

Anne Couëttil
Audrey Rousseau
Marvin Melgar

Propuesta de desarrollo
de energía hidroeléctrica
fortaleciendo la agro producción
en la microcuenca de Los Dajaos,
municipalidad de Jarabacoa



Jarabacoa, Mayo 2004
Republica Dominicana



Gracias a:

José y Naty Cruz por su formidable acogida, su abnegación y su mensaje;

Ariel y Rafael Ortiz, quien nos permitieron de realizar esta pasantía;

Lothar Mairich, Uva y todo el equipo de PROCARYN por su apoyo;

Freddy, Jobino y la comunidad de Los Dajaos por su amabilidad;

Agradecemos también a:

Carlos Jiménez de la Fundación Falcón Bridge;

Tony Arthur;

Nelson Guzmán, del INDRHI de La Vega;

Jehová Peña de REGGAE;

Salvador Gautier;

Arnaud Causse del CIRAD;

Marcelo Jorge;

Pedro Juan del Rosario y el equipo del IDIAF de La Vega;

Por la ayuda que nos dirán.

Resumen

La microcuenca de Los Dajaos esta situada en la Cordillera Central de la Republica Dominicana. Con una superficie de 42 km², cuenta 1120 habitantes. Todos disfrutan de la abundancia del recurso hídrico, pero el potencial hidroeléctrico se queda todavía apenas explotado. Con arroyos de caudal bastante importante y caídas buenas, Los Dajaos es una microcuenca apropiada a la instalación de microturbinas. Se puede teóricamente producir 1,20 MW.

La elección de sitios de mayor interes es un compromiso entre una pendiente fuerte, y una distancia con la comunidad relativamente débil. Tres arroyos se distinguen por su atractivo grande: el arroyo Los Peces, el arroyo El Nuez (sobre todo la porción de 1050 a 1300 msnm) y el arroyo El Rubecindo (sobre todo la porción de 1060 a 1300 msnm).

El estudio de las potencialidades técnicas, sociales y ambientales permite decir que una instalación de microturbina seria bien adaptada en la zona, y presentaría varias ventajas para la comunidad. En efecto, la utilización de esta fuente de energía limpia y renovable participa a un manejo ambiental durable de los recursos naturales, mientras promoviendo este tipo de energía en la zona y en el país. Además, puede apoyar el desarrollo rural de la microcuenca: limitar el éxodo rural, dinamizar la economía local y de aumentar los ingresos, desarrollar el ecoturismo, crear empleos, estimular la innovación tecnológica... La producción de energía en la microcuenca puede dar origen a varios proyectos de fortaleciendo de la agricultura local (almacenamiento refrigerado de los productos como fresas, taller de transformación de estos productos...). Cálculos económicos muestran la viabilidad de estas propuestas.

La vallée de Los Dajaos est située dans la Cordillère Centrale de la République Dominicaine. Avec une surface de 42 km², elle abrite 1120 habitants. Tous profitent de l'abondance de la ressource en eau, mais le potentiel hydroélectrique reste encore à peine exploité. Los Dajaos est un bassin versant approprié à l'installation de microturbinas. Il est théoriquement possible d'y produire 1,20 MW.

Le choix d'un site d'intérêt majeur résulte d'un compromis entre une pente forte, et une distance avec la communauté relativement faible. Trois cours d'eau particulièrement intéressants ont été retenus: le cours d'eau Los Peces, le cours d'eau El Nuez (surtout sur la portion de 1050 à 1300 m) et le cours d'eau El Rubecindo (surtout sur la portion de 1060 à 1300 m).

L'étude des potentialités techniques, sociales et environnementales, permet de dire que l'installation d'une microturbine serait bien adaptée à la zone, et présenterait plusieurs avantages pour la communauté. L'utilisation de cette source d'énergie propre et renouvelable participe en effet à une gestion durable des ressources naturelles, et promeut ce type d'énergie au niveau régional et national. De plus, cela peut appuyer le développement rural de la vallée: limiter l'exode rural, dynamiser l'économie locale et augmenter les revenus, développer l'écotourisme, créer des emplois, stimuler l'innovation technologique...

La production d'énergie dans la vallée peut donner lieu à divers projets de développement agricole (stockage réfrigéré des produits comme les fraises, atelier de transformation de ces produits...). Des calculs économiques montrent la viabilité de ces propositions.

The valley of Los Dajaos is located in the Central Cordillera of the Dominican Republic. It covers a 42 km² area, with 1120 inhabitants. Everybody takes profit of the abundance of the hydric resource, for the agriculture and the use of the house. However the hydroelectric potential keeps being barely exploited. Los Dajaos is an appropriated region for the installation of microturbinas. In theory, it is possible to produce 1.20 MW.

The choice of a site of major interest corresponds a compromise between a high head, and a relative proximity of the community. Three rivers seem to be particularly interesting : the river Los Peces, the river El Nuez (especially on the portion from 1050 to 1300 m) and the river El Rubecindo (especially on the portion from 1060 to 1300 m).

The study of the technical, social and environmental potentialities allows thinking that the installation of a microturбина would be adapted to the zone, and would present several advantages for the community. In fact, the use of this source of clean and renewable energy takes part to a sustainable environmental managing of the natural resources, and promotes this type of energy at a regional and national level. Furthermore, it can improve the rural development of the valley, by limiting the rural exodus, by dynamising the local economy and increasing incomes, by developing the ecotourism, creating works, stimulating the technological innovation...

The energetic production in the valley can impulse several projects of agricultural development (use of a refrigerator and a freezer to conserve products like strawberries, transformation plan of those products...). Economical calculations show the viability of these propositions.

Resumen	3
Resumen ejecutivo	7
Listado de Abreviaciones	10
Introducción	12
1. Diagnostico del potencial hidroeléctrico	13
1.1 Descripción general de la microcuenca	13
1.1.1 Descripción hidrológica, precipitaciones y balance hídrico.....	13
1.1.2 Contexto social y económico	15
1.2 Estudio detallado de los caudales de los arroyos	15
1.2.1 Metodología de determinación de los caudales.....	15
1.2.2 Resultados	18
1.2.3 Interpretación.....	19
1.3 Estudio detallado de las pendientes de los arroyos.....	20
1.4 Acueductos y Tanques	23
1.4.1 Acueductos.....	23
1.4.2 Tanques	25
1.5 Determinación del potencial hidroeléctrico y de los parajes de mayor intereso.....	25
2. Oportunidades del uso de microturbinas en Los Dajaos	28
2.1. Oportunidades técnicas	28
2.1.1. Descripción del funcionamiento de una microturbina	28
2.1.2. El canal y lo que le acompaña	28
2.1.3. Elección de un tipo de microturbina.....	30
2.1.4. El generador	33
2.1.5. Mantenimiento	33
2.1.6. Componentes auxiliares mecánicos y eléctricos.....	34
2.1.7. Ejemplos de instalación en la zona.....	35
2.2. Potencialidades sociales	38
2.3. Impacto ambiental	39
2.3.1. Identificación de la flora y fauna de la subcuenca	40
2.3.2. Riegos ambientales en el manejo hidroeléctrico de la subcuenca.....	41
2.3.3. Recomendaciones.....	42
- Marco legal ambiental.....	42
3. Estudio de factibilidad de algunos proyectos	45
3.1. Evaluación del costo de construcción de una microturbina nueva y completa	45
3.2. Evaluación económica del uso de conservador y de freezer permitiendo la conservación de las fresas, para la producción ya existente	46
3.2.1. Presentación del proyecto.....	46
3.2.2. Estudio económico	48
3.2.3. Discusión.....	49
3.3. Evaluación de un proyecto de desarrollo de las fresas con un invernadero : conversión de un campo de tayota en invernadero de fresas	49
3.3.1. Presentación del proyecto.....	49
3.3.2. Estudio económico	52
3.3.3. Discusión	52
3.4. Evaluación del costo de un taller de confección de mermelada.....	52
3.4.1. Presentación del proyecto.....	52
3.4.2. Estudio económico	53
3.4.3. Discusión.....	53
Conclusión générale	55
Listado de las figuras, de los cuadros y de los mapas	56
Bibliografía.....	57

Resumen ejecutivo

Marco y contexto del estudio

Para hacer un estudio de desarrollo de energía hidroeléctrica fortaleciendo la agro producción en la subcuenca de Los Dajaos, es importante de tomar en cuenta varios aspectos del estado de las infraestructuras en la zona.

- La infraestructura viaja esta en mal estado (pero esta mejorando),
 - La infraestructura de agua se compone de una red comunitaria y privada, informal, sin manejo, y sin ningún tratamiento del agua
 - La infraestructura de energía esta casi inexistente, sin acceso en una red comunitario. Se compone de algunos paneles solares, algunas microturbinas hidroeléctricas privadas, y una posibilidad de cargar baterías.
- Además, no hay ningún manejo de los desechos (sólidos, tratamiento).

Este estudio se inserta en un Plan de Manejo Integral de la Cuenca, elaborado por la cooperación dominico-alemán: « Manejo y Conservación de los Recursos naturales de la Cuenca Alta del Río Yaqué del Norte » (PROCARYN). Este proyecto, planificado de 2001 hasta 2006, es ejecutado a traves de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuanta con otras fuentes de financiamiento y de apoyo, en particular con aportes de la cooperación financiera de la KfW (Banco de reconstrucción), del y de la cooperación técnica de la GTZ (Cooperación Técnica Alemana) y DED(Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica).

En efecto, el desarrollo de la hidroelectricidad apoya la utilización sostenible de los recursos naturales, trayendo el progreso social.

Objetivos del estudio

Dos objetivos de estudio consisten en:

- Demostrar la factibilidad del uso de micro eléctrica en la producción de energía eléctrica a nivel de la subcuenca de Los Dajaos, y cuantificar el potencial hidroeléctrico de la subcuenca.
- Proponer algunos proyectos para desarrollar la agricultura en la zona, usando esta fuente de energía limpia, con un estudio de factibilidad para cada uno de los proyectos.

Hipótesis del estudio

- Costumbre de trabajo concertado, porque esfuerzos son hecho en este dominio, con la organización de talleres y el trabajo de la asociación de los agricultores.
- Dificultades para introducir nuevas técnicas.

Limites del estudio

Las condiciones de realización del estudio así que algunas coacciones externas han limitado el acceso a la información:

- Acceso difícil a la parte alta de la microcuenca (para el estudio y la instalación, el mantenimiento, los robos, las conexiones salvajes...), y en la mayor parte de la microcuenca puesto que el malo tiempo (mucho lluvia, dificultades para practicar los caminos...) durante el estudio y el falta de un medio de transporte limito el acceso en varios lugares.

- Acceso difícil a la información, dificultades para obtener los datos existentes

Metodología

Varias etapas fueron necesarias para hacer este estudio, en primero para determinar y cuantificar la factibilidad de un instalación hidroeléctrica en la subcuenca de Los Dajaos, y en segundo para buscar y evaluar la factibilidad de un proyecto de fortalecimiento de la agro producción. Por siguiente se presente la metodología del estudio:

Factibilidad de una instalación hidroeléctrica

1- Investigación bibliografía sobre la zona de estudio, sobre microturbinas y las otras formas de energía renovable (comparación de factibilidad técnica y económica), sobre el método de investigación.

2- Toma de medidas de los caudales y de los pendientes de los arroyos en la subcuenca.

El estudio del potencial de la subcuenca permitió de evaluar el interés de desarrollar microturbinas en la zona, antes de elegir algunos sitios principalmente interesantes. Los potenciales son determinados con los medidas de los caudales disponibles Q , y de las alturas de caída H , según la relación : $P = r.g.e.H.Q$

r : peso específico del agua

g : aceleración debido a la gravedad

e : eficacia del sistema

3- Determinación de parajes interesantes

El tamaño de la turbina depende principalmente del caudal de agua que debe recoger. Así, los equipamientos de producción de energía con un caudal débil y una altura de caída grande cuestan generalmente menos que las centrales con un caudal fuerte y una altura de caída más pequeña.

Después que sea determinado el potencial total de la microcuenca, lo que importa es de elegir sitios de interés mayor. Así, dependiendo de tres criterios fue hecha la determinación de parajes interesantes para la instalación de microturbinas (por orden de prioridad):

A. diferencia de altura importante

B. caudal importante

C. cercanía de la comunidad

Estudio de unos proyectos de fortalecimiento de la agro producción

4- Búsqueda de datos y informaciones sobre la agricultura en la microcuenca, determinación de proyectos factibles en la zona, con la ayuda de investigaciones bibliográficas y la encuentra de « personas recursos »
Elección de algunos proyectos para hacer un estudio más detallado

5- Evaluación económica de los proyectos retenidos (búsqueda de precios, estudio de mercado, simulaciones...)

Listado de Abreviaciones

ASADA :	Asociación de los Agricultores de Los Dajaos
CONIAF :	Consejo Nacional de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
DDED :	Deutscher Entwicklungsdienst (Servicio Alemán de Cooperación Social- Técnica)
GPS :	Global Positioning System
GTZ :	Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (Cooperación Técnica Alemana)
ICM :	Instituto Cartográfico Militar
IDIAF:	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
INA P-G :	Institut National Agronomique de Paris-Grignon
INDRHI :	Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos
KfW :	Kreditanstalt für Wiederaufbau (Banco de Reconstrucción)
PROCARYN :	Proyecto Cuenca Alta del Río Yaqué del Norte
UGAM:	Unidad de gestión ambiental municipal

Medidas y Monedas

A:	amperio
d :	distancia, en m
e :	eficacia del sistema
g:	aceleración debido a la gravedad, en s/m^2
Gw :	giga vatios ($1 \text{ Gw} = 10^9 \text{ W}$)
kg :	kilogramo ($1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$)
km :	kilómetro ($1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$)
kW :	kilo vatio ($1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$)
L :	litro
m :	metro
msnm :	metros sobre el nivel del mar
MW :	mega vatio ($1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$)
Q :	caudal, en m^3/s
Qnom :	caudal nominal
Qres :	caudal reservado
Qt :	caudal turbinable
r :	peso específico del agua, en kg/m^3
s :	segundo
S :	superficie, en m^2
t :	tiempo, en s
V :	volumen, en m^3 o L
W :	vatio
§H :	caída, en m

RD\$

Peso Dominicano

US\$

United States Dollar (moneda estadounidense)

Introducción

La energía eléctrica es un recurso de vital importancia en el desarrollo de los pueblos. Actualmente, la República Dominicana enfrenta problemas en el subsector eléctrico. Según un informe del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INDRHI) de septiembre 2002, hay “una insuficiencia en la capacidad de generación” de electricidad que tiene “efectos negativos en la producción y la economía nacional, y la calidad de vida”. En el mismo tiempo, la demanda de electricidad crece de 7 a 10% anual. Las zonas rurales son las más afectadas.

Un programa de investigación y desarrollo de producción eléctrica en áreas rurales representa entonces un medio de romper el aislamiento de pequeñas comunidades rurales, y promueve el dinamismo económico del país. En este contexto, las energías renovables ofrecen, a este título, oportunidades muy interesantes, y forman parte de una gestión sostenible de cuencas.

Algunas fuentes de energía renovable fueron estudiadas ante de iniciar este proyecto, pero solamente la solución de la energía hidroeléctrica fue retenida por razones de costo económico (ver el Anexo 1).

En lo que concierne el desarrollo de las infraestructuras hidroeléctricas en el país, el INDRHI censo una capacidad instalada de 404.9 megavatios (MW) durante el año 2000, lo que representaba 16.05 % de la capacidad total instalada nacional, todas fuentes energéticas juntas. El aprovechamiento hidroeléctrico a pequeña escala ha sido escasamente estudiado e implementado, pero merece que se haga.

