junta Aeronáutica Civil, aprobado por el Presidente, en el que se autoricen operaciones entre Estados Unidos y/o sus territorios y uno o más países.

(4.) El contratista incluirá el contenido de esta cláusula, incluso este párrafo (4.), en cada subcontrato u orden de compra, que involucre transporte aéreo internacional.

B. Por lo menos con una semana de anticipación de un vuelo internacional, el Contratista notificará a la Misión AID, identificando al viajero y la fecha de arribo.

10. Subcontratos y órdenes de compra

A. Subcontratos para servicios

Los subcontratos deben cumplir los requisitos de nacionalidad de este contrato. El contratista se compromete a incluir las siguientes estipulaciones de este contrato y en todos los subcontratos que se celebren en virtud de este contrato.

- "Impuestos del país beneficiario"
- "Párrafo B de "viajes y transporte aéreos"
- "Nacionalidad"
- "Seguro de accidentes de trabajo"

Todos los subcontratos superiores a 100,000 dólares se adjudicarán únicamente previo el consentimiento por escrito del Organismo Contratante y de la AID, y dicho consentimiento, si se otorga, no eximirá al contratista de ninguna responsabilidad u obligación que se deriven de este contrato. No se utilizarán los subcontratos de costo más porcentaje del costo para realizar ningún trabajo.

11. Ordenes de cambio

El Organismo Contratante podrá en cualquier momento, mediante orden por escrito, efectuar cambios dentro de los límites del trabajo y los plazos estipulados en este contrato. Si alguno de esos cambios ocasiona un aumento o disminución del trabajo o del tiempo necesario para efectuar este contrato, se efectuara un reajuste equitativo en:

- (1.) el precio del contrato o fecha de terminación, o ambos, y
- (2.) en cualquier otra disposición afectada,

y se modificará el contrato para indicar el cambio.

12. Enmiendas

La modificación de los términos de este contrato se efectuará mediante enmienda firmada por las partes contratantes. Toda enmienda, incluso las que se efectúen por carta, que aumente la cuantía del contrato o prorrogue la fecha de terminación del trabajo debe ser aprobada por la AID.

13. Controversias y apelaciones

A. En el caso de que surja un desacuerdo sobre lo estipulado en este contrato, el contratista presentará una declaración por escrito al Organismo Contratante en la que describirá brevemente el carácter del problema, la postura del contratista en relación con la cuestión controvertida y narrará los hechos que respaldan su posición.

B. En el plazo de 10 días a partir de la fecha en que se reciba la declaración del contratista, el Organismo Contratante decidirá la cuestión y enviará al contratista una exposición por escrito del fallo que incluya las razones en que se fundamentó el fallo, si éste es desfavorable para el Contratista.

C. En el plazo de 30 días a contar de la fecha en que se reciba el fallo del Organismo Contratante o de la fecha en que debía haberse dictado ese fallo, el contratista podrá presentar al Organismo Contratante una notificación de apelación que contendrá una descripción minuciosa de los hechos controvertidos y las fechas de los mismos, los

nombres de las personas involucradas, referencias a la documentación que tenga que ver con el asunto (con copias adjuntas), la (s) estipulación (es) contractuales pertinentes, los alegatos y conclusiones del contratista y una exposición de las razones por las que se apela el fallo del Organismo Contratante.

D. Si en el plazo de 30 días a partir de la fecha en que se entregue la Notificación de Apelación las partes contratantes no pueden llegar a un acuerdo satisfactorio, se someterá el asunto a arbitraje siguiendo las reglas de la Cámara Internacional de Comercio.

14. Inspección

El contratista se compromete a permitir a los representantes autorizados del Organismo Contratante y de la AID en todo momento que sea razonable a que inspeccionen las instalaciones, actividades y trabajo relacionados con este contrato, a tomar medidas del trabajo sobre el terreno y a efectuar ensayos.

15. Comunicación de los retrasos

El contratista comunicará por escrito al Organismo Contratante todo hecho o condición que pudiera retrasar el progreso o impedir la terminación del trabajo estipulado en este contrato en cuanto los hechos le sean conocidos.

16. Fuerza mayor

A. Se entiende por "fuerza mayor" toda causa que escape al control del contratista, que éste no pudo prever ni precaverse razonablemente contra ella y que impida a aquel cumplir, en su totalidad o en parte, las obligaciones que le impone este contrato. La fuerza mayor comprende cualquiera de los hechos siguientes, pero sin limitarse a ellos:

- Conflicto bélico, revolución, insurrección u hostilidades (tanto si se han declarado como en otro caso);
- Motín, disturbios o levantamiento popular (que no sea de los empleados del contratista);
- Terremoto, inundación, tempestad, huracán, rayos u otra catástrofe natural;
- Cualquier incendio de grandes proporciones, o explosión;
- Epidemias;
- Huelga de los trabajadores o patronal; o
- Acto de Gobierno

B. Si ocurre algún hecho que constituya fuerza mayor, el contratista lo comunicará por escrito al Organismo Contratante lo antes posible en cuanto suceda el hecho, pero dentro del plazo de 15 días, incluyendo una declaración en la que describa la fuerza mayor y sus efectos en la ejecución de este contrato. Las partes contratantes se consultarán, dentro de los 10 días siguientes a dicha notificación, en relación con las medidas que deban tomarse.

C. En caso de fuerza mayor, el contratista, a menos que reciba instrucciones en contrario por escrito del Organismo Contratante, continuará realizando y cumpliendo las obligaciones que se estipulen en este contrato en la medida en que sea razonablemente posible.

D. En el caso de fuerza mayor que ocasione la suspensión del trabajo, se prorrogará este contrato por un período igual al período durante el cual le resulte imposible al contratista cumplir lo estipulado.

E. El contratista tendrá derecho a que se le reembolsen los gastos razonables que se le originen como consecuencia de un caso de fuerza mayor.

F. Si la imposibilidad de que el contratista ejecute el contrato por razón de fuerza mayor tiene una duración superior a 45 días después de que así se le haya comunicado al Organismo Contratante, cualquiera de las partes contratantes podrá rescindir este contrato y el contratista tendrá derecho a que se le reembolse cualquier suma que sería pagadera en caso de rescisión del contrato.

17. Suspensión del trabajo

A. El Organismo Contratante podrá en cualquier momento, mediante orden por escrito dirigida al contratista (orden de suspensión del trabajo), exigir a éste que detenga la totalidad o alguna parte del trabajo requerido por el contrato durante un período de hasta 90 días a partir de la fecha que se especifique.

B. Al recibir esa orden, el contratista cumplirá inmediatamente con los términos de la misma y adoptará todas las medidas razonables para reducir al mínimo los gastos imputables al trabajo a que se refiera la orden.

C. Dentro del período que abarque la orden de suspensión del trabajo, el Organismo Contratante hará una de las dos cosas siguientes:

(1) Cancelar la orden de suspensión del trabajo; o
 (2) Dar por terminado el trabajo a que se refiere dicha orden según se estipula en la cláusula de rescisión del contrato.

D. Si se cancela la orden de suspensión del trabajo o ésta caduca, el contratista reanudará el trabajo. Se procederá a reajustar equitativamente y según sea necesario el calendario de trabajos, el presupuesto o una combinación de ambos, o cualquier otra estipulación del contrato que pueda quedar afectada, y se modificará el contrato en consecuencia si el contratista pide que se efectúe dicha modificación en el plazo de 30 días después de que termine el período de suspensión del trabajo. Si no se llega a un acuerdo sobre algún reajuste, ello constituirá una controversia regulada por la cláusula "Controversias y apelaciones" del contrato.

18. Suspensión del trabajo por parte del Organismo Contratante por razones de conveniencia

A. El Organismo Contratante podrá suspender la ejecución del trabajo estipulado en el contrato, en su totalidad o, de vez en cuando, en parte, de acuerdo con esta cláusula siempre que aquel determine que dicha suspensión es en beneficio del mismo.

B. La suspensión del trabajo se efectuará mediante un Aviso de Suspensión de Trabajo dirigido al contratista en el que se especifique que la suspensión es por razones de conveniencia del Organismo Contratante, el grado en el que se suspende la ejecución del trabajo estipulado en el contrato y la fecha en la que empiece dicha suspensión.