La República Dominicana dispone de un gran potencial de recursos hídricos. El potencial hidroeléctrico del país estimado por el plan Nacional de Ordenamiento de los Recursos Hidráulicos (1994) fue definido como potencial lineal bruto de energía anual de 9.174 giga vatios-hora (Gw-hr), equivalentes a una capacidad de 2.095 MW para un factor de planta de 50 %. El 90 % de este potencial esta concentrado en 10 cuencas y el otro esta disperso en 44 cuencas restantes. Las cuencas con mayor interés energético son Nizao, Yuna, Yaqué del Norte y Yaqué del Sur.

En este estudio, se enfoca a la subcuenca de Los Dajaos, situada en la parte alta de la cuenca del Yaqué del Norte, a 32 km del Pico Duarte. Es un espacio de aproximadamente 42 km², localizado entre Manabao y Jarabacoa, provincia La Vega. La falta de electrificación y la existencia de un buen potencial hidroeléctrico, hacen de esta subcuenca un lugar propicio para el establecimiento de un sistema de microturbinas piloto. Existe una demanda en energía eléctrica sobre todo los hogares familiares y la producción agrícola.

En efecto, la subcuenca de Los Dajaos esta ya conocida por su microclima que permite a la agricultura de desarrollarse, con producciones posibles al año entero. Esta también dotada de paisajes preciosos, lo que seduce mas y mas turistas. Esta zona tiene así un grande potencial hidroeléctrico, agropecuario, y a la vez turístico. Merece que sea estudiada como zona pilota.

El objetivo de este estudio consiste en evaluar la capacidad hidroeléctrica de la parte baja de la subcuenca de Los Dajaos. De los resultados de esta evaluación se determinaran parajes claves para la instalación de microturbinas. La energía eléctrica producida será utilizada para la agricultura, según las necesidades recuentas. Se hará un análisis económico de la factibilidad y rentabilidad del proyecto.

1. Diagnostico del potencial hidroeléctrico

1.1 Descripción general de la microcuenca

1.1.1 Descripción hidrológica, precipitaciones y balance hídrico

Hay que definir la noción de microcuenca:

“Una microcuenca capta el agua lluvia, la almacena en su fondo y la escurre en un manantial. Una microcuenca es por consiguiente el terreno que claramente recoge el agua para un ojo de agua o sea, la área de captación de agua de un ojo de agua. Los límites superiores de una microcuenca son las divisorias de agua superficiales o sea, la vertiente que da hacia la microcuenca. El límite inferior es la curva de nivel que va a trabes del ojo de agua. En realidad el área de captación de agua puede ser más o menos grande o incluir otras partes de la montaña, dependiendo de la geología del terreno correspondiente. Como no se puede determinar la geología de todos los lugares, se tiene de reducir la microcuenca al terreno que claramente recoge el agua superficialmente de una fuente.”
(Microcuencas hidrográficas de acueductos en la cuenca alta del río Yaqué del Norte (CAY), Gero Wolfgang Pawlowski, Jarabacoa, septiembre 2002)

La microcuenca de Los Dajaos es montañosa, de una superficie de 42 km² (ancho de 4 a 7 km, y largo de 9 km), situada entre 700 y 1700 m de altura, en la subcuenca alta del Yaqué de Norte, cerca de Jarabacoa.

Tiene una gran riqueza hidrológica, con un arroyo principal, llamado Los Dajaos, que atraviesa la zona del sur oeste al norte este, y sus doce afluentes. Se puede encontrar sobre 200 fuentes de agua. El arroyo Los Dajaos sigue el pendiente del valle, naciendo a 1726 msnm y desembocando en el Río Yaqué del Norte, a 790 msnm de altura.

Los mapas 1 y 2 describen el perfil hidrológico de la microcuenca.

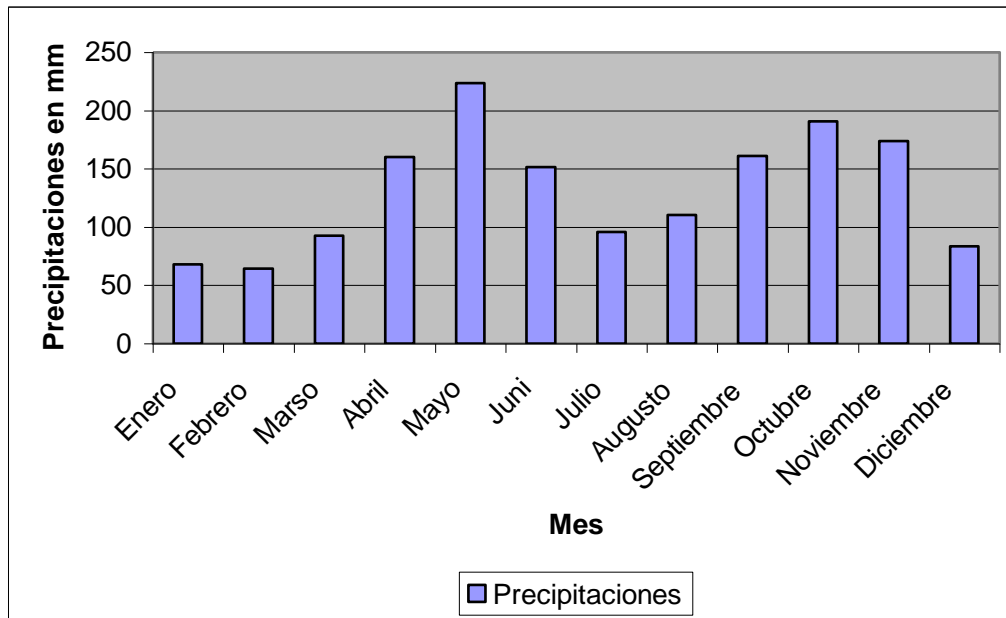
El perfil del arroyo Los Dajaos y de sus afluentes, hasta el arroyo el Nuez, se hizo con la confrontación de dos fuentes:

- un mapa preparado por el Instituto Cartográfico Militar (ICM) dominicano, 1 : 50 000, actualizado con métodos fotoplanimétricos con fotografías aéreas tomadas en Marzo 1984.
- observaciones sobre el terreno que permiten identificar varios arroyos que no existían sobre el mapa.
- Un imagen IKONOS, tomado en 2003

El estudio de las precipitaciones y del balance hídrico es necesario para determinar los cambios de caudales de los arroyos. En efecto, los periodos lluviosos influyen en los caudales casi de manera directa. Además la cobertura boscosa de la cuenca y la naturaleza de los suelos (tasas de infiltración, almacenamiento) determinan la relación entre la lluvia y los caudales de los arroyos.

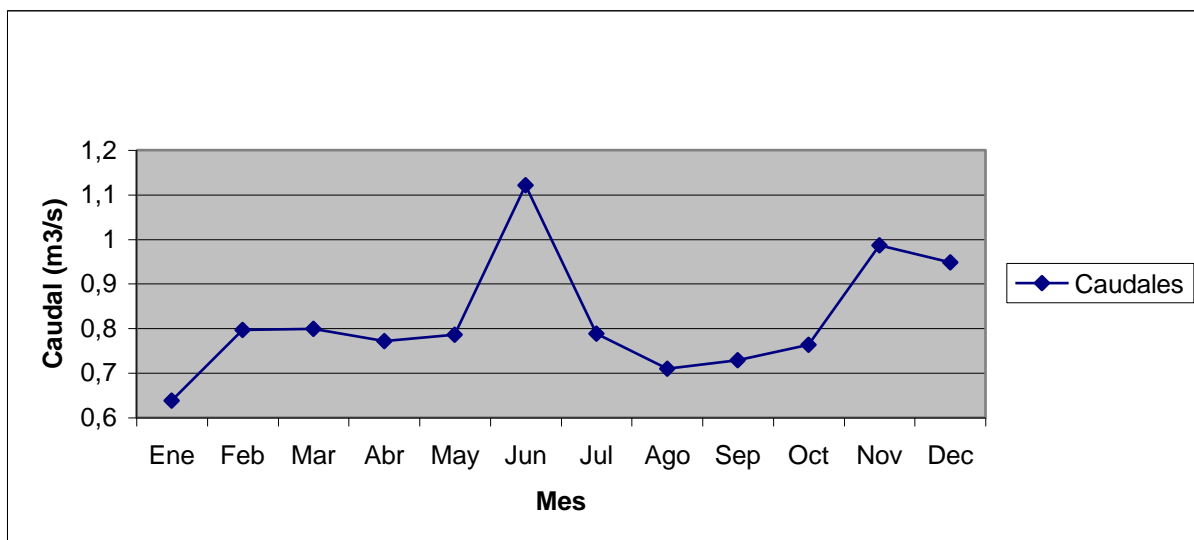
No existe una estación climática en Los Dajaos, sin embargo, existen una en Manabao, a diez kilómetros, con condiciones bastante parecidas. El departamento de hidrológica del INDHRI da los valores siguientes:

Figura 1: Precipitaciones mensuales en Manabao, media sobre 10 años, 1994 – 2003



Los datos de los caudales del arroyo Los Dajaos, en la estación 1, sobre 20 años permiten de hacer un perfil del caudal medio según el mes:

Figura 2: Caudal mensual del arroyo Los Dajaos en la estación 1, sobre 20 años, 1983 - 2003



La correlación entre las precipitaciones y los caudales durante un año, muestra la relación directa entre los dos. Con una pequeña diferencia de tiempo, los caudales del arroyo son más importantes durante las épocas de las lluvias (septiembre-noviembre, y abril-junio), y menos fuertes cuando el tiempo es mas seco. Se nota que los caudales son más importantes durante la primavera, por presencia de tormentas numerosas. En efecto, el agua de lluvias torrenciales no tiene bastante tiempo para infiltrarse en el suelo, corre rápido al arroyo.

Después esta presentación general de la hidrología en la microcuenca de Los

Dajaos, una descripción más detallada de los arroyos se impone.

1.1.2 Contexto social y económico

Según el censo de 1994, la población de la microcuenca es de 1120 habitantes, o sea 285 familias. La repartición de los sexos es de 57 % de hombres y 43 % de mujeres. Los adultos representan 52,5 % de la población.

En lo que concierne a los aspectos sociales, el acceso a los cuidados ya esta difícil, porque existe un centro de cuidados donde faltan los medios materiales y humanos. Tres escuelas permiten a los niños de tener una educación hasta el octavo grado. En el Manguito y el Dulce, las escuelas disponen de clases hasta el cuarto grado, y en Los Dajaos se puede proseguir los cursos hasta el octavo grado.

Las dos solas fuentes de dinero para la gente de la microcuenca son la agricultura y la selvicultura, aparte de algunos colmados. Los tipos de cultivos los más extendidos son el cultivo de tayota, de café, y de habichuela. Hay también algunos productores de hortalizas (lechuga, repollo, tomate...), de fresas, y un productor de flores. Existe un laboratorio de reproducción in vitro de matas de fresas, papas y orquídeas en la comunidad de Los Dajaos. Este laboratorio permite a los agricultores de tener acceso a matas saludas y baratas, porque tienen precios de compra mas ventajosos que los compradores exteriores.

Los actores de la toma en carga del desarrollo en la zona son:

- La asociación de los agricultores (52 adherentes y 15 000 tareas) y de las mujeres de la comunidad de Los Dajaos, l'ASADA, y la asociación del Dulce
- Algunos lideres locales
- El Apoyo de fundaciones (Fundación Falcón Bridge, Lomas Verdes), del gobernó y intervención de la cooperación dominico-alemán para el proyecto Procaryn (GTZ, IDIAF, UGAM).

Por siguiente se presente un análisis hidrológico detallado de los arroyos principales de la microcuenca Los Dajaos.

1.2 Estudio detallado de los caudales de los arroyos

Como fue detallado en la metodología, hay que conocer los caudales y las caídas de los arroyos para determinar el potencial hidroeléctrico de la microcuenca. Esta parte trata de los caudales, para caracterizar cada afluente y estudiar la potencialidad de una instalación hidroeléctrica.

Existen métodos para tomar medidas de los caudales. Según la configuración de los arroyos tres métodos fueron utilizados.

1.2.1 Metodología de determinación de los caudales

- Medida de los caudales

Tres métodos fueron utilizado para medir los caudales de los arroyos: con un **molinete**, un **recipiente que se para**, o un **flotador**. Para medir los caudales **en llegada de los acueductos**, un cuarto método fue elaborado.

Medida con un molinete

Este método es electrónico y bastante exacto. El aparato es constituido por una manga graduada y un molinete que se sumerge en el arroyo, en el sentido del corriente. El molinete gire dependiendo de la velocidad del corriente.



Un contador graba la velocidad del agua, el número de rotaciones por un tiempo determinado (50 s). La sección del arroyo está medida. Según la anchura, varias medidas son tomadas y para cada una la profundidad. Si la altura del agua está superior de 60 centímetros dos medidas están tomadas, cada una a una profundidad diferente. Este método permite de conseguir un perfil de la canalización del arroyo. Después, los valores son interpretados con una tabla que permite convertir las medidas (velocidad, sección, profundidad) en un caudal.

Este método es apropiado solamente para los arroyos con una altitud de agua superior a 15 centímetros, y non-revoltosa canalización es decir que no hay cascadas o piedras en el lecho del arroyo. Los Dajaos corresponden a estos criterios.

El método del molinete fue utilizado por el arroyo Los Dajaos, y permitió revisar las medidas de sus afluentes principales, por ejemplo el Rubecindo:

Caudal del Rubeciendo = caudal de Los Dajaos después la desembocadura del Rubeciendo - caudal de Los Dajaos antes de la desembocadura del Rubeciendo

Técnicos del INDHRI de La Vega vinieron para tomar las medidas con el aparato electrónico durante un día.

La estacione 1 es utilizado por estos mismos técnicos para conocer el caudal de Los Dajaos. Toman medidas cada 15 días. Este estacione puede servir de referencia.

Método de paja de un recipiente

Este método consiste en llenar un recipiente de volumen V con el agua del arroyo. Una cascada es la mejor configuración por este método de medida.

Se tome el recipiente debajo de la cascada, y se mide el tiempo t para llenar el volumen. Es entonces fácil de deducir el caudal Q :

$$Q = V / t$$

Sin embargo, es extraño que el recipiente este bastante grande para recoger toda el agua que corre. En la medida de lo posible, tratamos de canalizar el salto para recoger el máximo de agua. Cuanto más el recipiente es grande, más la medida es

exacta.

El fallo de este método es que el recipiente no puede recoger la totalidad del agua que corre, entonces fue necesario de hacer una aproximación de la fracción considerada.

Este método es apropiado para los arroyos con un débil caudal y una importante ladera : el Rubecindo, la Paloma, el Montellano, y otros pequeños afluentes.

Método del flotador

Este método mide la velocidad de la canalización en la superficie. Se toma un objeto flotante en el arroyo, y se mide el tiempo t necesario para recoger la distancia d .

El objeto utilizado es generalmente una pequeña botella de plástico medio lleno de agua, y se estudia su traslado de entre 5 metros. Esta distancia es un arreglo experimental entre:

- una distancia bastante grande para conseguir una medida viable
- una distancia bastante pequeña para tener una canalización sin turbulencias (velocidad aproximadamente constante)

Es útil de medir la sección S del arroyo también, para determinar el caudal Q :

$$Q = S * d/t$$

Este método es aproximativo, porque la velocidad no es la misma en la superficie y en profundidad (más grande en la superficie). Es apropiado solamente para los arroyos con una pequeña altura de agua. Hace falta que la canalización sea non-revoltosa. Se trata generalmente de arroyos fluyendo en laderas dulce: Los Dajaos, y los Peces.

Medida de la velocidad en la llegada de los acueductos

La velocidad en llegada de los acueductos fue medida con un objeto agregado a un hilo de 2,5 m. Un cronómetro permitió de conocer el tiempo necesario para el hielo desaparecer en el tubo del acueducto.

- Elección de las estaciones

El objetivo fue de conocer el caudal de cada arroyo. Dependiendo de la configuración de los arroyos, uno de los tres métodos fue utilizado.