C. Después de recibir un Aviso de Suspensión de Trabajo, y salvo que el Organismo Contratante indique otra cosa, el contratista hará lo siguiente:

(1.) Suspenderá todo el trabajo estipulado en el contrato en la fecha y en la medida que se especifique en el aviso de suspensión y no hará más pedidos ni celebrará más subcontratos, salvo en lo que sea necesario para concluir la parte del trabajo estipulada en el contrato que no se haya suspendido.

(2.) Suspenderá todos los pedidos y subcontratos en la medida en que tengan que ver con la ejecución del trabajo suspendido por el Aviso de Suspensión de trabajo.

(3.) Traspasará al Organismo Contratante, según éste indique, todos los derechos, títulos de propiedad y participaciones del contratista derivados de los pedidos y subcontratos suspendidos, en cuyo caso el Organismo Contratante tendrá derecho a liquidar o pagar toda reclamación que surja de la suspensión de dichos pedidos y subcontratos.

(4.) Con la aprobación o ratificación del Organismo Contratante, y en la medida en que éste lo exija, aprobación o ratificación que será definitiva y concluyente a todos los efectos de esta cláusula, liquidará todas las obligaciones pendientes y todos los derechos que se deriven de dicha suspensión de los pedidos y subcontratos, cuyo costo sería reembolsable en su totalidad o en parte de acuerdo con las estipulaciones de este contrato.

(5.) Traspasará el título de propiedad al Organismo Contratante y entregará, según indique éste los planos y dibujos, total o parcialmente terminados, y la información y demás bienes que tendría que proporcionar al Organismo Contratante conforme al contrato, con la excepción de que este requisito no se aplicará a los bienes por los que no se haya reembolsado al contratista.

(6.) Terminará la ejecución de la parte del trabajo que no haya sido suspendida mediante el Aviso de Suspensión de Trabajo; y

(7.) Tomará las medidas que sean necesarias para proteger los bienes relacionados con este contrato que se hallen en poder del contratista y sobre los cuales tenga derecho de propiedad el Organismo Contratante.

D. El contratista presentará al Organismo Contratante la solicitud de pago por escrito, sin tardanza y en el plazo máximo de tres meses a partir de la fecha de vigencia de la suspensión del trabajo, salvo que el Organismo Contratante convenga por escrito en otra cosa.

E. El contratista y el Organismo Contratante se consultarán en el plazo de 30 días a partir de la presentación al contratista de la solicitud de pago relativa a la totalidad o a alguna parte de la cantidad que deba pagarse (incluida toda suma destinada a honorarios) con motivo de la suspensión del trabajo. Se modificará el contrato como corresponda y se pagará al contratista la cantidad convenida.

F. Si el contratista y el Organismo Contratante no llegan a ponerse de acuerdo sobre las cantidades que deban pagarse a aquel de conformidad con esta cláusula, el Organismo Contratante pagará la cantidad, en su caso, que determine se adeuda al contratista teniendo en cuenta los siguientes factores:

(1.) Los costos y gastos reembolsables de acuerdo con este contrato, que no hayan sido pagados anteriormente, por la ejecución del contrato con anterioridad a la fecha de vigencia del Aviso de Suspensión de Trabajo, y los gastos que continúen durante un tiempo razonable a partir de esa fecha con la aprobación del Organismo Contratante o según indique éste.

(2.) El costo que se le origine al contratista al liquidar y pagar las solicitudes de pago que se deriven de la suspensión del trabajo en virtud de subcontratos o pedidos que sean debidamente imputados a la parte suspendida del contrato.

(3.) Los gastos razonables que origine la preparación de las solicitudes de liquidación y la información justificativa referente a la parte rescindida del contrato y por la rescisión y liquidación de los subcontratos, junto con los gastos razonables que se originen en relación con la protección o enajenación de las existencias que haya al suspenderse el trabajo.

(4.) El porcentaje de los honorarios totales en proporción al porcentaje del trabajo terminado con anterioridad a la suspensión relacionado con el costo estimado del contrato. No se incluye el trabajo de los subcontratistas que se haya incluido en las solicitudes de pago motivadas por la suspensión del trabajo de los subcontratistas ni los honorarios que ya se hayan pagado anteriormente.

G. Al decidir la suma adeudada al contratista, se deducirán todos los anticipos no liquidados y demás pagos efectuados al contratista que sean aplicables a la parte rescindida de este contrato; todos los derechos reconocidos que el Organismo Contratante pueda tener contra el contratista en relación con este contrato; y el precio convenido, o el producto de la venta, de los bienes adquiridos por el contratista o vendidos y que no hayan sido recuperados por el Organismo Contratante o acreditados a éste.

H. Si el total de pagos que se efectúe en relación con la parte rescindida del contrato es superior a la cantidad que, según se haya determinado, se adeude conforme a esta cláusula, el contratista pagará ese exceso al Organismo Contratante a petición de éste, junto con los intereses calculados a razón del 13 por ciento anual, durante el período que transcurra desde la fecha en que el contratista recibió dicho pago excesivo hasta la fecha en que se reembolsó el mismo al Organismo Contratante.

I. Toda la diferencia referente a las cantidades o procedimientos relativos a la suspensión del trabajo se resolverá de acuerdo con la cláusula de este contrato titulada "Controversias y apelaciones".

19. Empleados del Contratista

A. A solicitud por escrito del Organismo Contratante, el contratista trasladará o sustituirá cualquiera de sus empleados que se hallen presentes en el país beneficiario. El contratista no será reembolsado ni se le pagará ninguna cantidad adicional por el costo del transporte de regreso de ningún empleado, o de las personas a su cargo y sus efectos domésticos, ni tampoco se reembolsará al contratista los gastos de transporte al país beneficiario del sustituto de dicho empleado, ni de las personas a su cargo y sus efectos domésticos, si algún empleado trasladado con arreglo a este párrafo no ha cumplido satisfactoriamente sus obligaciones o es culpable de mala conducta.

B. Todos los empleados del contratista y de los subcontratistas se comportarán en todo momento, mientras se encuentren en el país beneficiario, de acuerdo con las leyes de dicho país.

20. Estado de salud de los empleados y de las personas a su cargo

A. El contratista se asegurará de que todos los empleados (salvo los que hayan sido contratados en el país beneficiario) y las personas a su cargo autorizadas para acompañarlos al país beneficiario gozan de buena salud para trabajar según lo estipulado en este contrato y/o para residir en el país beneficiario.

B. El contratista exigirá a todos esos empleados y a las personas autorizadas a cargo de ellos que sean examinadas por un doctor en medicina antes de su salida con destino al país beneficiario.

C. El médico certificará que, a su juicio, el empleado está en buenas condiciones físicas para dedicarse al tipo de actividad por la cual se le ha contratado y que el empleado y las personas a su cargo autorizadas se encuentran en buenas condiciones físicas para residir en el país beneficiario.

Si el contratista no tiene un certificado médico como parte del expediente del empleado antes de la salida de éste o de las personas autorizadas a su cargo para el país beneficiario, y si el empleado es incapaz de ejecutar el tipo de actividad para la que se le contrató y de concluir la comisión de servicio por causa de alguna incapacidad física (que no sea provocada por un accidente mientras estaba empleado en virtud de este contrato), o alguna persona autorizada a su cargo no puede residir en el país beneficiario por causa de alguna incapacidad física (que no sea provocada por un accidente mientras era persona a cargo en virtud de este contrato), no se reembolsará al contratista por el costo del viaje de regreso del empleado físicamente incapacitado y/o de las personas a su cargo y sus efectos domésticos, ni se reembolsará al contratista el costo del viaje al país beneficiario y del envío de los efectos domésticos por el sustituto de dicho empleado incapacitado.

21. Conducta de los empleados

Aparte del trabajo que haya de ejecutarse según este contrato y por el cual el contratista asigne a un empleado o consultor, o salvo lo que el Organismo Contratante convenga por escrito, ningún empleado o consultor del contratista se dedicará, directa ni indirectamente, ya sea en su propio nombre o en nombre o a través de otra persona, a ningún negocio, profesión u ocupación en el país beneficiario. Aparte de lo que se estipula en este contrato, ningún empleado o consultor del contratista recibirá, accederá a recibir o pedirá directa o indirectamente, ya sea en su propio nombre o en el nombre o a través de otra persona, ninguna remuneración por servicios prestados o que vayan a ser prestados por dicho empleado o consultor en virtud de este contrato.

22. Igualdad de oportunidades

El contratista no discriminará en la selección o condiciones de empleo del personal contratado en los Estados Unidos por razón de raza, religión, color, sexo u origen nacional.

23. Normas de trabajo

A. El contratista cumplirá las leyes, reglamentos y normas de trabajo vigentes en el país beneficiario.

B. El contratista formulará y aplicará un programa adecuado de seguridad contra accidentes con respecto a todo el trabajo que se realice conforme a este contrato, ya lo ejecute el propio contratista o subcontratistas. El Organismo Contratante garantiza al contratista su colaboración cuando la aplicación de estas medidas de seguridad exija una actuación coordinada.

C. Los salarios, prestaciones, horas de trabajo y condiciones de empleo para el personal del país beneficiario que sea empleado por el contratista para trabajar en virtud de este contrato cumplirán, como requisito mínimo, las normas establecidas en la escala de salarios que tenga vigente el contratista. Únicamente se podrá desviar de estos salarios y condiciones de empleo con el previo consentimiento del Organismo Contratante.

24. Seguro de accidentes de trabajo

A. El contratista, antes de comenzar a realizar el trabajo de acuerdo con este contrato, mantendrá un seguro de accidentes para proteger a cada uno de sus empleados en la medida exigida por la Ley de Bases de Defensa de los Estados Unidos, si procede, pero en todo caso por una cuantía equivalente a la protección requerida por las leyes o las costumbres en la localidad en que el empleado del contratista preste sus servicios.

B. El contratista obtendrá todo el seguro de la Ley de Bases de Defensa exigido en esta cláusula de parte de la "Insurance Company of North America" por conducto de la firma "Wright and Company", 1001, Connecticut Avenue, NW, Washington, D.C. 20036, U.S.A.

C. El contratista se compromete a intercalar esta cláusula en todos los subcontratos que se celebren conforme a este contrato, salvo los que tengan por objeto exclusivo proveer materiales o suministros.

25. Seguro

El contratista obtendrá y conservará durante la duración de este contrato las siguientes protecciones de seguro con una compañía de seguros acreditada y entregará al Organismo Contratante un certificado del seguro expedido por la compañía de seguros y relativo a las pólizas de seguros que exige esta cláusula.

A. Seguro Marítimo

El contratista asegurará todas las mercancías, equipo y materiales financiados en virtud de este contrato o que le sean suministrados por el Organismo Contratante, contra los riesgos que entrañe su transporte hasta el punto de su utilización en la ejecución de este contrato, y hasta el punto de su almacenamiento, en su caso, antes de ser incorporados al proyecto. Dicho seguro cubrirá la totalidad del valor de las mercancías, equipo y materiales, y el producto del seguro será pagadero en dólares de EE. UU. o en alguna otra moneda plenamente convertible o aceptable. Con respecto a las mercancías, equipo y materiales, cuyo costo sea reembolsable conforme a este contrato, el contratista notificará sin tardanza el pago que haya recibido por el seguro de alguno de esos artículos. Los fondos que reciba por el seguro se destinarán a reemplazar los artículos con otros provenientes de países incluidos en el Código 935.

B. Seguro de automóviles particulares.

Si el contratista o alguno de sus empleados o personas a cargo envían al país beneficiario (ya sea a expensas del contrato o por su propia cuenta) o compran automóviles de propiedad particular en el país beneficiario, el contratista se cuidará de que todos esos automóviles estén protegidos por una póliza de seguros válida y expedida por una compañía de seguros acreditada que ofrezca la siguiente protección mínima (o la protección mínima que fije el Gobierno) pagadera en dólares de Estados Unidos o su equivalente en moneda nacional: lesiones a personas, 10.00/20.000 dólares; *daños materiales, 5.000 dólares*. El costo de la prima de dicho seguro no será reembolsable al amparo de este contrato.

Cada póliza de seguros indicará que el asegurador se compromete a investigar y defender al asegurado contra todas las reclamaciones por daños y perjuicios, aun cuando éstas carezcan de base.

26. Publicaciones

A. Los datos técnicos, recomendaciones, notas, memoranda y demás información y datos preparados por el Contratista en cumplimiento o en relación con este contrato pasarán a ser propiedad del Organismo Contratante. Esta estipulación no se interpretará en el sentido de que se limite el derecho del contratista o de su personal a hacer, conservar y utilizar copias de registros, notas, informes y demás información de carácter personal o profesional.

B. Revisión antes de la publicación

El Contratista se compromete a dar al Organismo Contratante la oportunidad de examinar cualesquier datos que tenga intención de publicar, y a que haga los comentarios pertinentes, a los cuales dará

debida consideración antes de su publicación. El contratista notificará al Organismo Contratante sobre su intención de publicación, junto con una copia del material que tiene intención de publicar, a más tardar en la fecha de entrega a la casa editora. El ICAITI se reserva el derecho de descargo de responsabilidad por las opiniones expresadas en la publicación del material en cumplimiento de este contrato, y se reserva el derecho asimismo de no asumir responsabilidad por el endoso o publicación de cualesquier otros datos. En el caso de que el ICAITI ejerza su derecho en cuanto a lo mencionado anteriormente, el Oficial del Organismo Contratante notificará al Contratista por escrito al respecto; dicha notificación incluirá una exposición adecuada de la salvedad o renuncia de responsabilidad que se indique en la publicación.

C. Reconocimientos

En todas las publicaciones se hará constar la colaboración de las partes contratantes, a menos que la parte contratante que contribuya a la información no desee aparecer.

D. Copias

En caso de la publicación de la información o datos descritos anteriormente, se entregará al Oficial de Contratos una copia de dicha publicación, sin costo alguno para el Gobierno.

E. El contratista comunicará al Gobierno, sin tardanza y con un detalle razonable, cada notificación o demanda por infracción de patente o de derechos de autor que se base en la ejecución de este contrato y de la que tenga conocimiento el contratista. El contratista facilitará al Gobierno, a petición de éste, todas las pruebas e información que posea relativas al litigio o demanda a costa del Gobierno.

27. Notificaciones

Toda notificación que dé cualquiera de las partes contratantes será válida únicamente si se prepara por escrito y se entrega en persona o se envía por telégrafo, correo certificado u ordinario a las direcciones que se indican en la portada de este contrato.

Las notificaciones tendrán vigencia cuando se entreguen o en la fecha en que entre en vigor la notificación, según la que sea posterior.

ANNEX 3

Reporte de Avance del Proyecto TAEK-CIEA-ICAITI.

Plan del Reporte.

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. Plan Experimental.
4. Alcance del Reporte.
 - 4-1. Materiales y Métodos.
 - 4-2. Caracterización de Afluentes
 - 4-3. Resultados del Arranque.
4. Alcance del Reporte.

Este informe cubre hasta la primera parte del Arranque de la etapa de - Estudio de Tratabilidad de Condensado Kraft del Proyecto, pensado para su primer año de desarrollo.

4-1. Materiales y Métodos.

4-1-1. Planta de Reactores a escala laboratorio.

Se montó tres columnas de vidrio esbeltas, dos de ellas con cámara de - tranquilización superior (correspondiendo al Lecho Fluidizado-RANLEF y - al Lettinga híbrido-RANMAL)

Todas fueron provistas de sus secciones de alimentación, recirculación, descarga de efluente y colección de biogas, y con sus medios soporte para posibilitar el crecimiento de biopelículas activas.

En la Tabla 1 se exhibe las características físicas de cada columna, y otros detalles constructivos son mostrados en la Figura 1.