Las medidas sobre Los Dajaos fueron hechas el mismo día con el método del molinete.

- Para la estación 1, el objetivo fue de tener una medida de referencia permutando la comparación con los datos del INDRHI sobre 20 años.
- Las otras estaciones fueron escogido según los criterios siguientes :
 - junto de una desembocadura de un afluente, con objetivo de medir la diferencia de caudal
 - canalización sin turbulencias
 - de acceso fácil

La mapa 3 de las estaciones muestra la repartición de los estaciones a lo largo del arroyo.

Por los afluentes fue necesario de medir dos caudales:

- el caudal cerca de la desembocadura, abajo, lo que corresponde al caudal de agua disponible

En efecto, existe en el seno de cada arroyo tomas de agua útiles para el riego y/o el consumo domestico. Es porque el caudal de los arroyos es en general más importante en altura que a su desembocadura. Con objetivo de hacer una derivación de una parte del agua, es necesario lo de considerar solamente la cantidad de agua no sacada, lo que permite estar seguro de no desaguar los arroyos, cualquier que sea el sitio de la toma de agua. Por tanto se elige una medida cerca de la desembocadura.

- el caudal en las alturas (para los arroyos mayores)

El método de la diferencia de caudal en el arroyo Los Dajaos para determinar los caudales de los afluentes da solamente un valor por la desembocadura. Las medidas en altura fueron hechas con los otros métodos.

La medida del caudal en altura antes las tomas de agua permite conocer la hidrología del arroyo, y calcular la cantidad de agua usado por los ribereños y los acueductos.

Juzgamos interesante de añadir los caudales de los afluentes de interes mayor por diferentes alturas, a fin de hacer un perfil preciso de estos arroyos, conociendo las tomas y las llegadas de agua.

Así, varias medidas fueron tomadas en las estaciones elegidas, con uno o algunos métodos. Hay que dar e interpretar los resultados.

1.2.2 Resultados

Cuadro 1: Medidas de los caudales de los afluentes de Los Dajaos

Arroyo	Metodo de medida del caudal	Fecha de la medida	Caudal aforado (L/s)
La Paloma	paja de un recipiente	27/01/2004	5,2
Los Peces	molinete	02-mar	90,0
	flotador	18-mar	85,7
Palo de cuaba	molinete	02-mar	41,0
A	molinete	02-mar	2,0
B, "La Peluda"	paja de un recipiente	28-ene	2,3
Rubecindo	flotador (en alturas)	23-mar	121,9
	molinete	02-mar	130,0
C	paja de un recipiente	27-ene	asseche
La Pera	paja de un recipiente	27-ene	asseche
Montellano	paja de un recipiente	31-ene	1,5
D	paja de un recipiente	31-ene	0,9
E	paja de un recipiente	31-ene	1,2
El Nuez	molinete	02-mar	52,0
	flotador	30-mar	45,2

A veces, varios métodos fueron utilizados para medir el caudal de los arroyos, porque permitió de comparar los métodos y de verificar la viabilidad de los datos. Para el Rubecindo, puesto que se divide, era útil de conocer el caudal de su rama principal a varias alturas.

Referente al arroyo Los Dajaos, el método del molinete (02/03/04) permito de establecer un perfil de este arroyo, los resultados de las estaciones son así consignado en el cuadro siguiente:

Cuadro 2: Medidas de los caudales del arroyo Los Dajaos, en el 02/03/04

numero de estacion	Caudal aforado (L/s)
1	707
2	704
3	663
4	661
5	529
6	478
7	426

1.2.3 Interpretación

Se guardan los arroyos que tienen un caudal bastante importante, superior a 5 L/s. En efecto, es el caudal minimum para el funcionamiento de una microturbina.

Las medidas no fueron hechas todas el mismo día. Además, los valores de caudal sobre 20 años muestran los variaciones entre un mes y un otro, y también según el año (anexo 2).Es porque parece necesario corregir el valor del caudal aforado.

Para obtener un caudal “turbinable”, lo que se puede tomar sin riego para el funcionamiento de la instalación y el ambiente, es útil de determinar un coeficiente de corrección de los caudales.

El coeficiente de corrección fue determinado con las consideraciones siguientes:

Una central que funciona para auto consumición tiene que dar corriente eléctrica para un tiempo más largo que posible, porque es la fuente principal de abastecimiento del productor. Entonces se toma como el caudal nominal (Qnom) esto alcanzado durante más de 250 días/año.

$$250/365*100=69\%$$

A partir de los caudales de Los Dajaos (estación 1) durante 20 años (anexo 2), se determina este caudal umbral (Qnom), rebasado por 69 % de los valores. El caudal nominal fue fijado a Qnom = 0,638 m3/s.

A fin de estar seguro que un caudal minimum es quedado, para permitir el mantenimiento del ecosystema, se determina un otro caudal, el caudal reservado (Qres), que corresponde en 10 % del caudal interanual medio :

$$Qres = 0,82 \text{ m}^3/\text{s} * 10\% = 0,082 \text{ m}^3/\text{s}$$

Se obtiene finalmente el caudal turbinable (Qt), tal como : Qt= Qnom-Qres

Se encuentra las valores siguientes por Los Dajaos :

Cuadro 3: caudales turbinables de Los Dajaos según la estación de medida

Estación	Caudal turbinable (L/s)
1	556
2	553
3	521
4	520
5	416
6	376
7	335

Sabiendo que en el mes de enero, el caudal medido en la estación 1 estuvo de 0,638 m³/s, se deduce el coeficiente de corrección de los caudales medidos en esto mismo mes:

$$0,556/0,638 = 0,871$$

En marzo, el caudal medido estuvo de 0,707 m³/s, el coeficiente es entonces de: 0,786

Entonces, se puede encontrar los caudales turbinables:

Cuadro 4: Caudales turbinables de los afluentes del arroyo Los Dajaos

Arroyo	Caudal turbinable (L/s)
La Paloma	4,57
Los Peces	70,78
Palo de cuaba	32,24
Rubecindo en alturas	95,8
Rubecindo en la desembocadura	102,23
El Nuez	40,89

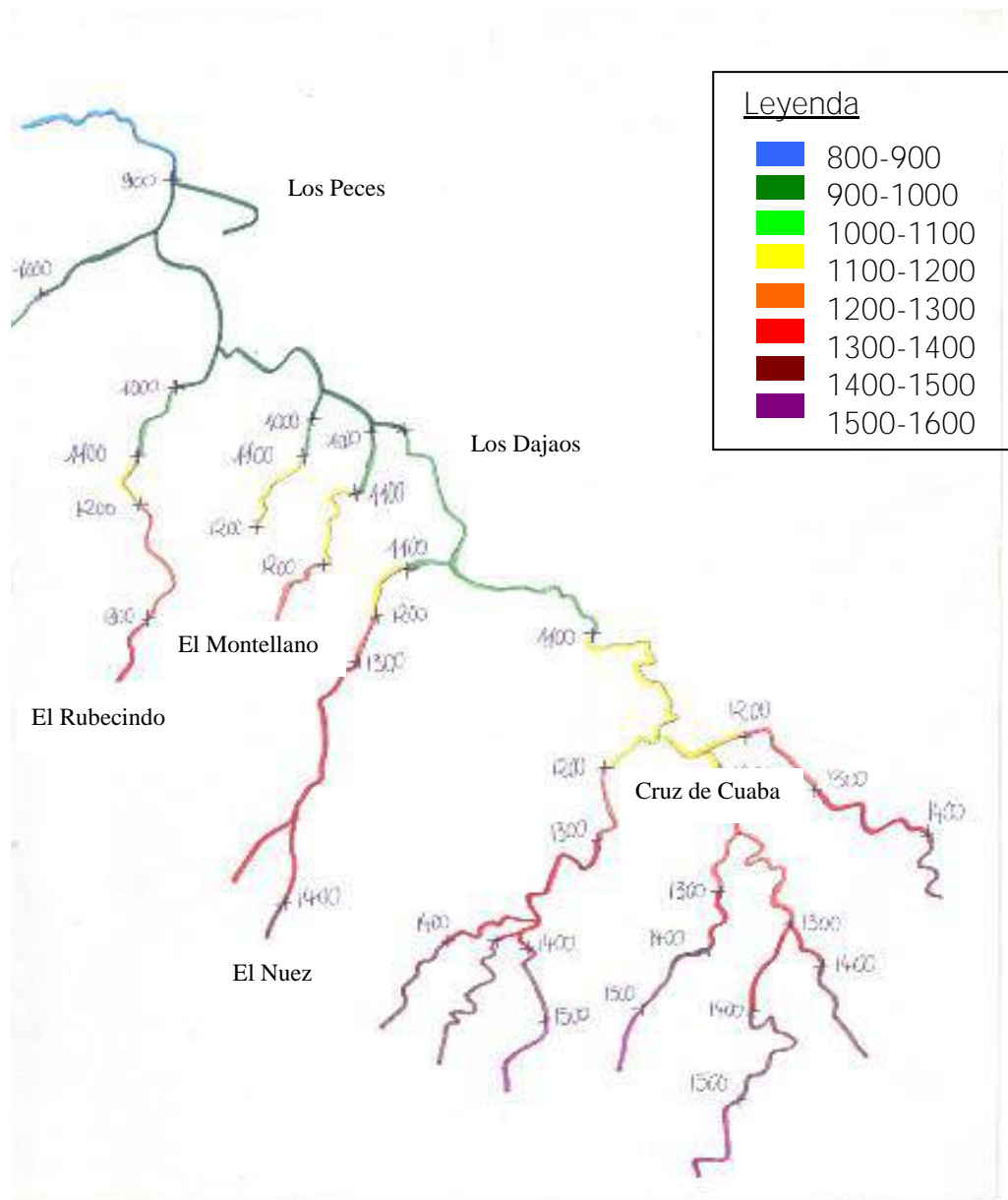
Los arroyos que disponen de los caudales los más importantes son Los Dajaos, El Rubecindo, Los Peces y El Nuez.

1.3 Estudio detallado de las pendientes de los arroyos

Dos criterios son importantes para determinar el interés de un sitio y el potencial de cada arroyo: la pendiente y la caída.

Las pendientes importantes pueden ser determinadas con la observación sobre el terreno y un mapa.

Mapa 4: Las pendientes de los arroyos en la microcuenca de Los Dajaos



Sobre este mapa se puede ver que el arroyo El Rubecindo presenta pendientes fuertes sobre casi toda su longitud, y particularmente entre 1060 y 1200 msnm. Se observe también un salto sobre el Nuez entre su desembocadura a 1050 msnm y 1300 msnm.

La caída ΔH es igual a la diferencia de altura entre los niveles de la toma de agua y la salida de la turbina. Para determinar el potencial máximo de un arroyo se considera la caída entre la fuente y la desembocadura del arroyo.

El estudio se limita a cinco arroyos, estos que presenten un caudal superior a 5 L/s. Las alturas fueron determinadas sobre dos métodos:

- la lectura sobre el mapa ICM
- la medida con un GPS, de los arroyos que no figuran sobre el mapa

Así se obtienen los resultados siguientes para las caídas:

Los Dajaos

Fuente: 1726 msnm de altura.
Desembocadura: 790 msnm de altura
Caída: 936 m

Palo de Cuaba

Fuente: 1150 msnm de altura
Desembocadura: 905 msnm de altura
Caída: 245 m

Los Peces

Fuente: 931 msnm
Desembocadura: 906 msnm
Caída: 25 m

Rubecindo

Fuente: 1380 msnm de altura
Desembocadura: 930 msnm de altura.
Caída: 450 m

El Nuez

Fuente: 1430 msnm de altura
Desembocadura: 1050 msnm de altura
Caída: 380 m

La dificultad de acceso de la parte alta de la subcuenca (no hay muchos caminos, y su estado cuando llueve son muy malos), nos forzó a considerar solamente la parte conocida de algunos arroyos: Los Dajaos, y el Nuez. Las alturas máximas consideradas en lugar de las fuentes son por tanto los valores siguientes:

Los Dajaos: 1200 msnm de altura
El Nuez: 1370 msnm de altura.

Así, las caídas que servirán para los cálculos son:

Los Dajaos: $\Delta H = 410$ m
El Nuez: $\Delta H = 320$ m

Para Los Dajaos, las alturas de las estaciones tienen estos valores:

Estación 1: 790 msnm
Estación 2: 880 msnm
Estación 3: 905 msnm
Estación 4: 930 msnm
Estación 5: 950 msnm
Estación 6: 1050 msnm
Estación 7: 1070 msnm

Referente a el Rubecindo, el arroyo se separa en dos ramas en una altura de 1071 msnm (determinado con un GPS), y el caudal no es el mismo antes y después este punto. Este dato será considerado en los cálculos.

Interpretaciones de las pendientes

Lo que es importante es de tener en cuenta los pendientes y no solamente las diferencias de alturas porque el precio de las infraestructuras depende mucho de la longitud de los tubos: los afluentes de Los Dajaos parecen más apropiados para hacer electricidad que el arroyo Los Dajaos, que se extiende sobre 14 km.

Los afluentes que parecen **los más apropiados para la explotación son el Rubecindo, y El Nuez**. En efecto, las pendientes de estos arroyos son importantes, particularmente entre 1060 y 1200 msnm para El Rubecindo, y entre 1050 msnm y 1300 msnm para El Nuez.

Hacer la toma de agua el más alto que posible es una buena solución para tener una caída importante y un agua limpia, pero el largo del tubo tiene una importancia grande para el costo de la instalación. Así, hace falta que elegir un proyecto con un largo de tubo razonable.

1.4 Acueductos y Tanques

1.4.1 Acueductos

Un acueducto es un tubo de canalización del agua, que permite llevar el agua para la consumación doméstica y/o la irrigación, y también puede desembocar en una turbina para producir energía eléctrica. La ventaja es que la toma de agua es en las alturas, donde la calidad es mejor. La diferencia de altura permite también crear un aumento de presión, que puede ser usado para la redistribución del agua o para hacer energía.

Varios acueductos existen en los afluentes de Los Dajaos, hechos por la mayoría por iniciativas personales.

La construcción de un acueducto para la comunidad de Los Dajaos, con la financiación de la Fundación Falcón Bridge, en 1994, permitió a 82 casas de tener agua corriente. Los agricultores de la comunidad de Los Dajaos irrigan también sobre 3000 tareas de cultivos. La longitud de este tubo es de 8 kilómetros. Un comité de mantenimiento recauda una contribución a los gastos a la altura de 30 pesos/mes/familia.

Ahora, dos acueductos desembocan en una microturbina. El primero es una rama de la red comunitaria, que llega donde Freddy Moronta. El segundo es privado, da energía a un colmado. Para tener más detalles, hay que ver el "II.A.7. ejemplos".

Un manejo integral de todos los acueductos no existe, es porque la red tiene varios tubos, varias tomas de agua, y parece desorganizada. Ningún mapa existe. Se observa escapes de agua sobre la mayor parte de los tubos.

El cuadro siguiente presenta los acueductos de la subcuenca, y sus características.

Comentario: No son descrito los acueductos que sirven solamente para la irrigación, porque la presión de agua es necesaria por el sistema de riego, por tanto no se puede usarla para hacer electricidad.