Los medios soporte seleccionados fueron:

- Carbón activado Malla 30-40 para el RANLEF.
- Módulo de paralelepípedos de espuma de poliuretano, en una serie a)---

ternada a 90 grados, para el RANMAL híbrido.

-Módulo de PVC corrugado, mármol y tezontle trozados para el FIBAN-FD.

Para el RANLEF se eligió carbón activado de granulación fina (aproximadamente 500 micrones de diámetro) como medio soporte, tomando en cuenta ciertas características favorables, como ser: baja densidad (minimiza tasa de recirculación), su capacidad adsorbente (que puede proteger las bacterias de la acción de compuestos inhibitorios o decididamente tóxicos), Wang et al. (1987), el probable efecto benéfico de bioregeneración, Chudyk y Snoeyink, (1984), y la obtención de tasas de regeneración del carbón activado recubierto de biopelículas en el orden de 100 a 105% (anulando los costos por reposición de medio), Ding et al., (1987).

Se consiguió carbón activado granular de fabricación mexicana, se molió se cribó en tren de mallas, y se tomó la fracción que pasó por la malla 30 y quedó retenida en la 40. Esta porción fue sometida a 3 lavados con agua destilada caliente a casi punto de ebullición, secada y cargada

al reactor como se describe más adelante.

El módulo de espuma de poliuretano del RANMAL híbrido se recomendó para proveer de una superficie de colonización y facilitar el arranque del reactor, Calzada, (1987a).

El PVC corrugado se seleccionó por su alta oquedad y área específica, Poggi et al. (1987), el mármol en trozos y en pequeña cantidad para ayudar a cierto control de pH y alcalinidad en la acidogénesis del arranque, y el tezontle por su textura porosa-rugosa, que ayuda a la colonización del reactor, González (1987). Tanto el mármol como el tezontle son fuente de oligoelementos necesarios para el crecimiento de las biopelículas.

En la Tabla 2 se expone las características físicas de los medios soporte, y en la Figura 2 y Tabla 3 su disposición en cada reactor.

El arreglo de la Planta de Reactores se esquematiza en la Figura 3, y la información se complementa en la Tabla 4.

Toda la Planta se encuentra instalada en un cuarto estufa, mantenido a temperatura 32 grados Celsius constante (rango mesofílico).

El funcionamiento de la Planta de Reactores se describe a continuación en forma sumaria:

-la alimentación se realiza desde un tanque de alimentación común, conectado por un venteo a un tanque pulmón lleno de gas inerte, que impide el contacto masivo del afluente con el oxígeno atmosférico.

La BA1 inyecta afluente al RANLEF, mientras que la BA2 hace lo propio a los reactores RANMAL y FIBAN. Este último es el único que se opera en flujo descendente. La alimentación se realiza siempre de un modo intermitente, manualmente al principio y accionado por reloj-programador posteriormente.

-a todos los reactores se les proporciona recirculación continua mediante una bomba peristáltica común, sólo que las tasas de reciclo no resultan necesariamente iguales.

El RANLEF es quien necesita recirculación en forma obligada, aunque es deseable minimizarla para abatir altos costos de bombeo a escala completa, Foggi (1984a).

En los casos del RANMAL y FIBAN, es recomendable recircular efluente, pues ayuda a diluir y mezclar la carga orgánica y sustancias inhibitorias, mejora la distribución hidráulica en los reactores, minimiza la posibilidad de que se presenten zonas ácidas, y uniformiza la alcalinidad y la deposición del inóculo sobre el medio soporte, rasgos -- todos ellos deseables durante el arranque e incluso la operación en estado estable, Kennedy y Van den Berg (1986), De Zeeuw (1984).

El RANLEF y el RANMAL fueron provistos de tanques de recirculación, destinados a dar una carga de efluente a la BR y facilitar el desprendimiento de biogas. El FIBAN al principio también tuvo su TR, pero dió muchos problemas operativos y se optó por prescindir de ese accesorio.

-la descarga de efluente se realiza a través de una tubería en cuello -

de cisne cuyo extremo final queda sumergido permanentemente en una porción de efluente dentro de una probeta de rebose/colector final.

El cuello de cisne parte de la tubería de recirculación de cada uno de los reactores.

-la colección de gas se lleva a cabo en un garrafón de salmuera, y su volumen se mide por la salmuera desplazada que se recoge en una probeta. El biogas generado se toma del tope de cada reactor y de su tanque de recirculación, y es conducido a una trampa de gas donde se le separa de eventuales arrastres de licor de reactor, que falsearían su medición.

4-1-2. Análisis.

Los análisis para caracterización de afluente y corrientes de proceso se hicieron siguiendo en su mayor parte los métodos normalizados, AFHA-AWWA-WPCF (1984), y se exhiben en la Tabla 5.

Los tipos de análisis practicados sobre los medios soporte se dan en la Tabla 6.

4-1-3. Procedimiento de Arranque.

-Formulación y preparación del inóculo, Poggi (1984b):

Suelo profundo.....	30 g/L, base húmeda.
Excreta vacuna.....	30 g/L, base húmeda.
Excreta porcina.....	" " "
NaHCO ₃ comercial.....	1 g/L
Na ₂ CO ₃ "	1 g/L
Agua corriente	

Se suspende y mezcla con agitación mecánica o manual, y se criba la --- suspensión en mallas 30 y 40. La mezcla ya cribada es la que se usa como inóculo, sin que se corra peligro de taponamiento de mangueras por - la presencia de partículas gruesas.

Se prepara en el momento previo al arranque, y conviene mantenerlo tapado durante los minutos en que no se usa, preferentemente bajo atmósfera inerte (exenta de O₂).

-Formulación del Agua Residual Sintética (ARS), Poggi (1984b):

Azúcar comestible.....	4 g/L
Acido acético glacial.....	0.5 g/L
NaHCO ₃ comercial.....	1 g/L
Na ₂ CO ₃	1 g/L
K ₂ HPO ₄ (1).....	0.2 g/L
NH ₄ Cl (1).....	1 g/L
Agua corriente	

(1) incluido a partir del 2o. lote de ARS.

-Arranque propiamente dicho, Poggi (1984b):

Se describirá primeramente el arranque del RANLEF, por ser su procedimiento algo más complejo, pues hay que cargar y arrancar evitando que se empaque el medio soporte.

En forma general, se hace como sigue:

- 1-llenado del reactor hasta la mitad de su volumen con ARS.
- 2-barboteo de un gas inerte por la base del reactor (mantenerlo hasta la fase 4 inclusive).
- 3-introducción del medio soporte por una entrada lateral superior oblicua.
- 4-inyección del inóculo (750 mL) por medio de una bomba volante.
- 5-carga de más ARS para llenar el sistema. Cortar barboteo de gas inerte.
- 6-encender bomba de recirculación inmediatamente.

El barboteo de gas inerte dura cerca de 10 minutos para sistemas de laboratorio. También se barre con gas inerte el conjunto tanque de alimentación -tanque pulmón, y la sección de colección de gas, habilitando por medio de las llaves y conexiones adecuadas.

Para el RANMAL y el FIBAN, el procedimiento es análogo, sólo que se prescinde de la fase 3 (en estos reactores el medio soporte se coloca antes de la carga y arranque). Como la bomba de recirculación es común, y su funcionamiento es prescindible para el RANMAL y el FIBAN, mientras que para el RANLEF es crítica, se procede a arrancar en orden FIBAN-RANMAL-RANLEF, y se enciende la BR cuando este último está listo.

4-2. Caracterización de Afluentes.

Una empresa mexicana de celulosa y papel, que produce celulosa por proceso Kraft, proporcionó muestras de Condensado de recuperación de licor de digestión Kraft y de efluente de Blanqueo de celulosa, en pequeñas cantidades, y que designaremos como Condensado 1 y Blanqueo 1 respectivamente. Estos efluentes fueron analizados mientras se procedía al armado de la Planta de Reactores y tareas relacionadas.

Posteriormente, la empresa envió un lote grande de condensado, ya para las pruebas de tratabilidad, del mismo origen que el primero, pero dada la posible variación se volvió a analizar y se le designó como -- Condensado 2.

Los valores analíticos de estos tres afluentes se presenta en la

Tabla 7.

Como puede verse, el condensado resulta un efluente de concentración mediana de materia orgánica, y ésta se encuentra en forma soluble. La presencia de sustancias tóxicas o al menos inhibitorias es notoria, si nos referimos a la DBO, ya que ésta aumenta al aumentar la dilución

de la muestra.

Su pH es básico, pero su capacidad amortiguadora es baja (valores pequeños de alcalinidad). No se descarta que deba añadirse alcalinidad durante el tratamiento, a pesar de su pH.

El contenido de macronutrientes (N,P) es insuficiente en relación a la proporción recomendable DQO:N:P para procesos anaerobios, y se estima necesario adicionar sales de amonio y fosfatos, aunque en menor cantidad que la necesaria para mantener un proceso aerobio convencional.

La concentración de azufre inorgánico es muy baja, y no se prevee problemas de toxicidad por sulfuro dado que la relación DQO/SO₄ es mucho mayor a 10, Calzada (1987b).

No se determinó sustancias azufradas orgánicas, pero no hay evidencia olfativa para sospechar presencia de mercaptanos, Norman (1982).

Se determinó metanol, etanol y acetona, dado que otros condensados Kraft tienen un gran aporte de estos compuestos, Norman (1978), (1982).

En nuestro caso, estas especies están ausentes, así que la materia orgánica del condensado se debe a la presencia de otros compuestos, probablemente fenoles y polifenólicos.

El efluente Blanqueo posee una concentración baja de materia orgánica, la cual es muy poco biodegradable. Ostenta también un pH básico, con capacidad amortiguadora entre baja u mediana.

La concentración de P es baja, pero probablemente suficiente para cumplir con la proporción deseada DQD/F en tratamientos anaerobios, pues el carbono medido como DBO también es bajo.

Las características de este efluente de blanqueo no se asemejan a las reportadas por otros investigadores, como el caso del grupo de Salkinoja-Salonen, especialmente porque nuestro efluente es más diluído en materia orgánica.

Una causa probable de esta condición, manifestada 'a posteriori' por la empresa, puede radicar en que su proceso de blanqueo -- posee una etapa en que usan peróxido de hidrógeno.

La empresa ha ofrecido enviar efluente de blanqueo de otra de sus plantas de celulosa Kraft, más acorde con nuestros requerimientos.

No se espera problemas de toxicidad por sulfuros, dada la pequeña concentración de sulfatos y la ausencia de sulfuros.

4-3. Resultados del Arranque y Aclimatación.

La estrategia global de arranque consiste en comenzar la operación de los reactores con un agua residual sintética que posibilite la consolidación de condiciones anaerobias 'sanas', y después aclimatarlos al condensado con un aumento gradual de la proporción de éste en la alimentación.

Esta estrategia experimentó saltos no previstos ni deseables en los casos del RANLEF y RANMAL, pues debieron re-arrancarse y llevarse forzosamente a la etapa posterior común, al no tener flexibilidad de bombas de alimentación y recirculación independientes. Los problemas que ocasionaron los re-arranques fueron de tipo mantenimiento preventivo (falta en la observación del Protocolo de Atención a la Planta de Reactores en lo relativo al cambio preventivo de las mangueras de los cabezales de la bomba de recirculación).

Pese a lo molesto e inoportuno de estos eventos, queda el consuelo que no se debió a fallas del proceso biológico en sí.

En la Tabla B se expone un sumario de las etapas de arranque-aclimatación que se desarrolló hasta la fecha.

La carga y arranque de los reactores se inició el 28/Agosto/87,--- con una respuesta inmediata acidogénica del RANLEF a las pocas horas de iniciado.

El RANMAL fue el segundo en manifestar actividad biológica, con una acidogénesis moderada, mientras que el FIBAN parecía no arrancar. Este mostraba un pH por arriba de 7, ausencia de biogás, y una remoción moderada de carga orgánica.

Esta situación motivó una serie de tres re-inoculaciones al FIBAN durante el período de baja carga (etapa 1).

Según se vió después, había una fuga de gas en su trampa de gas (TG). Esta se cambió y se constató producción de biogás, aunque podemos seguir considerando que su arranque es el más lento si nos fijamos en la---

remoción de DQO como criterio.

La actividad inicial del RANMAL híbrido se debió fundamentalmente a la rápida colonización de bacterias sobre el módulo de poliuretano. No fue evidente la formación espontánea de flóculos o gránulos necesarios para formar el manto de lodos propio. El ARS no contiene sólidos suspendidos que sirvan como iniciadores base para ello, y los sólidos suspendidos del inóculo no fueron suficientes.

Se decidió inyectarle bagacillo molido y posteriormente se le inoculó lodos floculentos de un RANLEF que procesa efluente azucarero. Este segundo RANLEF (designado RANLEF-ARIA para diferenciarlo del RANLEF de Proyecto ICAITI), posee además del lecho granular fluidizado, un manto de lodos que se ha desarrollado de manera natural.

Esta inoculación ocurrió en su segundo arranque, etapa 4, y los lodos se establecieron como un manto bien definido al disminuir el gasto de recirculación en la etapa 5.

El curso del arranque-aclimatación se expone en las Tablas 9, 10 y 11 para el RANLEF, RANMAL y FIBAN respectivamente.

A simple vista, los saltos por re-arranque perjudicaron en cierto grado el funcionamiento del RANLEF y del RANMAL, reflejado en el bajón del rendimiento de biogas 'Y', pero sin llegar a niveles alarmantes. En efecto, la remoción de carga orgánica no se ha deteriorado, y el pH y la concentración de Acidos Orgánicos Volátiles (no exhibidos en las Tablas) han permanecido estables y en los niveles normales para un proceso anaerobio 'sano'.

El FIBAN se ha beneficiado de recorrer el proceso de arranque-aclimatación completo, sin sobresaltos, y muestra un funcionamiento parejo y modesto, sin que el rendimiento de biogas haya superado la barrera de 0.20, aun en la etapa de alimentación con ARS.

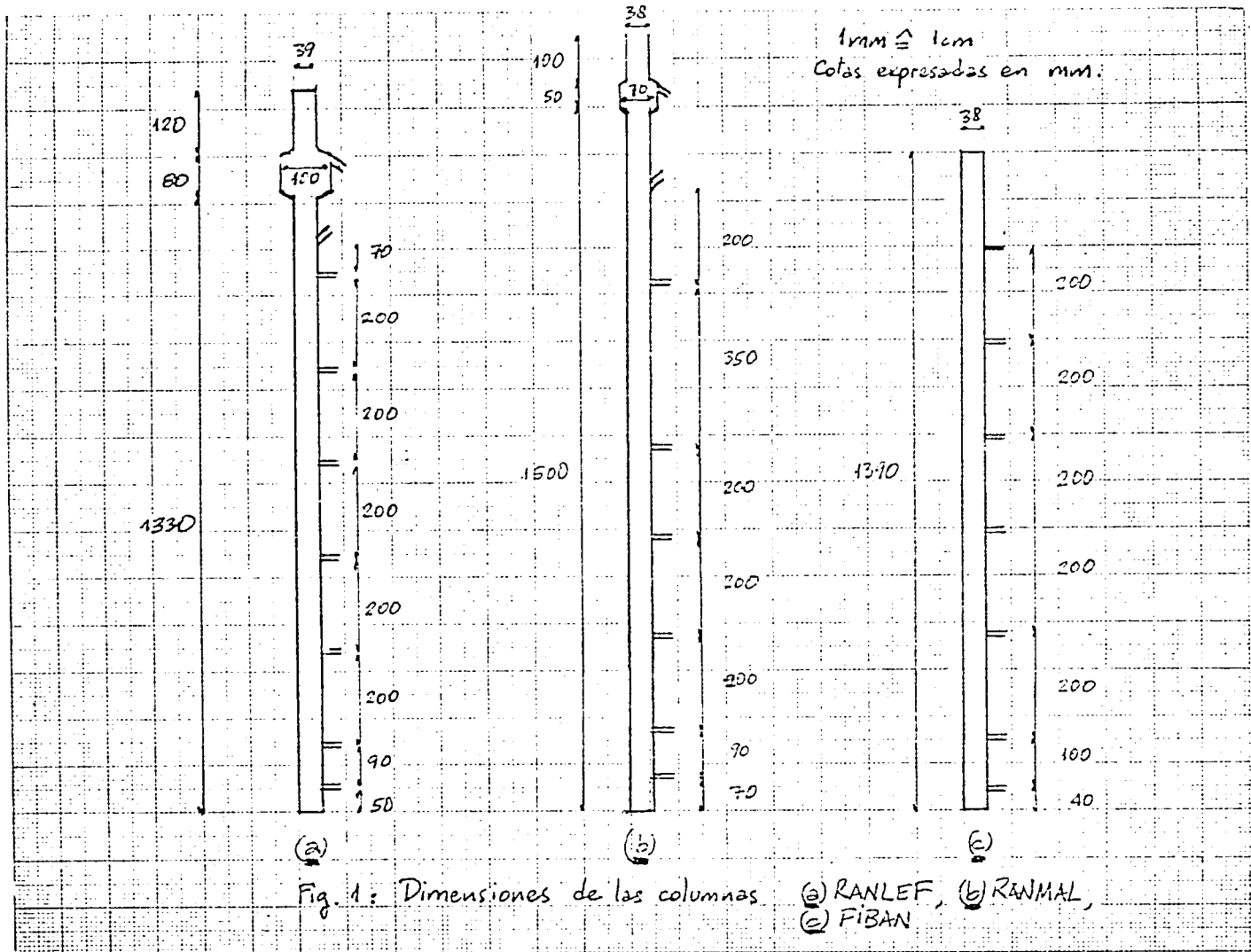
A pesar que la materia orgánica del condensado no está constituida por sustancias orgánicas volátiles accesibles a los microorganismos (metanol, etanol, etc.), y eso hace suponer la presencia mayoritaria de otros compuestos orgánicos menos deseables, creemos que la aclimatación procederá exitosamente y llegaremos a la meta de 100% de condensado a tiempo de retención hidráulica de 1 día en los tres reactores.