Cuadro 5: Presentación de los acueductos mayores de la microcuenca

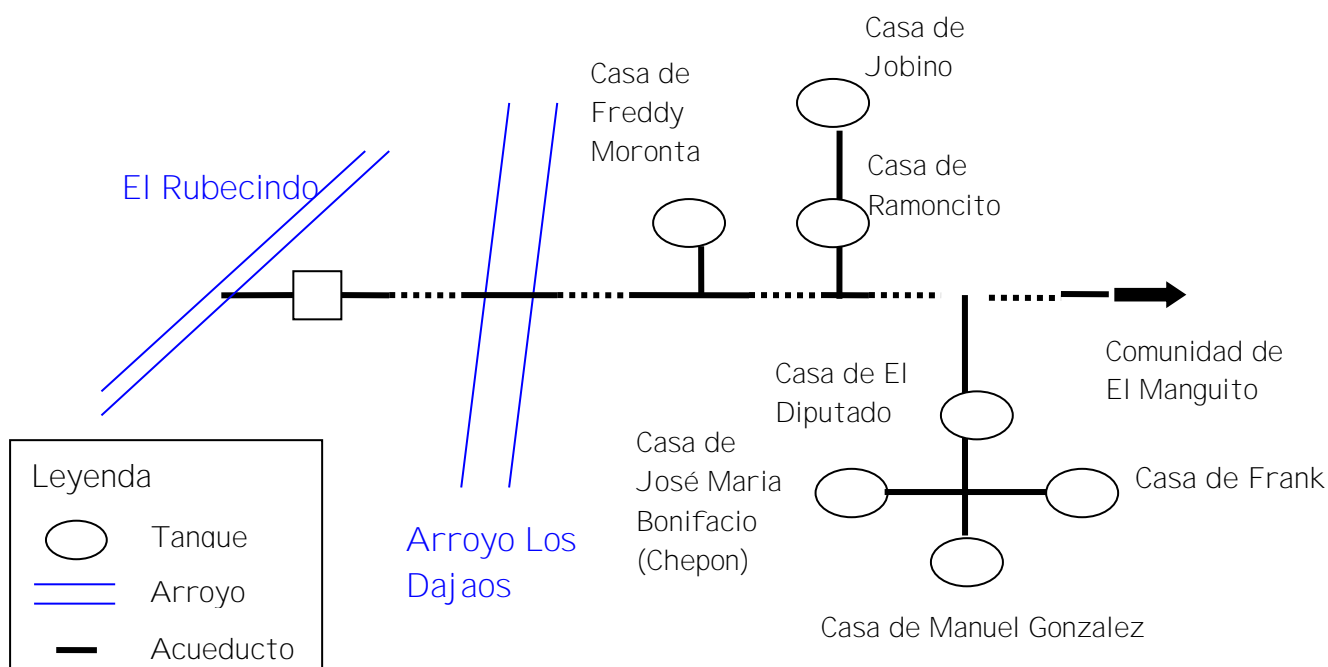
Sitio de la toma de agua	Dueño	Altura en entrada	Altura en salida	Diámetro (pulgada)	numero de personas concernidas	Fecha de medida	velocidad medida en entrada (m/s)	Caudal (L/s)
Rubecindo	Asociación de los agricultores	1071	Primero punto de distribución a 976 msnm Segundo punto a 993 msnm	4	82 casas	23-mar	0,173	1,05
	Salvador	1076	987 msnm	3	16 casas	10-abr	1,25	4,02
	Colmado Guaria	1071		2	3 casas (15 personas) y 3 familias por día que cargan su batería			0
	Ramirez	1071	Sobre 920 msnm					0
El Nuez		1115	Sobre 1030 msnm	4	1 agricultor	30-mar	0,21	1,40

Comentario:

Se planea también la construcción de otro acueducto comunitario, porque la demanda en agua es demasiado alta por la capacidad del acueducto actual. La Fundación Falcon Bridge se comprometió a pagar los materiales, y los habitantes de la microcuenca harán las obras.

Es interesante de describir la red del acueducto comunitario existente, para mostrar el estado actual del manejo de la distribución del agua de la comunidad :

Figura 3 : Red comunitaria del agua en la microcuenca



Los acueductos tienen un pendiente importante, y a veces un caudal suficiente para imaginar su explotación, y de este modo crear elegía eléctrica, pero son a menudo propiedades privadas. Por tanto, se puede solamente poner microturbinas de iniciativas privadas.

Sobre los acueductos comunitarios (lo de Los Dajaos y de el Dulce), se puede instalar microturbinas. El ejemplo de la turbina de Freddy Moronta muestra la factibilidad y el interés de esta técnica.

Se puede evaluar un potencial de electricidad disponible con los acueductos existentes, pero no conseguimos a hacer lo. Este cálculo necesitaría los datos precisos de los caudales y de las pendientes de cada acueducto, lo que fue difícil a determinar. **Sería útil de emprender investigaciones más precisas en este sentido.**

1.4.2 Tanques

Un tanque es una reserva de agua cerrada, donde hay una llegada de agua y varios tubos a la salida. Esta a menudo en un sitio alto.

En la microcuenca existen 8 tanques, que sirven para la redistribución del agua transportada con los acueductos. La red comunitaria presentada más alto comprende 7 tanques de tamaño variable, hasta 40 pies*20 pies*10 pies, o sea 216 m³. Los más altos son lo de Jobino (993 msnm) y de Freddy Moronta (976 msnm).

Un tanque es una infraestructura que permite una buena redistribución del agua cuando es asociado a un acueducto:

- el mantenimiento es fácil, un sistema de llaves permite regular la llegada del agua en los tubos
- los tanques son construidos en lugares altos, lo que permite de transportar el agua en las casas más bajas
- Una cantidad grande de agua esta almacenada en caso de necesidad
- Es un buen intermediario, entre un tubo de acueducto y varios tubos de la red de redistribución
- **Existe la posibilidad de asociar una microturbina al sistema.**

1.5 Determinación del potencial hidroeléctrico y de los parajes de mayor interés

El potencial explotable se determina con los valores del caudal turbinable y de la caída con la fórmula siguiente:

$$P = r.g.e.Q_t.\$H$$

P: potencial poder (W)

r : peso específico del agua : 1000 kg/m³

g : aceleración debido a la gravedad, g = 9,81 s/m²

e : eficacia, teniendo en cuenta las pérdidas de poder debido a una instalación (frotamientos en los tubos, lo mismo que en la turbina y el generador)

Q_t : caudal turbinable (m³/s)

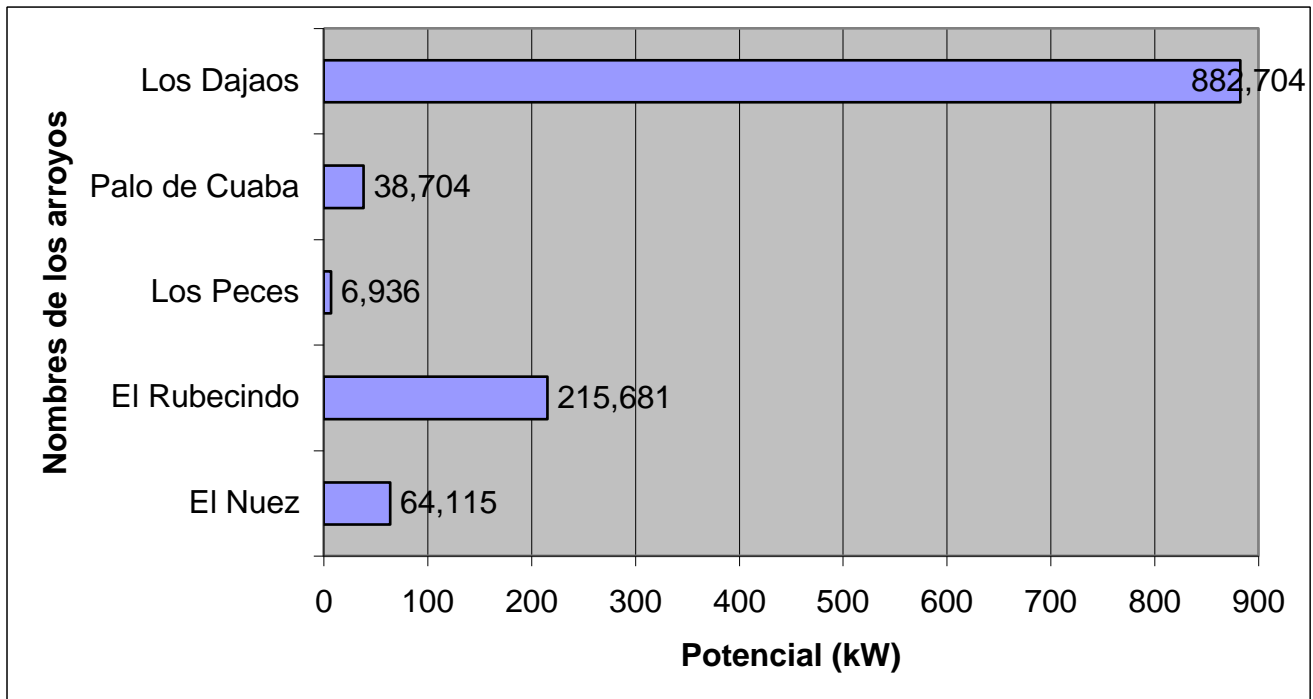
§H : caída (m)

Para algunos arroyos, se hizo la suma de varios segmentos. Así, el potencial del Rubecindo fue determinado: $P = r.g.e.(Qt1.\$H1 + Qt2.\$H2)$, con $\$H1 = 1380 - 1071$ y $\$H2 = 1071 - 930$. En efecto, en la altura de 1071 msnm llega una rama de agua y son instalados varios acueductos.

Para Los Dajaos, fue necesario de calcular el pendiente entre cada estación para dar el potencial el más preciso que posible.

Este formula da los resultados siguientes sobre los arroyos de la microcuenca de Los Dajaos:

Figura 4: Potencial hidroeléctrico de cada arroyo



El potencial total de la subcuenca se deduce directamente haciendo la suma de los potenciales de cada arroyo:

$$P_{total} = 882,704 + 38,704 + 6,936 + 215,681 + 64,115 = 1\ 208,14\ kW.$$

Interpretación

A pesar del fuerte potencial del arroyo Los Dajaos, su explotación parece poco interesante económicamente, porque necesitaría canalizaciones muy largas. Hace falta la toma de un caudal importante para compensar una caída débil, y la elección de un tipo de turbina apropiado.

La subcuenca de los Dajaos presenta un potencial importante, con pendientes fuertes y caudales importantes. Todos los afluentes citados parecen explotables, sin embargo dos afluentes se extraen como particularmente interesantes : **El Nuez y el Rubecindo**. Además, se encuentran sitios que parecen explotables para la instalación de una microcentral hidroeléctrica.

Cuidado:

Este potencial total de la subcuenca es un **potencial mínimo** que tiene en cuenta la **conservación del ambiente**, y las **pérdidas de energía** con los frotamientos y la eficacia de la instalación hidroeléctrica. Pero este potencial permite solamente de dar una idea de la cantidad de electricidad que se podría producir si había tomas de agua en las fuentes de los afluentes retenidos y de Los Dajaos, y si las turbinas estaban instaladas a la misma altura que las desembocaduras de estos arroyos. El estudio se reducirá después a la cantidad producida en algunos sitios particulares.

Hay que tomar también en cuenta el potencial explotable debido a **los acueductos**, porque es muy interesante de instalar una microturbina asociada a un acueducto. Este potencial es explotado en partido ahora, con algunas turbinas privadas, y por el riego, pero se podría desarrollar más proyectos de este tipo.

Conclusión de la primera parte

Con arroyos de caudal bastante importante y caídas buenas, Los Dajaos es una microcuenca apropiada a la instalación de microturbinas. Se puede teóricamente producir 1,20 MW.

En las alturas, los caudales son bastantes y las pendientes son particularmente fuertes, sería el medio de construir una instalación a costo menor. Pero el alejamiento de la comunidad implica que haya una grande longitud de cables eléctricos. Se plantean así el problema de las conexiones salvajes, lo del mantenimiento, y lo de los robos.

La elección de sitios de mayor interes es entonces un compromiso entre una pendiente fuerte, y una distancia con la comunidad bastante débil.

Tres arroyos se distinguen por su atractivo grande: el arroyo Los Peces (para pequeños proyectos), el arroyo El Nuez (para proyectos de tamaño mediano), y el arroyo El Rubecindo (para proyectos yendo hasta 200 kW).

De manera más precisa, esta aconsejado de usar la porción del Arroyo el Nuez de 1050 a 1300 msnm o la porción del Arroyo El Rubecindo de 1060 a 1300 msnm. Puntos de referencia fueron tomados cerca de estos sitios claves (M03316A para el arroyo El Nuez, y M033014A para el arroyo El Rubecindo).

El potencial ofrecido por los acueductos no pudo estar cuantificado, pero parece bastante interesante. Asociar una microturbina a un acueducto participa al establecimiento de una gestión durable de los recursos hídricos.

La elección de un sitio es función de la cantidad de energía que se quiere producir y del uso de esta energía. Es porque es necesario conocer las oportunidades técnicas y sociales, antes de estudiar algunos proyectos precisos.

2. Oportunidades del uso de microturbinas en Los Dajaos

2.1. Oportunidades técnicas

2.1.1. Descripción del funcionamiento de una microturbina

Un sistema hidroeléctrico que genera hasta 100 kW es generalmente llamado microturbina. Pero un sistema que ya produce 5 kW puede alimentar una finca (lámparas, nevera...).

Un sistema hidroeléctrico usa la energía del agua para producir electricidad. La turbina es activada por la caída de agua cautiva, y gira, arrastrando un generador.

Un sistema hidroeléctrico tiene 3 componentes principales:

- el canal (a menudo un tubo) que transporta el agua del arroyo hasta la turbina ;
- la turbina, que recibe la energía del agua ;
- el generador, que saca electricidad.

El material es muy importante porque tiene que permitir de usar al máximo el potencial explotable. Depende naturalmente de las características de la caída, y del uso de la energía producida.

Figura 5: Esquema de instalación hidroeléctrica

(Fuente: www.cecua.es/res&rue/htm/guia/minidraulica.htm)



2.1.2. El canal y lo que le acompaña

(según www.lino.com/~sylvain/hydro.html)

Cuanto más grande es el diámetro de los tubos, menos son las pérdidas. Hay que evitar los recodos y las curvas de las canalizaciones.

Cuadro 6: Pérdidas por fricción de los tubos (en %)

(fuente: www.lino.com/~sylvain/hydro.html)

Caudal en litros	Diámetro del tubo			
	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
10	0,10	0,05	0,02	0,00
20	0,40	0,15	0,10	0,02
30	0,80	0,30	0,15	0,05
40	1,20	0,40	0,20	0,10
50	1,80	0,60	0,35	0,15
60	2,50	0,90	0,50	0,20
70	3,80	1,15	0,65	0,30
80	5,50	1,70	0,90	0,45
90	7,50	2,30	1,20	0,50
100	8,75	2,60	1,40	0,60

Según Franco A. Hernández y Félix M. Germán, en su Instructivo para el diseño de pequeñas obras hidráulicas (1983), las pérdidas por fricción son debidas a la fricción del conducto. Se utiliza la ecuación de Darcy-Weisbach para su evaluación :

$$H_f = F * L/D * v^2/2g$$

H_f : pérdida de energía en el flujo a causa de la fricción

F: coeficiente de fricción (m)

L: longitud del conducto (en la cual se produce H_f)

D: diámetro interno del conducto (m)

v : velocidad del flujo (m/s)

g : aceleración de gravedad (m/s^2)

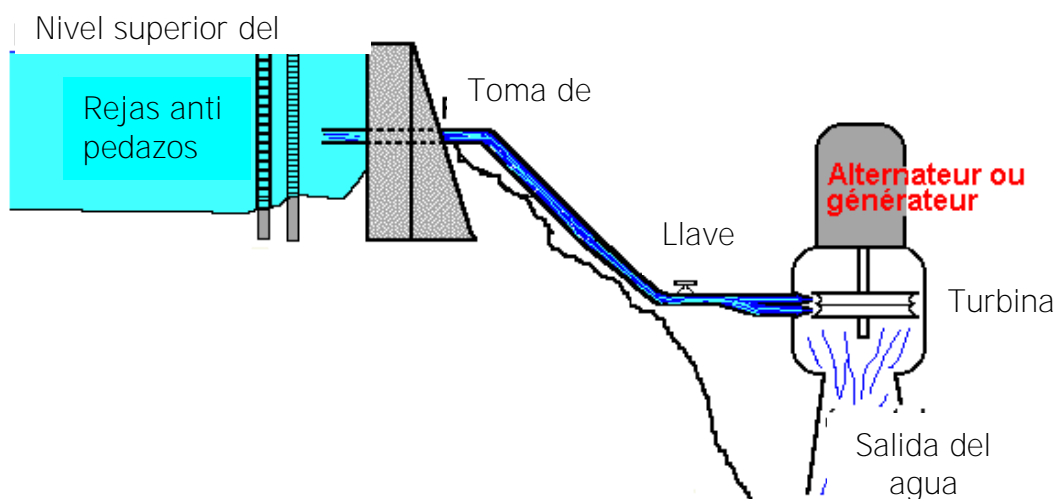
Representan generalmente la mayor parte de las pérdidas totales. Son menos cuando el diámetro del tubo es más grande.