NOMENCLATURA.

ARS	Agua Residual Sintética.
COS	Carga Orgánica por unidad de área de medio soporte.
COV	volumen útil de reactor,
en general.	
FIBAN	Filtro Biológico Anaerobio, columna empacada de flujo descendente.
RANLEF	Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado.
RANMAL	Reactor Anaerobio de Manto de Lodos, que en nuestro caso designa a un Reactor de Lett. nga híbrido con relleno en su parte superior.
v	velocidad lineal
	Letras Griegas
θ	tiempo de retención
	Sub índices
a	afluente
e	efluente
H	hidráulico
z	dirección vertical

REFERENCIAS

- Calzada, F. (1987a) Comunicación personal
" (1987b)
- Chudyk, W.A. y Snoeyink, V.L. (1984), 'Bioregeneration of activated carbon saturated with phenol', Environ. Sci. Technol. 18(1):1-5.
- De Zeeuw, W.J. (1984), 'Acclimatization of anaerobic sludge for UASB reactor start-up', Tesis Doctoral, Universidad de Wageningen, Holanda.
- Ding, J; Snoeyink, V.L; Larson, R.A.; Recktenwalt, M.A. y Wedeking, C.A. (1987), 'Effects of temperature, time and biomass on wet air regeneration of carbon', J.W.P.C.F. 59(3):139-144.
- González, S. (1986), Comunicación personal.
- Kennedy, K.J. y Van den Berg, L. (198), 'Anaerobic downflow stationary fixed film reactors', en M. Moo-Young, Editor, 'Comprehensive Biotechnology', Pergamon Press.
- Norrman, J., y Hakansson, H. (1978), 'Anaerobic-aerobic treatment of specific pulp and paper wastewaters', IAWPR 9th. Intl. Conf., Post Conf. Seminar, FS4, Stockholm, Suecia.
- Norrman, J. (1982), 'Anaerobic treatment of a black liquor evaporator condensate from a Kraft mill in three types of fixed film reactors', IAWPR Specialized Seminar on Anaer. Treatm. of Wastewaters in Fixed Film Reactors, June 16-18, Copenhagen, Dinamarca.
- Foggi, H. (1984a), 'Desarrollo de un Reactor Anaerobio de Lecho Fluidizado para el tratamiento de efluentes altamente contaminantes', Propuesta de Proyecto de Investigación, COSNET, Secretaría de Educación Pública, México.
- Foggi, H. (1984b), 'Protocolo de Investigación No 287', CIEA-IPN, México.
- Foggi, H. (1986), 'Manual de Laboratorio', CIEA-IPN, México.
- Foggi, H.; García, E. y Gutiérrez, E. (1987), 'Tratamiento anaerobio de un efluente con alto contenido de sulfatos', 23a Conferencia Nacional del Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos, Ixtapa-Zihuatanejo, Gro., México.
- Wang, Y.T.; Suidan, M.T. y Rittman, B.E. (1987), 'Modeling biofilm kinetics for a low loaded expanded bed anaerobic reactor', Biotechnol. Bioeng. 30(1):15-21.