Varios sistemas pueden estar asociados al canal, arriba de la turbina:

- **Un embalse** de tierra, de madera o de cemento permite una buena reserva de agua y asegura un funcionamiento continuo durante el año entero.
- **un sistema de protección de la toma de agua** evite el envío de pedazos (ramas, hojas de árbol, piedras, lodo, arena, etc.) en los tubos, porque debe tenerse en cuenta que importantes cantidades de sedimento posiblemente puedan penetrar en los arroyos después de fuertes lluvias. Dos rejas anti pedazos son así muy útiles: la primera para pedazos grandes, y la segunda para los más pequeños.

Figura 6: Esquema de un sistema de limpieza del agua

(Fuente: <http://www.lino.com/~sylvain/hydro.html>)



- eventualmente **un tanque** puede ser usado para regular el caudal y almacenar agua de riego.

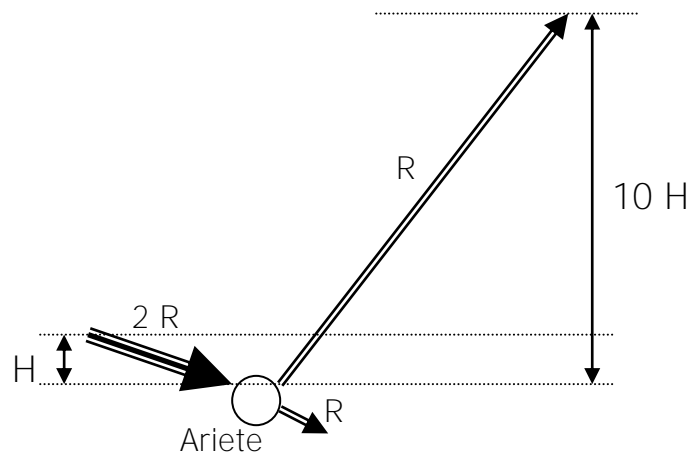
- **un ariete** puede aumentar la energía potencial, en caso de caída demasiado bajo.

Comentario (según www.pavco.com.ve/mpresion/ariete.htm):

Una columna de líquido moviéndose tiene cierta inercia, que es proporcional a su peso y a su velocidad. Cuando el flujo se detiene rápidamente, por ejemplo al cerrar una válvula, la inercia se convierte en un incremento de presión. El aire es compresible y si se transporta con el agua en una conducción, este puede actuar como un resorte, comprimiéndose y expandiéndose aleatoriamente. Se ha demostrado que estas compresiones repentinas pueden aumentar la presión en un punto, hasta 10 veces la presión de servicio. Este fenómeno se conoce con el nombre de **Golpe de Ariete**.

Existe una maquina, llamada "Ariete", que usa este fenómeno. Con un tubo de entrada del agua de diámetro $2R$ y de caída H , se puede tener un tubo de salida de diámetro R y de caída $10H$. De organización tubo sale el resto del agua, casi sin presión. Así, con esta máquina se suben cantidades de agua. Pueden estar útiles al riego (como una bomba), o pueden aumentar la caída ante una turbina. En estos casos vale la pena de construir un tanque, que almacenaría el agua en alturas.

Figura 7: Príncipe del funcionamiento del Ariete



2.1.3. Elección de un tipo de microturbina

(Según: www.perso.wanadoo.fr/eb.ajena/description.mch.html)

Una turbina es un motor rotativo arrastrado por un corriente de agua, que transforme la mayor parte de la energía hidráulica en energía mecánica.

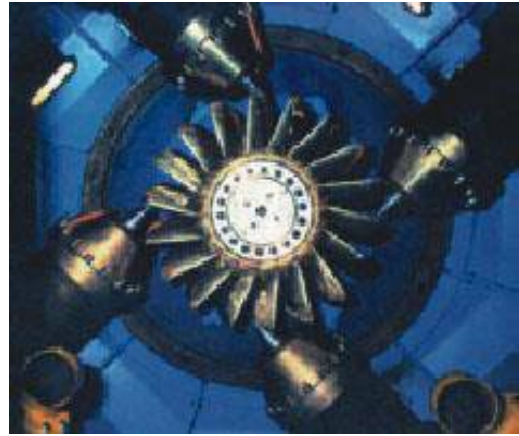
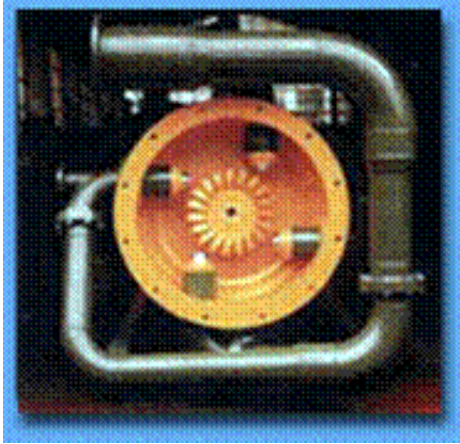
La elección de la turbina se hace con arreglo al caudal y a la caída a disposición. Depende además del fabricante de turbinas.

Pero de todo modo se puede distinguir 4 grandes tipos:

- **la turbina Paltón:** esta usada para caídas altas (10 a 500 m) y caudales débiles (20 a 1000 l/s). Tiene como cucharadas que son dispuestas organización de la rueda y reciben el agua por mediación de varios inyectores. Estos inyectores permiten de controlar la llegada del agua aunque en caso de variaciones fuertes de caudal y de conservar al conjunto un rendimiento muy apreciable.

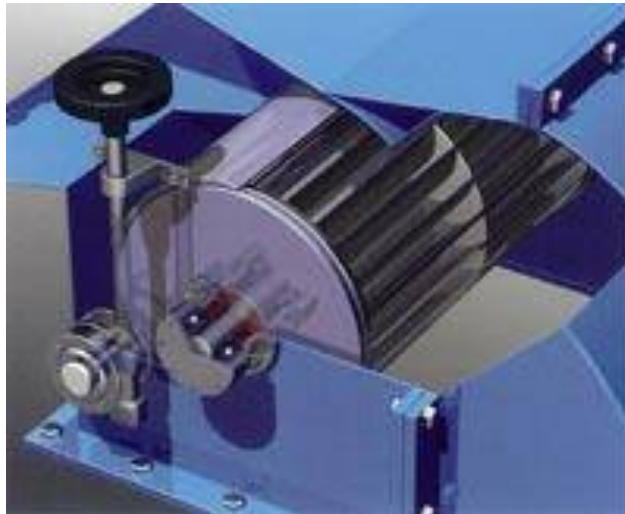
Fuente : www.cecun.es/res&rue/html/guia/minidraulica.htm

Fuente: www.web.tiscali.it/vanni_38/idra20.htm



- **la turbina Banki-Mitchell o Crossflow:** conviene para caudales de 20 a 7000 l/s y caídas de 10 a 150m. Su construcción es muy sencilla lo que permite su desarrollo. Sin embargo, debido a sus bajos rendimientos, esta turbina es poco usada ahora.

(Fuente : www.irem.it/en/Mhp/MHPset.htm)



- **la turbina Francis:** es generalmente usada para caídas medias (10 a 100 m) y caudales medios (100 a 6 000 L/s). Ella consta de un delco a rectoras de guiage orientables, una rueda con paletas fijas y una aspiradora a la salida. El agua entra a la periferia de la rueda y sale al lado. Esta siempre montada con un toldo espiral con forma de caracol. Tiene rendimientos buenos.

(Fuente : www.federation-eaf.org/)



- **las turbinas Kaplan y hélices:** son las más apropiadas para el turbinaje de caídas débiles (menos de 10 m) y caudales importantes (300 a 10 000 L/s). Se caracterizan por su rueda quien esta parecida a un hélice de barco cuyas palas son regulables en marcha (Kaplan) o fijas (hélices). El agua es dirigido hacia el centro de la rueda por un delco orientable o fijo. A la salida una aspiradora permite de limitar los efectos de turbulencia. Presentan la ventaja de tener rendimientos buenos.

(fuente: www.eia.edu.co/sitios/webalumnas/seleccionturbinas/turbinas)

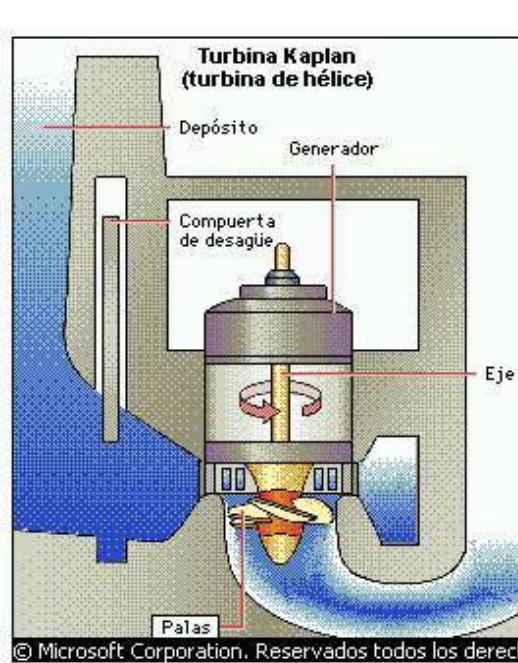
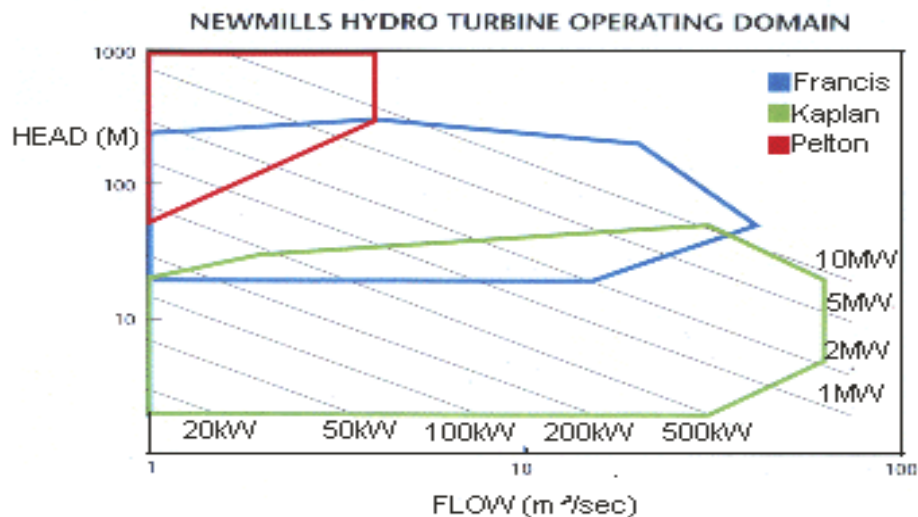


Figura 8 : curva de determinación del tipo de microturbina

(fuente: www.newmillshydro.freemove.co.uk/graph.html)



Para el arroyo **Los Dajaos**, con un caudal turbinable variando de 335 a 556 L/s (según la altura de la toma de agua) y una pendiente débil, una **turbina Kaplan o a hélices** parece estar la más apropiada.

Para los arroyos **El Nuez, Rubecindo, Los Peces y Palo de Cuaba**, una **turbina Pelton** sería una elección buena.

2.1.4. El generador

(Según: www.perso.wanadoo.fr/eb.ajena/description.mch.html)

En cuanto la turbina esta puesta en movimiento, acciona directamente o por mediación de un multiplicador un generador de corriente, que transforma la energía mecánica disponible sobre el árbol en energía eléctrica.

Transforma así el movimiento de la turbina en electricidad.

Existen tres tipos de generadores.

- **El generador a corriente continua:** La producción de corriente continua es posible solamente en pocos casos. No puede ser si se vende a la red nacional. Pero para un uso domestico, puede producir luz y calefacción. La ventaja mayor del generador a corriente continua, además de su bajo precio, es que su producción puede estar almacenada en baterías. Por último, hay que notar que se puede convertir corriente continua en alternativa con un ondulator, pero es generalmente costoso.
- **El generador sincrónico:** este generador de corriente es también llamado alternador. Su característica viene del hecho de que la frecuencia de la corriente producida esta impuesta por la velocidad de rotación del rotor que debe así quedarse constante durante el periodo de explotación. Esta máquina es generalmente usada cuando la instalación es diseñada para autoconsumo. Para este tipo de instalación, en efecto, su sistema de ajuste de las características de la corriente (tensión, frecuencia...) es bien apropiado. Por último, el generador sincrónico tiene rendimientos buenos, pero su precio para poderes débiles esta menos interesante que lo de los otros tipos de generadores.
- **El generador asincrónico:** es el generador lo mas propagado, porque es sencillo de construcción, resistente y de costo ventajoso. Es principalmente usado cuando la central está prevista para la venta a la red nacional, porque en este caso esta pilotado por la red que regula la frecuencia y la tensión de la corriente producida. Por último, hay que señalar que los rendimientos del generador asincrónico son menos interesantes que los del alternador.

Puede estar autom6vil de 12 o 24 volts, cambiado o no seg6n las necesidades, o para un poder m6s grande un generador industrial. Si la distancia entre la producci3n y el consumo es larga, una tensi3n de 110 volts es recomendada a fin de minimizar las perdidas en los cables el6ctricos.

Algunos elementos son as6 a menudo usados despu6s del generador:

- un inversor que convert6 el voltaje, de electricidad continua (DC) en corriente alterna (CA)
- una banca de baterías.

Por último, los cables conducen la electricidad al sitio de uso.

2.1.5. Mantenimiento

Para la **toma de agua**, hay que revisar peri3dicamente los niveles de agua y limpiar despu6s de lluvias. Hay que revisar el embalse tambi6n, y tapar los escapes.

La **tubería** debe mantenerse enterrada y en los lugares en descubierto debe mantenerse bien apoyada, amarrada de manera que no se produzcan curvaturas y

separación de tubos, de ser posible mantener las uniones entre tubos remachados con tornillos.

Por último, en lo que concierne la **turbina**, hay que engrasar las salineras semanalmente y revisar las cucharas, el tubo inyector los tornillos de polea y las bases.

2.1.6. Componentes auxiliares mecánicos y eléctricos (Según: www.irem.it/ita/Mhp/MHPset.htm)

En una pequeña central hidroeléctrica se puede asociar los componentes siguientes:

- multiplicador de velocidad, para hacer girar el generador a su velocidad de rotación ideal, a partir de la velocidad de rotación de la turbina (en algunos casos) ;
- llaves de aislamiento del agua para la turbina ;
- llave de derivación y de control (en algunos casos) ;
- sistema de control hidráulico para la turbina y las válvulas ;
- sistema eléctrico de protección y de control ;
- dispositivo de conmutación eléctrica;
- transformadores auxiliares y de transporte de la energía;
- servicios auxiliares, especialmente la luz y la calefacción, así como la energía para alimentar los sistemas de control y el dispositivo de conmutación eléctrica ;
- sistema de enfriamiento con agua y de lubricación (en algunos casos) ;
- sistema de ventilación ;
- alimentación eléctrica de socorro ;
- sistema de telecomunicación;
- sistemas de alarma incendio y de seguridad (en algunos casos);
- interconexión con una compañía de electricidad o sistema de transporte y de distribución.