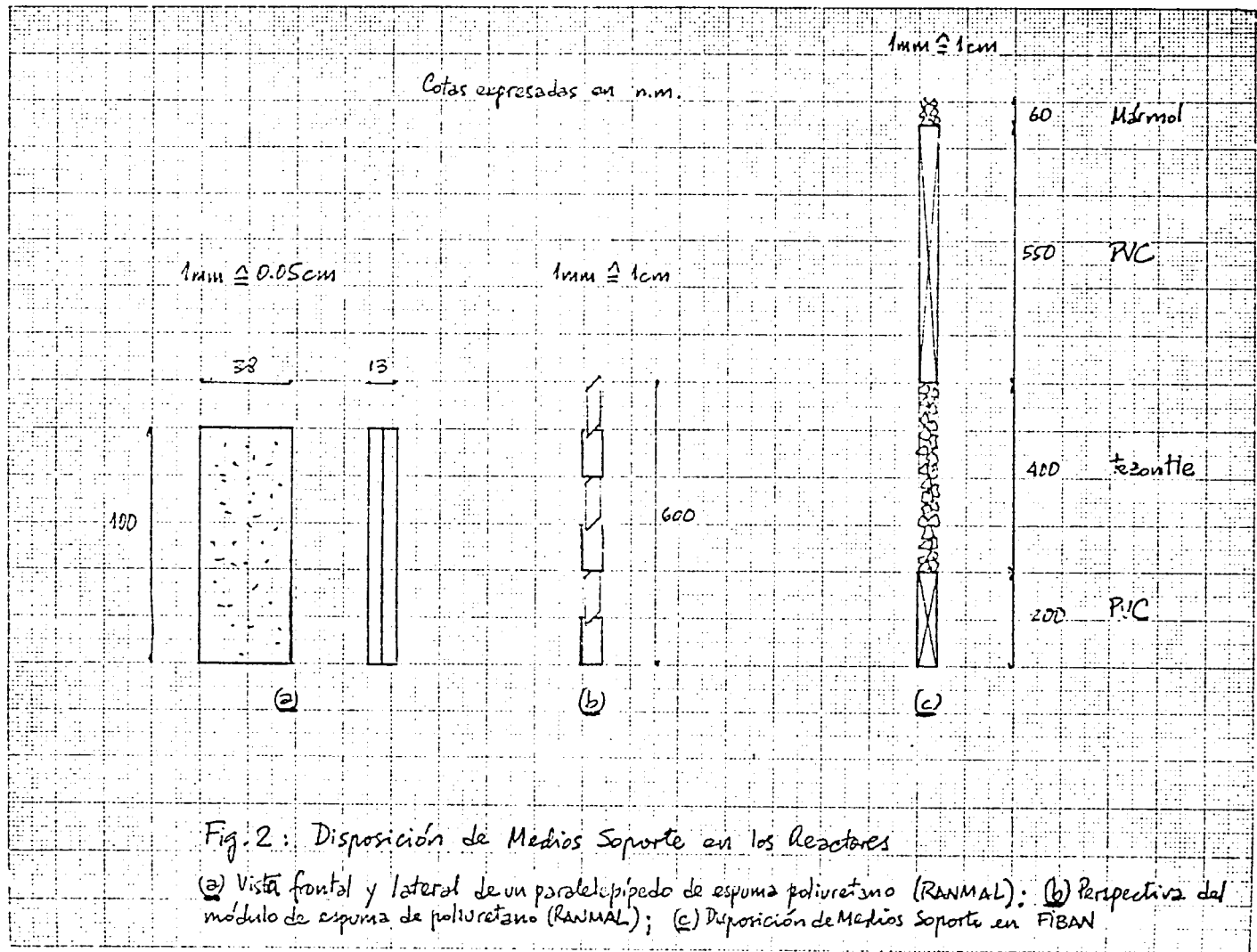
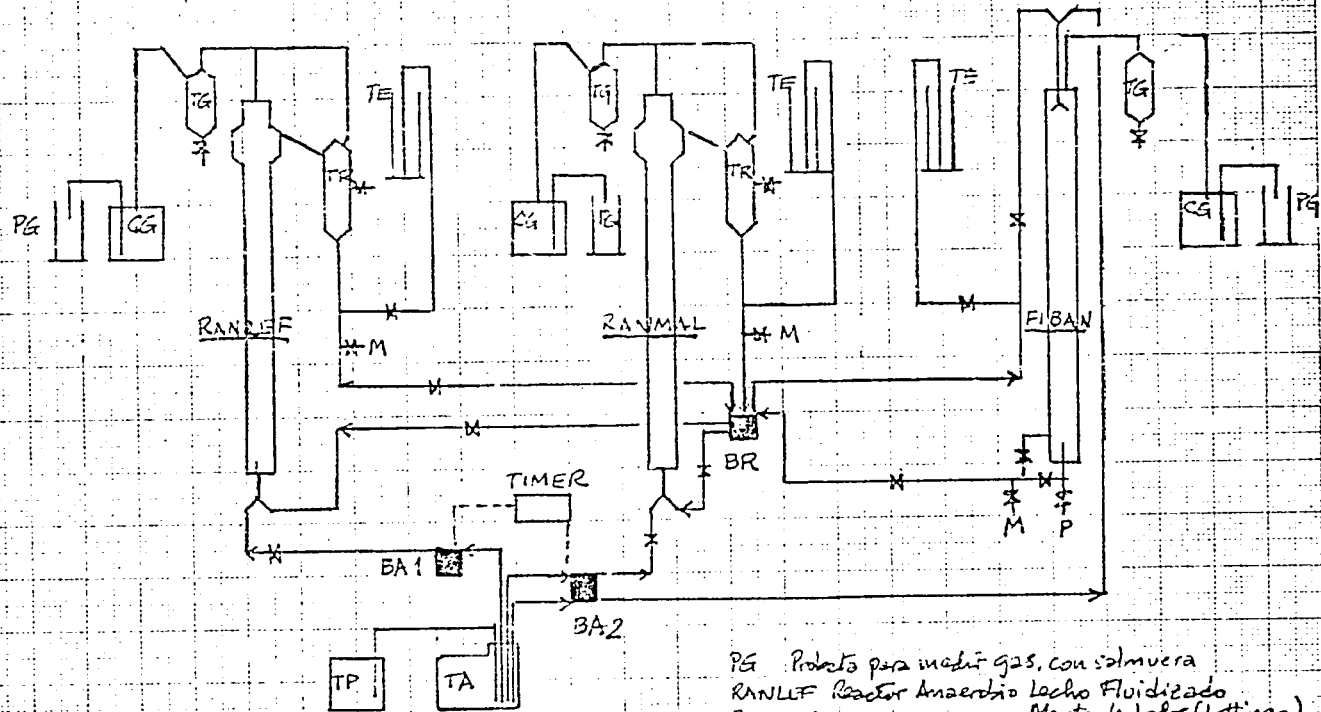


Fig. 2: Disposición de Medios Soporte en los Reactores

(a) Vista frontal y lateral de un paralelepípedo de espuma poliuretano (RANMAL); (b) Perspectiva del módulo de espuma de poliuretano (RANMAL); (c) Disposición de Medios Soporte en FIBAN

Fig. 3. Arreglo Básico de la Planta de Reactores.



BA-1 Bomba de Alimentación del RANLEF
 BA-2 " " " RANMAL & FIBAN
 BR " " " Recirculación
 CG Tanque colector de gas
 FIBAN Filtro Biológico Anaerobio, flujo descendente
 M Muestreo
 P Purga

PG Probeta para medir gas, con salmuera
 RANLEF Reactor Anaerobio Lecho Fluidizado
 RANMAL " " Manto de Lodos (Lettinga)
 TA Tanque de Alimentación
 TE Tanque Colector de Efluente
 TG Trampa Gas/Líquido
 TP Tanque Pulmón
 TR Tanque de Recirculación.

Tabla 1: Características de los Reactores.

	RANLEF	RANMAL	FIBAN
Material columna	vidrio	vidrio	vidrio
Diámetro interno (mm)	39	38	38
Area transversal interna (cm ²)	11.86	11.26	11.26
Altura (mm)	1540	1650	1390
Cámara tranquilización, (LxD,mmxmm)	80x100	50x70	----
Salidas laterales	7	6	7
Volumen total (L) (1)	3.000	2.450	2.200
Volumen útil (L) (2)	2.800	2.150	2.050

(1) Volumen geométrico medido desde la base hasta la salida de recirculación, reactor vacío.

(2) Volumen anterior menos el volumen propio del medio soporte de cada reactor.

Tabla 2: Características de los Medios Soporte.

Característica	Tezontle	Mármol	Carbón activado	PVC	Espuma poliuret
Densidad aparente (g/mL)	0.58	1.34	0.41	---	----
Densidad real (g/mL)	2.72	3.15	2.14	---	----
Oquedad (%)	78.7	57.5	80.0	96	----
Diámetro elipsoidal (mm) (2)	18.7	15.9	0.470	---	----
Diámetro geométrico (mm) (3)	21.7	18.1	0.500	---	----
Area especif. mínima (m ² /m ³) (4)	43	67	4840	223	128
Area especif. mínima (m ² /m ³) (5)	54	87	5430	---	----

(1) Datos a proporcionar por ICAITI

(2) Diámetro = $\sqrt[3]{a \cdot b^2}$, a=menor dimensión lineal, b=mayor dim. lin.

(3) Diámetro = $\sqrt{a \cdot b}$, a y b igual que en (2).

(4) Calculada sobre la base del diámetro promedio elipsoidal, desprecia el área de recovecos y poros.

(5) Calculada sobre la base del diámetro promedio geométrico, desprecia el área de recovecos y poros.

Tabla 3: Disposición de Medios Soporte en Reactores.

Tipo	RANLER	RANMAL	FIBAN		
	Carbón Activado	Espuma de poliuret.	PVC corrug.	Tezontle	Mármol
Cantidad	0.41 Kg ba se seca	Serie de 6 paralelepí.	--	---	--
Altura (mm) (1)	837	600	750	400	60
Volumen (L) (2)	1	0.55	0.845	0.450	0.06
Area mínima (m ²) (3)	4.8	0.0698	0.1884	0.0236	0.0048
Area mínima total (m ²) (3)	4.8	0.0698		0.2168	

(1) Altura de la sección de reactor ocupada por el medio soporte

(2) Volumen geométrico de la sección de reactor ocupada por el medio soporte.

(3) No incluye el área de recovecos y poros del medio soporte, ni el área lateral interna del propio reactor.

Tabla 4: Arreglo de la Planta de Reactores.

Item	RANLEF	RANMAL	FIBAN
Tanque Alimentación (común)		18 Litros	
Tanque Pulmón (común)		4 Litros	
Bomba Alimentación	Bomba Peris- táltica 1	Bomba	Peristáltica 2
Bomba Recirculación (común)	B o m b a	P e r i s t á l t i c a	
TR (LxD;V), (mm:mm;L)	350x50;0.682	350x50;0.682	350x50;0.682
TG " "	200x50;0.390	200x50;0.390	200x50;0.389
TE " "	440x60;1.235	440x60;1.235	440x60;1.235
Colector de gas, L	3	3	3

Tabla 5: Determinaciones Analíticas en Corrientes de Proceso.