Figura 9: Varios componentes de la red de uso de la energía

(Fuente: www.irem.it/ita/Mhp/MHPset.htm)



1. Grupo de turbina y generador
2. Tabla de distribución eléctrica
3. Usos
4. Disipación del aire
5. Carga resistente y constante
Regulación electrónica
Sistema de regulación
Disipación del agua

Existe así una diversidad grande de material, seleccionado según las particularidades del terreno y los usos de la energía producida. De la calidad de las elecciones depende el éxito de la infraestructura.

Varios ejemplos de la zona están entonces presentados, a fin de tener una idea de lo que ya funciona.

2.1.7. Ejemplos de instalación en la zona

La subcuenca de Los Dajaos cuenta 5 microturbinas, la de Freddy MORONTA, de José CRUZ, de Odalis TINEO, de Paco, y del laboratorio. Como están a menudo muy parecidas, solamente algunas serán detalladas.

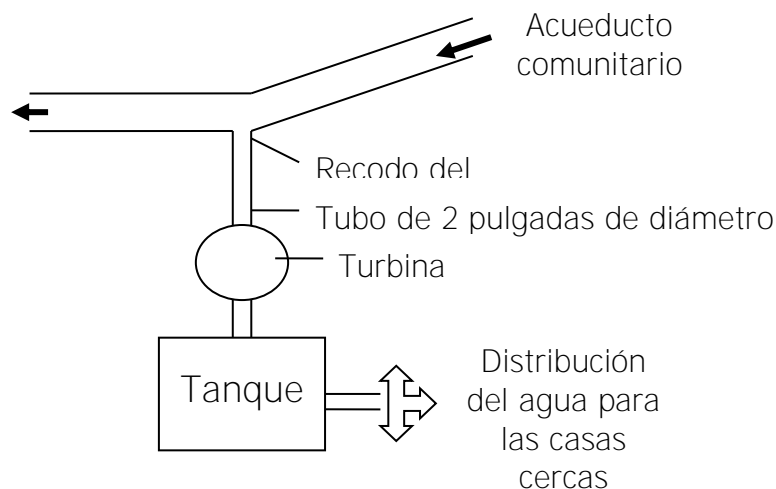
En lo que concierne la microturbina de Los Calabazos, aunque si no hace parte de la zona, será detallada porque representa una obra bien apropiada.

- **La turbina de Freddy MORONTA** fue construida en 1997, con el apoyo de varios organismos (PNUD, PPS/FMAM, acción), porque estaba un proyecto modelo, llamado ``Programa de Pequeños Subsidios``. Fue la primera turbina instalada en Los Dajaos. El financiamiento fue doble : los organismos pagaron una parte, y Freddy el resto.

Está instalada sobre una rama del acueducto comunitario, permitiendo así hacer un uso más eficiente del recurso agua. En efecto, por la situación alta de la casa, el acueducto pasa por aquí, da una rama, y alimenta la turbina. Un tanque permite después de almacenar el agua (de dimensión 40 pies * 20 pies * 10 pies). Una red con llaves permite su redistribución por abajo.

La toma de agua de la turbina es entonces la toma de agua del acueducto. Se encuentra en el arroyo Rubecindo, a 1071 m de altura. La caída de agua es de 95 m, pero no podemos decir precisamente el caudal llegando a la turbina, porque corresponde a una fracción del agua del acueducto. Podemos solamente decir que, después el recodo, el tubo tiene 2 pulgadas de diámetro.

Figura 10: circuito del agua atravesando la turbina de Freddy



La turbina es un modelo Pelton, y más precisamente una **Harris**. Lo que esta lo más apropiado para una caída importante y un caudal pequeño (ver en Anexo 3). Además, su mantenimiento está bastante sencillo, tiene mejor tolerancia cuando hay un poco de arena.

El poder producido es de **100 W**, pero parece que "la presión es tan fuerte que una turbina más grande podría producir **10 kW**", según Freddy.

Un inversor permite de tener corriente de 110 volts, y carga 8 baterías de 12 V. La carga no necesita más de una hora, y sería posible de cargar 12 baterías juntas.

Esta producción de energía está bastante para alimentar una televisión, un frigorífico, 6 lámparas y un radio.

El valor de la turbina, al compro, estaba de RD\$ 70 000.

- **La turbina de José CRUZ** es también una Pelton, y más precisamente un Harris, que produce **300 W**. La toma de agua es instalada en el arroyo Los Peces. La caída es de 12 m y el tubo es de 2 pulgadas de diámetro, lo que corresponde a aproximadamente 7 L/s.

Tiene un inversor de 800 W y una banca de ocho baterías (pero el sistema parecía mejor funcionar cuando había un inversor de 1,3 kW). No necesita más equipamiento porque la energía esta usada rápido, las baterías nunca están sobrecargadas.

Sirve a alimentar ocho lámparas (de sobre 18 W cada una), un frigorífico (que consume 560 kWh/año), y una televisión.

La inversión esta privada.

Don José tiene el proyecto de construir ello mismo organización turbina, usando una bomba de agua que funcionaria al reverso. Este sistema ya existe en Los Estados Unidos, según John Katz, profesor a la Universidad de Cornell (Estados Unidos). Tiene la ventaja grande de estar más barato, porque se puede usar materiales usados.

- **la turbina del colmado y de la familia TINEO**

La microturbina es de tipo Pelton. La toma de agua es situada en el Rubecindo, a 1071 m de altura, con una cámara de carga y un acueducto privados. La caída de agua es de 128 m, con la turbina a 943 msnm. El acueducto tiene un diámetro de 1,5 pulgadas.

El amperaje esta regulable (organización de 3ª), lo que explica la variación simultanea del poder (alrededor de **400 W**). El inversor es de 3 kW.

Ocho baterías están cargando de maneja permanente, para el consumo de la casa, y sobre tres baterías mas están cargando para la venta. En efecto, los clientes del colmado vienen con su batería descargada y pagan RD\$ 20 por la carga. La producción de energía es entonces para la familia y para el colmado.

La infraestructura fue hecha en 2002. Los precios de inversión son los siguientes (con precios del año 2002, ahora se pueden multiplicarse por 3 si son en pesos) :

US\$ 1 000 para la turbina

RD\$ 120 000 para tubos,

RD\$ 21 000 para el inversor

8 * 6 000 = RD\$ \$ 48 000 para baterías

RD\$ 27 000 para la mano de obra (amigos)

- **La turbina del laboratorio**

Es una turbina Pelton, de **400 W**, hecha por el ``Programa de Pequeños Subsidios``. La toma de agua se sitúa en el Arroyo Los Peces.

Sirve para el laboratorio, el centro de salud, la escuela, y para la casa de Rómulo.

- **La turbina de Paco**

Es también una turbina Pelton de **400 W**, hecha por el ``Programa de Pequeños

Subsidios`, y funcionando como la de Freddy. Su toma de agua es en el Arroyo Rubecindo. Sin embargo no funciona ahora, por falta de mantenimiento.

- **la turbina de Los Calabazos**

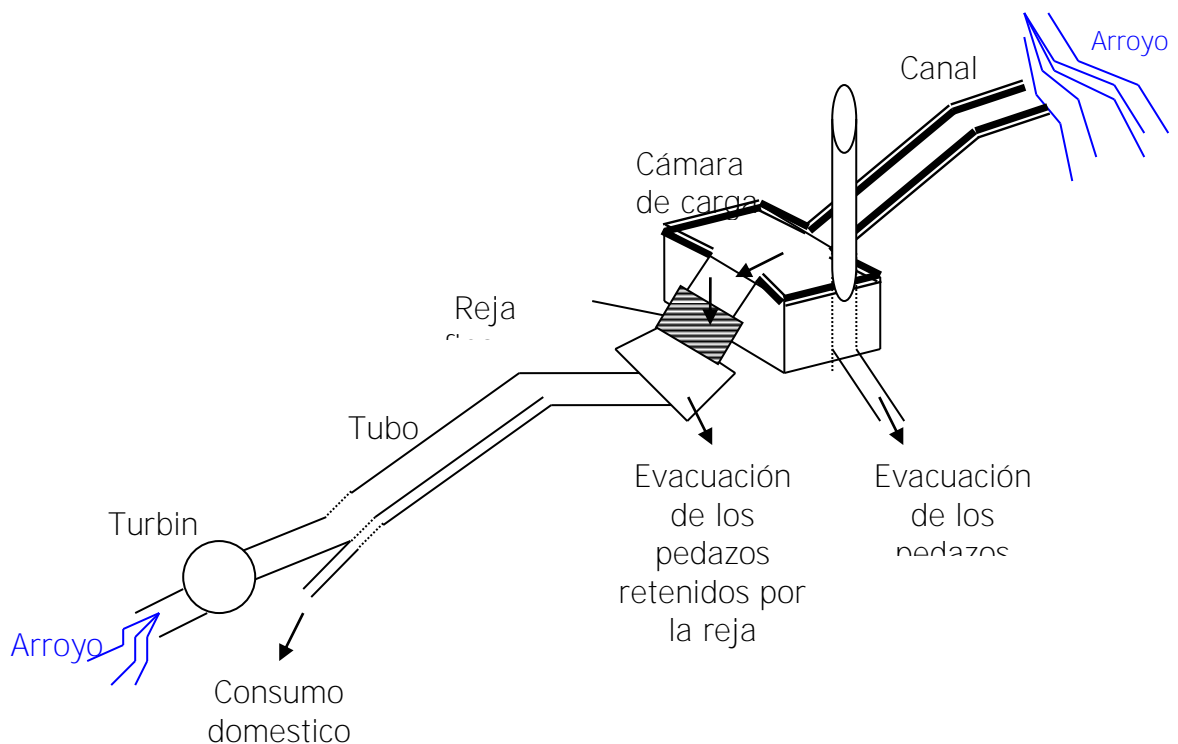
Esta infraestructura hidráulica está sumamente interesante, porque cuenta un sistema de limpieza del agua muy bien hecho.

En efecto, el agua captada en el arroyo esta transportada por un canal hasta la cámara de carga, donde se eliminan los pedazos sedimentos. Esto corresponde a los pedazos bastante pesados, principalmente arena y basuras, que se depositan en el fondo de la cámara, y que pueden estar eliminados cuando se sube la llave (o tapón).

El "demasiado-lleno" pasa después sobre una reja fina. Están así eliminados los pedazos ligeros, como hojas, porque están retenidos por la reja y evacuados por un chorrito de agua perpetuo.

El agua que traversa la reja es entonces "limpiada", y baja los tubos hasta la comunidad de Los Calabazos. El pequeño tubo sirve a alimentar la comunidad, y el grande es para la turbina. El agua se va después al río abajo, el Yaqué del Norte.

Figura 11: El sistema de limpieza del agua, para la comunidad de Los Calabazos



La turbina produce más o menos **10 kW**.

El canal tiene una sección de 35 cm de anchura, 5 m de largo, y tenía 5 cm de profundidad de agua en diciembre 2003. La velocidad estaba de 2 m/s, sea 35 L/s.

La caída, entre la entrada y la salida del tubo grande, es de 230 pies, sea 70,1 m.

El costo total fue de sobre US \$ 9 000, financiado en parte por el PDUN (Program of Development of the United Nations).

El proyecto fue finalizado por John Katz, el profesor norteamericano.

Comentario: problema de airé en el tubo ante la puesta en funcionamiento.

2.2. Potencialidades sociales

- No existe ninguna red de electricidad en la zona a una distancia de 10 kilómetros. Además, es poco probable que el empalme a la red nacional se haga rápidamente, dado que la densidad de población es débil y por tanto la inversión poco rentable. La producción de electricidad en República Dominicana no es suficiente, y los precios suben.

Es porque sería interesante de desarrollar fuentes de electricidad locales, que puede ser manejado a pequeña escala. La energía hidroeléctrica sería una buena solución, mas aun cuando hace energía renovable y que el costo de mantenimiento es bajo. Entonces, se podría a la vez mejorar las condiciones de vida de la gente y limitar la desertificación de los campos.

- El aislamiento de los productores de los lugares de consumo, la dificultad de acceso plantean un problema para la venta de los productos agrícolas.

La electricidad permitiría el almacenamiento de algunas producciones en un frigorífico o un congelador, y estar más competido para hacer frente a los mercados.

- Con las pendientes fuertes y unos cultivos destructoras de los suelos, existe un fenómeno de erosión. Además, este tipo de cultivo presente un débil valor agregado.

El desarrollo de pequeñas agroindustrias puede haber una influencia para el cambio de cultivos. Es porque la elección del tipo de agroindustria tiene que tomar en cuenta el potencial de desarrollo de cultivos con altos valores agregados (fresas...).

- Esta zona es bastante dinámica, lista para acoger la novedad tecnológica: hay varios líderes locales, una asociación local de los agricultores, y la intervención de algunas asociaciones y fundaciones externas.

Por tanto, la organización de la comunidad alrededor de un proyecto de microturbina y de agroindustria parece posible.

Comentario: Sin embargo, el mantenimiento del acueducto comunitario plantea problemas. Entonces, sería interesante de considerar la oportunidad de un apoyo externo.

Además, ya existe un proyecto de acueducto con el apoyo de Falcón Bridge. Sería la ocasión de añadir una microturbina en salida de este nuevo acueducto.

- Además, ya funcionan sin problema algunas microturbinas, lo que muestra que esta fuente de electricidad está adaptada a la zona.
- Existe un potencial de desarrollo del ecoturismo, con paisajes preciosos y la proximidad del Pico Duarte (32 km).

Con la electricidad, proyectos de recepción de turistas serian posibles (cabañas, mesones...).

- La utilización del agua de los arroyos para hacer electricidad mostraría el interés de proteger los recursos de agua. Los usos actuales son el riego, el consumo domestico, un poco de pesca de cangrejos, y el consumo de algunos animales.

La polución del agua, particularmente con los desechos sólidos, podría molestar el funcionamiento de la turbina, es porque el interés de respetar los arroyos sería directo.

- Los únicos problemas que podrían ocurrir con una instalación hidroeléctrica sería la ausencia de mantenimiento, los robos y las conexiones salvajes.

Para evitar eso, es recomendado de reducir como máximo la distancia entre la microturbina y el uso de la electricidad. La instalación tiene que ser bastante cerca de la comunidad.

Cuadro 7: Síntesis del contexto social

Fuerzas	Debilidades
Zona dinámica, lista para acoger la novedad tecnológica, varios líderes Microturbinas ya funcionando en la microcuenca Potencial eco turístico	Ninguna red de electricidad Aislamiento, dificultad de acceso a los mercados Erosión, producciones agrícolas con débil valor agregado y destructoras del medioambiente
Oportunidades	Amenazas
Desarrollar una pequeña agro industria, lo que podría influir sobre el cambio de los cultivos locales Un frigorífico o un congelador podría permitir el acceso a mercados más interesantes La instalación de infraestructuras eco turísticas sería posible	Problemas de mantenimiento, de robos, y de conexiones salvajes Polución del agua que molesta el funcionamiento de la turbina

2.3. Impacto ambiental

Determinar el impacto ambiental implica el estudio del ecosistema, el « universo de relaciones funcionales entre los componentes de un hábitat ».

Su estudio completo necesitaría un reporte entero, pero por falta de tiempo, nos contentamos de presentar una identificación de la flora y de la fauna, hecha por la Cooperación Dominicana de Electricidad (CDE) en el Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Manabao-Bejucal-Tavera, el 25 de noviembre del 2000. La microcuenca de Los Dajaos era una estación de este proyecto, es porque fue estudiada en detalles.

Como un ecosistema es un equilibrio a menudo muy sensible, hay que aprehender los efectos que microturbinas podrían producir sobre esto.

Este proyecto se debe de respetar lo mejor que posible el ecosistema.

2.3.1. Identificación de la flora y fauna de la subcuenca

- La Flora

Según el Apéndice n°11, *Informe sobre la caracterización de la flora y la vegetación de las cuencas medias de los ríos Yaqué del Norte y Guanajuma*, CDE, abril 2001 :

El escaso porcentaje de bosque, con una gran diversidad de especies nativas e introducidas, no forma una masa boscosa densa. Pinos, *Pinus anación n* , ocupan las laderas que bordean el río Los Dajaos, y organización los pinos se encuentran gramíneas, helechos y una densa cubierta de yaragua, *Melinis minutiflora*.

« En las márgenes del río se encuentran árboles dispersos de : guama, *Inga vera* ; cupey, *Clusia rosea* ; yagrumo, *Cecropia schreberiana* ; caimito, *Chrysophyllum oliviforme* ; cabirma, *Guarea guidonia* ; guarana, *Cupania americana* ; pomo, *Syzygium jambos* ; jina, *Inga fagifolia* ; amacey, *Tetragastris balsamifera* ; y penda, *Citharexylum fruticosum*, entre otros. Los arbustos son abundantes y pueden alcanzar hasta tres metros de altura ; se encuentran en las laderas con gran pendiente y en la zona aluvional ; las especies mas comunes son : guayaba, *Psidium guajava* ; oreganillo, *Hyptis verticillata* ; guayuyo, *Piper aduncum* ; cadillo, *Urena lobata* ; rompezaraguey, *Eupatorium odoratum* ; café cimarrón, *Casearia sylvestris* ; palo de toro, *Baccharis myrsinites* ; y juan prieto, *Cordia lima*.

Las hierbas constituyen el grupo más abundante, debido a que el área ha sido alterada por efecto de las crecidas del río y las actividades antropicas, especialmente para ganadería y agricultura. En el lado Sur del río hay una pequeña plantación de café, *Coffea arabica* y algunas viviendas habitadas. Dentro de las herbáceas más abundantes se encuentran: yaragua, *Melinis minutiflora*; escoba dulce, *Sida acuta*; y margarita, *Tridax procumbens*.

En esta zona son abundantes las lianas y trepadoras, las cuales crecen sobre las copas de los árboles y arbustos, así como en forma rastrera. En este grupo las especies más abundantes son : cepu, *Mikania micrantha* ; maraveli, *Securidaca virgata* ; zarza, *Odontosoria aculeata* ; bejuco de costilla, *Paullinia pinnata* ; y bejuco de ratón, *Cissampelos pareira*.

Las epifitas están representadas principalmente por especies de la familia Bromeliáceas como : pina de palo, *Tillandsia fasciculata* ; *Tillandsia pruinosa* ; y las Orchidaceae *Epidendrum difforme* y *Epidendrum ramosum*. »

Existen en Los Dajaos dos especies endémicas raras: *Buddleja domingensis* y *Hedyosmum domingense*.

- La fauna

Según el Apéndice n°14, *Macrofauna acuática*, CDE, abril 2001 :

« La macrofauna acuática observada en la zona estuvo representada por los peces baitas o titiles, encontrándose únicamente la especie *Poecilia dominicensis*.

Conjuntamente con algunos grupos de peces observados en los remansos o pozas, se encontraron renacuajos de la especie *Hyla vasta*.

Asimismo se encontraron especimenes de jaibas *Epilobocera haytensis* debajo de las piedras en el lecho del arroyo y en cuevas en las orillas donde el sustrato predominante era lodoso-arenoso.

La densidad de refugios para fauna tanto de peces como de las jaibas se considera medio debido a la existencia de los remansos de aguas tranquilas producto de la

poca profundidad del arroyo en este punto, así como las rocas utilizados por las jaibas para refugio y el tipo de sustrato lodoso-arenoso donde ellas construyen sus cuevas. »

Según el Apéndice n°13, *Macroinvertebrados acuáticos*, CDE, abril 2001 :

En lo que concierne los macroinvertebrados acuáticos, fueron reconocidas algunas familias : los Tricorítidos (Efemeropteros), los Simulidos (Dipteros), y los Tricópteros (Hidropsíquidos, Glosomatidos y Leptoceridos).

Existe un tipo de animal inusual, un anfípodo de la familia Talitridos. Este puede representar una nueva especie.

Según el Apéndice n°16, *Evaluación y caracterización de la fauna de anfibios y reptiles*, CDE, abril 2001:

Hay dos especies de anfibios claves en el arroyo Los Dajaos: *H. heilprini* y *H. basta*, que viven en aguas de mucho caudal. Sería muy poco probable que se adapten a vivir en arroyos o en aguas estancadas. Esto sucedería con tan solo reducir la presión del agua a la mitad.

Por último se puede notar la presencia de dos otros tipos de anfibios: *O. dominicensis* y *E. abbotti*, y de dos especies de reptiles: *A. cybotes* y *A. distichus*.

La subcuenca de Los Dajaos tiene una riqueza ecológica grande, pero un solo animal inusual se encontró, el anfípodo de la familia Talitridos. Este se cree que el primer registro de un anfípodo en la República Dominicana y puede representar una nueva especie. Hay entonces que tomar medidas de protección para no molestar su hábitat.

2.3.2. Riegos ambientales en el manejo hidroeléctrico de la subcuenca

Un riego ambiental es la « potencialidad de una acción de cualquier naturaleza que, por su ubicación, características y efectos puede generar danos al entorno o a los ecosistemas ».

Hay dos riesgos principales:

- reducción del caudal y alteración de la corriente, lo que llega a una disminución general en las cantidades de todos los organismos, y puede reducir la biodiversidad ;
- pérdida de hábitat por cualquier reducción en el volumen del agua.

Para mantener las condiciones mínimas requeridas de salud de los cuerpos de agua, y para mantener la colonización por parte de la fauna acuática que se encuentra en los mismos, es necesario de tener un flujo mínimo de agua. Un secado completo del canal del río dará lugar a la extinción total de la fauna de macroinvertebrados acuáticos.

Por último, hay que señalar el daño estético hecho al paisaje.

2.3.3. Recomendaciones

Así sobresale la noción de límites permisibles, « normas técnicas, parámetros y valores, establecidos con el objetivo de proteger la salud humana, la calidad del medio ambiente o la integridad de sus componentes ».

- Hay que mantener un **caudal reservado**, correspondiendo a 10 % del caudal interanual. Así, según la media de los caudales registrados sobre 20 años, el caudal reservado represente los porcentajes siguientes :

Cuadro 8: Estimación mensual del caudal reservado

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Porcentaje del caudal reservado comparado al caudal total (en %)	12,9	30,2	30,5	28,0	29,3	50,4	29,5	21,7	23,7	27,2	43,6	41,4

- Para compensar la reducción de caudal del arroyo, se recomienda establecer un plan de reforestación cerca de la fuente de agua. La protegería. Las raíces de los árboles aseguran la retención del agua de lluvia. Además disminuyan la erosión de los suelos y la suciedad del agua.
- A fin de controlar la población faunística de la subcuenca, sería útil de realizar periódicamente evaluaciones de los organismos acuáticos y sus hábitats.
- Hay que hacer un plan de concientización ambiental, con campanas de limpieza de las orillas y talleres, para exponer a la gente la importancia de cuidar sus recursos naturales.
- El uso de sistemas de economía de energía puede disminuir significativamente la necesidad energética, y así limitar la cantidad de agua tomada en el arroyo.
- Debe evitarse que los sedimentos procedentes de la actividad de la construcción penetren en el arroyo. Puede estar perjudicial en caso de mecanismos de filtrado de organismos como Tricópteros.

- **Marco legal ambiental**

Según la Ley General Sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00) :

➤ « *Capítulo III, DE LAS AGUAS*

- **Art. 126.** Todas las aguas del país, sin excepción alguna, son propiedad del Estado y su dominio es inalienable, imprescriptible e inembargable. No existe la propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas.
- **Art. 127.** Toda persona tiene derecho a utilizar el agua para satisfacer sus necesidades vitales de alimentación e higiene, la de su familia y de sus animales, siempre que con ello no cause perjuicio a otros usuarios ni implique derivaciones o contenciones, ni empleo de maquinas o realización de actividades que

deterioren y / o menoscaben de alguna manera, el cauce y sus márgenes, lo alteren, contaminen o imposibiliten su aprovechamiento por terceros.

- **Art. 128.** El uso del agua solo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.
- **Art. 129.** El Plan Nacional de Ordenamiento Territorial establecerá la bonificación hidrológica, priorizando las áreas para producción de agua, conservación y aprovechamiento forestal, entre otros, y garantizando una franja de protección obligatoria de treinta (30) metros en ambas márgenes de las corrientes fluviales, así como alrededor de los lagos, lagunas y embalses.
- **Art. 130.** En la construcción de embalses, independientemente de sus fines, es obligatorio, antes de proceder al cierre de la presa, eliminar del cuerpo de la presa la vegetación y todo aquello que pueda afectar la calidad del agua y la posible explotación pesquera.
- **Art. 131.** El uso de las aguas superficiales y la extracción de las subterráneas se realizarán de acuerdo con la capacidad de la cuenca y el estado cualitativo de sus aguas, según las evaluaciones y dictámenes emitidos por la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- **Art. 132.** En las cuencas hidrográficas, cuyas aguas sean utilizadas para el abastecimiento público, la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales establecerá restricciones de uso para garantizar, mantener e incrementar la calidad y cantidad de las aguas.
- **Art. 133.** Se prohíbe el vertimiento de escombros o basuras en las zonas características, cauces de ríos y arroyos, cuevas, sumideros, depresiones de terreno y drenes.
- **Art. 134.** Los efluentes de residuos líquidos o aguas, provenientes de actividades humanas o de índole económica, deberán ser tratados de conformidad con las normas vigentes, antes de su descarga final.
- **Art. 135.** La Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, previa evaluación, resolverá sobre las solicitudes de autorización, concesión o permiso para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas residuales, imponiendo en cada caso las condiciones necesarias para que no se produzca contaminación del medio ambiente ni afecte la salud de los seres humanos.

➤ Capítulo IV, DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

- **Art. 137.** Es deber del Estado y de todos sus habitantes velar por la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y del patrimonio genético nacional, de acuerdo con los principios y normas consignados en la legislación nacional y en los tratados y convenios internacionales aprobados por el Estado Dominicano.
- **Art. 138.** Se prohíbe la destrucción, degradación, menoscabo o disminución de los ecosistemas naturales y de las especies de flora y fauna silvestres, así como la colecta de especímenes de flora y fauna sin contar con la debida autorización de la Secretaria de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. »

Sin embargo se puede usar el recurso hídrico para hidroelectricidad si la producción es inferior a 1 MW. Si es superior, el proyecto está asignado a interés general por el Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Interconectado de la Republica Dominicana.

Conclusión de la segunda parte

El estudio de las potencialidades técnicas, sociales y ambientales permiten decir que una instalación de microturbina sería bien adaptado en la zona, y presentaría varias ventajas para la comunidad.

La instalación de esta fuente de energía limpia y renovable participa a un manejo ambiental durable de los recursos naturales, mientras promoviendo este tipo de energía en la zona y en el país.

Además, puede apoyar el desarrollo rural de la microcuenca: limitar el éxodo rural, permitir de dinamizar la economía local y de aumentar los ingresos, desarrollar el ecoturismo, crear empleos, estimular la innovación tecnológica...

La producción de energía en la microcuenca puede dar origen a varios proyectos de fortaleciendo de la agricultura local.

Como fue presentado en la parte “potencialidades sociales”, desarrollar una pequeña agro industria podría influir sobre el cambio de los cultivos locales.

Promover el cultivo de las fresas con proyectos de refrigeración y de congelación, presenta varias ventajas:

- La refrigeración podría al principio servir a los productores de fresas existentes, facilitando la comercialización de su producción, y así incitar el desarrollo del cultivo de fresas. Este cultivo tiene la ventaja de sacar ingresos buenos con superficies débiles, y más aun cuando hay un invernadero. Sin bajar los ingresos, se puede liberar suelos en pendiente. Incitar la producción de fresas, sobre todo con invernadero, es entonces un medio de protección de los suelos, de lucha contra la erosión y la deforestación.

- En cuanto a la congelación, reduciría las pérdidas utilizando las fresas sin vender para conseguir nuevos mercados. Participaría a un aumento de los ingresos.

Un taller de mermelada de fresa con tayota sería organización medio de sostener el desarrollo de las fresas, creando un empleo y proponiendo un producto único y de calidad, valorizando la imagen de las producciones locales.

El cambio de los cultivos locales podría hacerse también con el desarrollo de invernaderos de flores, acompañados de un sistema de iluminación. En efecto, este tipo de producto presenta una alta valor añadida y permitiría de diversificar las producciones locales.

Además, se puede imaginar numerosos otros proyectos, como un empresa de hielo, o cultivos de la huerta bajo invernaderos (tomate...) con una posibilidad de refrigeración...

Para contribuir al desarrollo social de los habitantes, sería interesante de considerar en el mismo tiempo la instalación de la red eléctrica para la comunidad.

En la parte siguiente son detallados algunos proyectos, con una evaluación de la factibilidad de estos proyectos.

3. Estudio de factibilidad de algunos proyectos

A fin de estudiar la factibilidad de proyectos, usemos el método de « evaluación de proyectos de desarrollo » (curso del Señor Dufumier, Instituto Nacional Agronómico de Paris-Grignon)

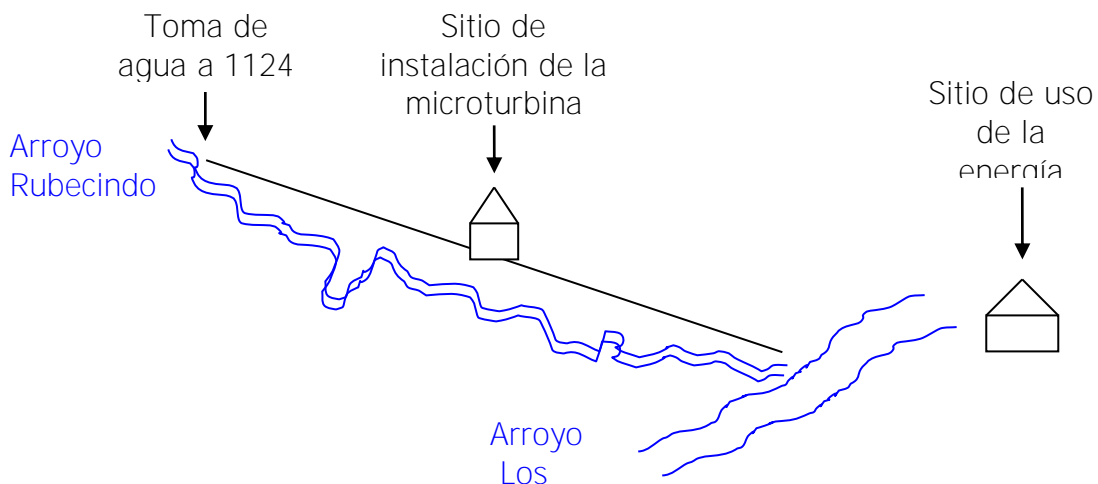
Fueron considerados los criterios siguientes:

- **Suma de los beneficios actualizados:** suma de la diferencia entre los ingresos R y los costos (inversiones I y costos de explotación CE), con una actualización a (corrección de los beneficios dado del valor acordada al futuro, generalmente el tasa de préstamo acordado por las bancas nacionales. Aquí elegimos de considerar el valor de la tasa de préstamo de la asociación local, sea 24 %). Si este solda es positiva, quiere decir que el proyecto es rentable.
- **Tiempo de recuperación del capital invertido,** o sea el tiempo necesario para amortizar los inversiones.