Parámetro	Afluente	Efluente	Licor	Biogas
DQO (1)	+	+	-	-
DBO	+	+	-	-
Sólidos	+	+	+	-
pH	+	+	-	-
Conductividad	+	+	-	-
Alcalinidad total y a la fenolftaleína	+	+	-	-
Alcalinidad parcial e intermedia (2)	+	+	-	-
Acidos Org. Volátiles	+	+	-	-
N Kjeldahl	+	+	-	-
P total	+	+	-	-
Sulfatos	+	-	-	-
Sulfuros	+	+	-	-
Cloruros	+	+	-	-
Metanol (3)	+	-	-	-
Etanol (3)	+	-	-	-
Acetona (3)	+	-	-	-
Metano (4), (5)	-	-	-	+
Dióxido de Carbono (5)	-	-	-	+

(1) Método semi-micro, titulación con sulfato ferroso amoniacal, - Poggi (1986).

(2) Alcalinidades hasta pH 5.75 y entre 5.75 y 4.3 respectivamente

(3) Cromatografía de Gases.

(4) " " " "

(5) Método de absorción de CO₂ en potasa, Poggi (1986).

Tabla 6: Determinaciones Analíticas en Medios Soporte.

Parámetro	Método
Densidad aparente	Gravimétrico, Foggi (1986)
Densidad real	“ “ “
Óxigeno	Desplazamiento de agua, Foggi (1986)
Diámetro	Medición directa y por abertura mallas
Area mínima	Cálculo

Tabla 7: Caracterización de Afluentes.

Parámetro	Condensado 1	Blanqueo	Condensado 2
DQO, mgO ₂ /L (1)	1080	515	1240
DRDS, mgO ₂ /L (2)	385/950	110	880
STT, mg/L	282	1550	200
STV, "	94	400	180
STF, "	188	1150	20
SST, "	0	250	22
SSV, "	0	150	14
SSF, "	0	50	8
Sól. Sedim., mL/L	0	0	0
pH	9.6	9.9	9.3
Conductividad, uSiemen/cm	200	1500	180
Alcalinidad Total, mg CaCO ₃ /L	101	326	64
" Fenolf., "	54	90	32
" Parcial, "	88	265	56
" Intermedia, "	13	61	16
N Kjeldahl, mg N/L	12	--	14
P Total, mg P/L	2.5	9	2.6
Sulfato, mg BaSO ₄ /L	17.2	9.5	41.2
Sulfuro, mg S/L	2.5	--	3.4
Cloruros, mg Cl/L	<5	<5	<5
Metanol, etanol y acetona (4)	trazas	--	trazas

(1) Método semi-micro, Poggi (1986)

(2) Método manométrico Hach, primer valor con muestra sencilla, -- segundo valor con muestra diluida 1:1 con agua destilada.

(3) Titulación potenciométrica con AgNO₃, electrodos de Ag/AgCl y de referencia de calomel normalizado.

(4) Por cromatografía de gas.

Tabla 8: Sumario del Arranque.

Etapa	Dura- ción (sem)	Gasto Alinen- tación (mL/d)	Gasto			vz(1)			Reinocu- lación			Rearranque		
			Recircula- ción (mL/d)			(m/h)								
			RF	RL	FB	RF	RL	FB	RF	RL	FB	RF	RL	FB
1	(28/8-14/9)	2.4 300	220	160	180	11	8.5	9.6	1	1	3	-	-	-
2	(15/9-23/9)	1.3 300	"	"	"	"	"	"	-	-	-	-	-	-
3	(24/9-14/10)	3.1 600	"	"	"	"	"	"	-	-	-	1	-	-
4 ⁽²⁾	(15/10-3/11)	2.7 1200	"	"	"	"	"	"	-	-	-	-	1	-
5 ⁽³⁾	(4/11-11/11)	1.0 1500	130	80	150	6.6	4.3	8	-	-	-	-	-	-

(1) Velocidad lineal vertical debida al gasto de recirculación, calculada con el área transversal vacía de cada reactor.

(2) 16.7% condensado + 83.3% agua residual sintética, excepto en el caso del RANLEF, que se re-arrancó con agua residual sintética diluida al 50% con agua corriente.

(3) 33.3% condensado + 66.7% agua residual sintética, excepto en el caso del RANMAL, que se re-arrancó con agua residual sintética diluida al 50% con agua corriente.

NB: RF=RANLEF, RL=RANMAL; FB=FIBAN.

Tabla 9: Arranque del RANLEF.

Etapa	COV		CO _S	QH		DQO _a	DQO _e	Efic. DQO	Produc.	Y
	(Kg/m ³ /d)	(Kg/m ³ /d)	(Kg/m ² /d)	(1)	(2)	(mg/L)		(%)	Biogas (m ³ PTN/ mLPTN/ día)	KgDQOrem)
1 (3)	0.38	0.49	2.05E-4	9.3	7.2	3520	540	84.7	437	0.49
2 (3)	0.52	0.68	3.05''	9.3	7.2	4875	640	86.9	499	0.40
3 (4)	0.62	0.80	3.64''	4.6	3.6	2850	540	81.0	532	0.38
4 (5)	2.13	2.75	12.27''	2.3	1.8	4910	575	88.2	736	0.14
5 (6)	2.05	2.65	12.16''	1.9	0.8	3143	755	75.9	483	0.14

(1) calculado sobre la base del volumen útil del reactor.

(2) calculado sobre la base del volumen del lecho fluidizado en operación.

(3) alimentado con ARS.

(4) alimentado con ARS al 50% en agua corriente, re-arranque.

(5) alimentado con 16.7% condensado + 83.3% ARS.

(6) '' '' 33.3% '' + 66.7% ''.

Tabla 10: Arranque del RANMAL.

Etapa	COV (1) (KgDQO/m ³ / día)	COS (KgDQO/ m ² /día)	EH(%) (día)	DQOa (mg/L)	DQOe	Efic. DQO (%)	Produc. biogas (mLPTN/d)	Y (m ³ PTN/ KgDQOrem)
1 (2)	0.49	151E-4	7.2	3420	.808	77.0	215	0.26
2 (2)	0.68	209 "	7.2	4875	.598	87.9	415	0.32
3 (2)	1.55	476 "	3.6	5600	338	95.0	801	0.25
4 (3)	1.58	485	1.8	2650	560	80.3	1048	0.38
5 (4)	2.70	828	1.4	3143	254	91.9	989	0.23

(1) calculado sobre la base del volumen útil del reactor.

(2) alimentado con ARS.

(3) " " " diluida al 50% con agua corriente, re-arranque.

(4) " " 33.3% condensado + 66.7% ARS.

Tabla 11: Arranque del FIBAN.

Etapa	COV(1) (KgDQO/ m ³ /día)	COS (KgDQO/m ² /día)	εH(1) (día)	DQOa (mg/L)	DQOe	Efic. DQO (%)	Produc. biogas (mLPTN/ KgDQOrem)	Y (m ³ PTN/ KgDQOrem)
1 (2)	0.51	48.7E-4	6.8	3520	792	77.5	0	- (5)
2 (2)	0.71	67.5 "	6.8	4875	1447	70.3	0	- (3)
3 (2)	1.65	156.6 "	3.4	5600	423	92.4	673	0.20
4 (4)	2.89	274.3 "	1.7	4910	750	84.7	1043	0.18
5 (5)	2.31	219.4 "	1.4	3143	845	73.1	445 (6)	0.19

(1) calculado sobre la base del volumen útil del reactor.

(2) alimentado con ARS.

(3) fuga de gas en la trampa de gas (TG).

(4) alimentado con 0.6% condensado + 83.7% ARS.

(5) " " 33.3% " " + 66.7% ARS "

(6) fuga de gas en el tanque colector de gas (CG) durante la última parte de la etapa 5.