Con este método se hace un diferencial entre la situación A y la situación B, A esta sin proyecto, es decir una descripción de la situación actual y una previsión de su evolución, y B corresponde al proyecto propuesto, evaluado sobre 10 años.

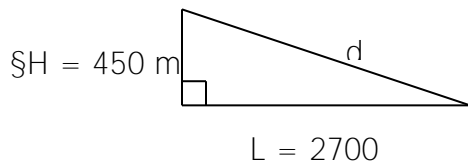
3.1. Evaluación del costo de construcción de una microturbina nueva y completa

Estudiamos el caso donde la toma de agua seria en el Arroyo Rubecindo.



- El embalse es una funda llena de arena. No necesita ningún mantenimiento.
- El sistema de limpieza del agua es lo mismo que lo de Los Calabazos. Necesita un mantenimiento mensual, a fin de abrir la llave de evacuación de los pedazos, y de limpiar el sistema completo.
- La longitud de los tubos esta medida con el método siguiente :

- con un mapa, liando la variación de altura $\$H$ y la distancia L , se calcula la distancia real y la pendiente promedio.



$$\$H^2 + L^2 = d^2$$

$$\text{Pendiente} = \$H / L = 16,7 \%$$

Por una caída de 64 m, con una pendiente de 16 % (las pendientes son más débiles cerca de la desembocadura), se calcula $L = 64 / 0,16 = 400 \text{ m}$

$$d = \sqrt{(64^2 + 400^2)} = \mathbf{405 \text{ m}}$$

El diámetro del tubo usado es de **4 pulgadas**.

Necesita una revisión mensual, a fin de arreglar escapes.

- La turbina es un modelo Pelton y más precisamente un Harris (caudal pequeño, altura mediana).
- Si $\$H = 64 \text{ m}$ y $Q = 16 \text{ L/s}$, $P = 5.2 \text{ kW}$.
- Consideramos una turbina de **5 kW**.
- Según José Cruz, el mantenimiento consiste en cambiar cada 3 años una pieza que se daña por el contacto con la arena. Cuesta 5000 pesos. El canal de evacuación del agua es lo mismo que lo de Los Calabazos. No necesita ningún mantenimiento.
- El generador funciona en 120 V AC (corriente alterna) con una potencia de 5 kW.
- Ni el inversor ni las baterías son útiles en este caso, porque la energía esta directamente usada por el cuarto frío.
- Los cables eléctricos unen el sitio de producción de la energía al sitio de consumo. Recorren una distancia de 1000 m. Son dobles.
- Un primero edificio resguarda la turbina y el generador. Un segundo protege el cuarto frío del tiempo inclemente.

Hay que prever la mano de obra, para controlar el funcionamiento general de la instalación y arreglar los escapes eventuales de los tubos. Esta etapa es bastante barata (US\$ 47 anual) y realmente indispensable. Hemos considerado un medio día de trabajo mensual.

3.2. Evaluación económica del uso de conservador y de freezer permitiendo la conservación de las fresas, para la producción ya existente

3.2.1. Presentación del proyecto

Situación A : Sin proyecto

- **Productores**

Por este año, la producción de fresas es de sobre 42 000 libras, y representa un cultivo de una superficie de 8,5 tareas, o sea aproximadamente 5300 m², repartido entre 7 productores.

El precio de venta es estimado a RD\$ 35 la libra de fresas frescas.

Las cargas de explotación y los inversiones para el cultivo de fresas fueron evaluados gracias a un medio de las cargas de cada explotación y de los inversiones medios (según el diagnóstico de la agricultura de la microcuenca hecho por Adrien Boulet y Luis-Miguel Chevin).

- **Transporte**

Un productor único compra la producción, hace el viaje de Los Dajaos hasta Jarabacoa (y a veces La Vega), y vende las fresas a un mayorista. Carga hasta 150 cajas sobre su moto, para cada viaje. En el mismo tiempo, tiene que pagar una persona que trabaja en la finca en su lugar.

Vende así la producción de 6 productores agrupados, el sétimo vende solo sus fresas. Pero en todos casos, hay que pagar el transporte, ningún mayorista viene a buscar las fresas. Para el cálculo económico, se considero que el transporte fuera hecho por una persona sola. Los productores venden su producción a este transportista.

Existen también dos otros productores de fresas que cultivan sobre invernadero y venden su producción a un mayorista. No son tomados en cuenta en los cálculos porque no serian interesados para cambiar sus maneja de trabajar.

Se considera que las pérdidas de fresas frescas representan sobre 30 %. Ahora no se venden, pero podrían venderse si había una unidad de congelación. El valor de 30 % es una aproximación que depende del clima, de la variedad de matas elegidas... Se puede fluctuar de 10 a 50 %.

En la microcuenca, el entusiasmo de los agricultores para la producción de fresas permite proyectar un desarrollo futuro de este cultivo. Hemos considerado que la superficie de cultivo de fresas podría doblar en 5 años. Este desarrollo se haría por medio bajo invernadero y por el otro medio en pleno campo. Así, la capacidad de almacenaje está planeada para más del doble de la producción actual, dado que el cultivo bajo invernadero tiene rendimientos más importantes que en pleno campo (rendimiento en pleno de campo de 7.9 libras/m²/ano, bajo invernadero de 16.8 libras/m²/ano).

Situación B: Con el proyecto

Las fresas están triadas a la cosecha, una parte que se venderá en fresco y el resto en congelado. Las fresas frescas están embaladas en cajas, puestas en un conservador y pueden quedarse aquí hasta 3 días. Las otras fresas están puestas en fundas y conservadas en el freezer, hasta 2 meses. (ver el modelo de cuarto frío del Señor Gautier, anexo 4)

Un mayorista viene buscar las fresas a Los Dajaos, porque las cantidades están bastantes. La ventaja para los productores de fresas de la microcuenca de Los Dajaos es entonces que pueden vender su producción más cara porque la venden directamente al mayorista, que toma en carga el costo del transporte. El conservador permite también de guardar la calidad de las fresas, lo que justifica un pequeño aumento de precio: el precio de venta se considera de RD\$ 40 la libra de fresas frescas.

Además, con un freezer se vende la producción total de fresas, ya no hay pérdidas (30 % de la producción). La cantidad de fresas vendidas aumenta, lo que participa a un aumento de los ingresos.

Las fresas congeladas pueden ser vender sobre 70% del precio en fresco, sea RD\$ 28 la libra de fresas congeladas.

Con un cálculo de la producción de fresas frescas y congeladas sobre 10 años, fue posible de determinar el volumen de almacenamiento necesario para la conservación (+1°C) y la congelación (-10°C), o sea respectivamente 5 y 35 m³.

Un presupuesto del costo y del consumo eléctrico de un cuarto frío compuesto de estas dos partes permitió de deducir el poder necesario: 2 kW para el consumo medio, y 3 kW para el arranque. Es porque es necesario prever una instalación eléctrica de 3 kW.

Recomendaciones:

- Para explotar al mejor la capacidad de almacenaje del conservador y del freezer, hay que **escalonar la producción de fresas sobre un año entero**. Se puede sembrar varias variedades, a varias alturas, y a varias épocas. Sin embargo, estas técnicas no están todavía dominadas. Experimentaciones serien muy útiles.
- En lo que concierne la toma de agua para alimentar la turbina, sería mejor de construir un sistema de limpieza del agua, como en Los Calabazos (ver p.35).
- Se puede disfrutar de un sistema de venta grupada para cuidar el embalaje, con una etiqueta mostrando la especificidad del proyecto, su calidad. "Fresas de Los Dajaos" podría devenir un símbolo de calidad.

Efectos inducidos:

- La presencia de un congelador y de un freezer facilitando la conservación y la venta de las fresas, podría llegar a un **aumento del número de productores de fresas**. Así, habría más superficies cultivadas en fresas y más invernaderos. Sería una incitación a un cultivo de alta rentabilidad. Se podría entonces liberar parcelas demasiado en pendientes, y luchar contra la erosión y la deforestación.
- Podría también incitar la **busca de tecnologías nuevas**, muestreando nuevas posibilidades en la zona.

3.2.2. Estudio económico

Ver anexo 5 para los cálculos económicos.

El estudio económico de este proyecto de almacenamiento de fresas frescas y congeladas muestra su viabilidad económica. En efecto, el aumento del precio de venta de las fresas frescas (5 pesos más por libra) y los ingresos adicionales extraídos de la venta de las fresas congeladas permite cubrir **desde el primer año** las inversiones.

Para el primer año, los ingresos suplementarios sacados son de sobre US \$ 15 800, mientras las inversiones son de solamente US \$ 12 407 (instalación eléctrica, cuarto frío, terreno...).

Sobre 10 años, hay poco nuevos costos de inversión, y el almacenamiento en un cuarto frío no aumenta los costos de explotación.

Así, aunque la confianza en el futuro es débil ($\alpha = 24\%$), el proyecto se queda viable en el porvenir.

3.2.3. Discusión

En lo que concierne la producción de fresas congeladas, es difícil de dar un valor fija porque esta producción no existe todavía, y depende mucho de las condiciones climáticas.

Hay que notar también que la cantidad de energía producida es superior al consumo del cuarto frío, porque corresponde a la cantidad útil para el arranque. Se puede así usar el excedente para la comunidad, es un beneficio directamente ventajoso que no está cuantificado en el estudio económico.

Este proyecto tiene la ventaja grande de **augmentar los ingresos** de los productores de fresas, permitiendo de promover este cultivo. Además, la posibilidad de conservación y la clasificación (fresca / congelada) más exigente de la cosecha participan a un proceso de mejoración de la calidad, muy importante frente a las exigencias del mercado.

Participa a una mejor organización del escalafón.

3.3. Evaluación de un proyecto de desarrollo de las fresas con un invernadero: conversión de un campo de tayota en invernadero de fresas

3.3.1. Presentación del proyecto

	Situación sin proyecto	Situación con proyecto
Sin tomar en cuenta los productores de fresas ya existentes	Parcela de tayota de 4 tareas, ya acondicionada (Situación 1)	Conversión de la parcela de tayota en invernadero de fresas, con un cuarto frío propio (Situación 2)
Tomando en cuenta los productores de fresas ya existentes	Parcela de tayota de 4 tareas, ya acondicionada Producción de fresas en pleno campo, sobre 8.5 ta (este superficie dobla durante los 5 años próximos) (Situación 3)	Conversión de la parcela de tayota en invernadero de fresas, con un cuarto frío que sirve para esta finca y los otros productores (Situación 4)

Situación 1

Sobre una parcela de 4 tareas se cultiva tayota, ya acondicionada. Un año de producción de tayota sobre una tarea puede dar un margen bruto de 18 000 pesos, y cuesta 2700 pesos de gastos de explotación (según el diagnóstico de la agricultura de la microcuenca hecho por Adrien Boulet y Luis-Miguel Chevin).

Situación 2

La parcela de tayota es convertida en invernadero, para producir fresas. Hay que habilitar el terreno.

El invernadero, de 4 tareas (2520 m²), es repartido en 7 unidades de 360 m². Es bien adaptado al clima local, con un sistema de ventilación natural y una red de goteo

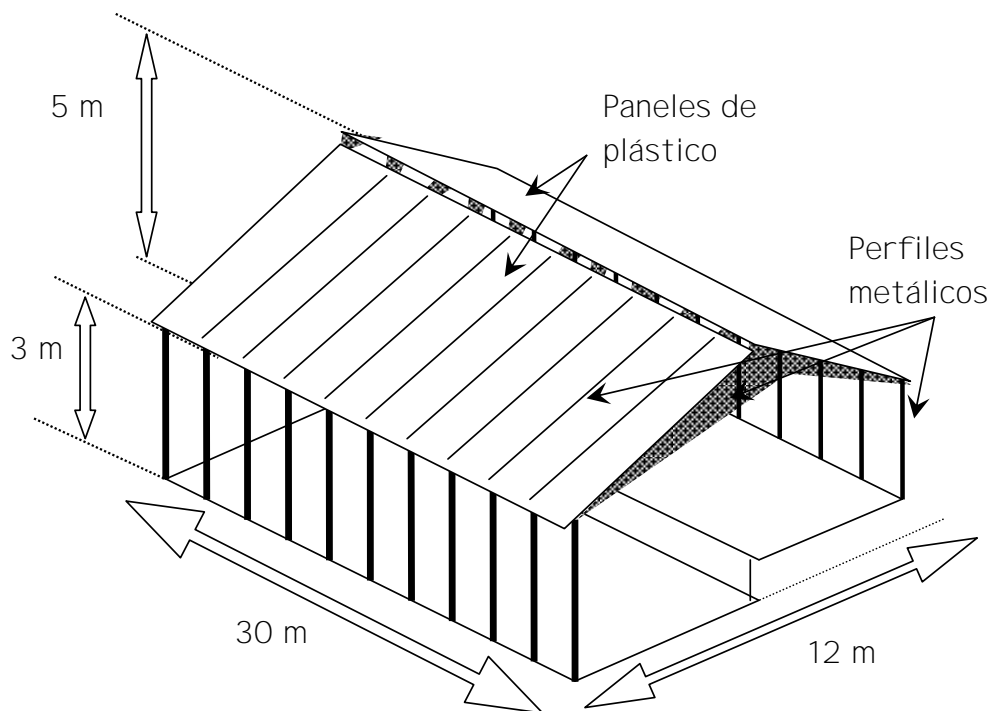
buena. Para aumentar la rentabilidad del cultivo (produciendo mas sobre un espacio reducido), se usan espalderas.

Un cuarto frío asegura

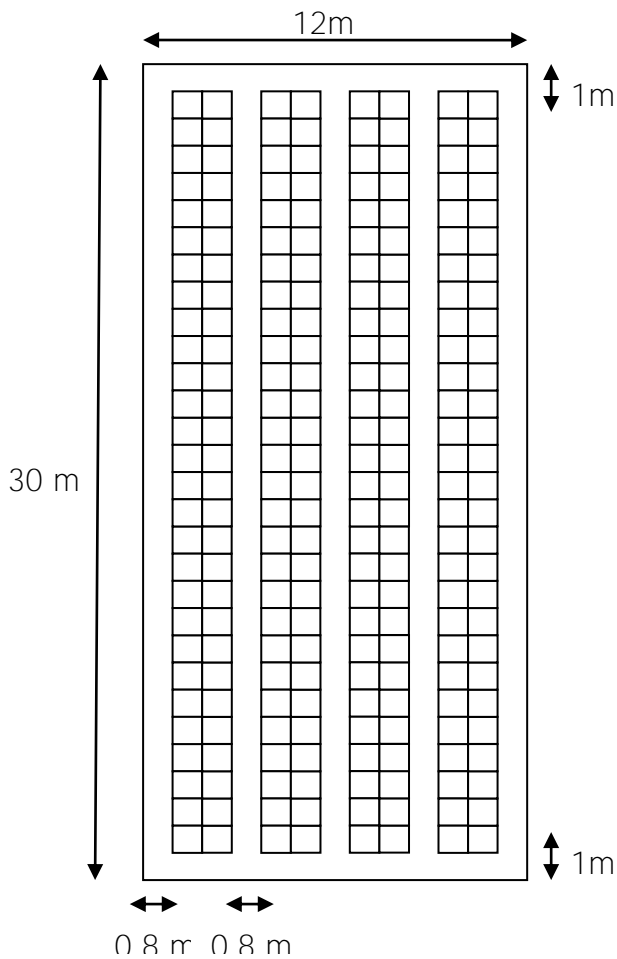
- la conservación a $+1^{\circ}\text{C}$ de la producción fresca, durante 3 días al máximo,
- la congelación a -10°C de las fresas que no se pueden vender en fresco (picaditas, de forma imperfecta...). El periodo de almacenamiento será de 1 a 2 meses.

El conservador tiene un volumen de 5 m^3 y el congelador un volumen de 50 m^3 . Eso necesita un poder eléctrico de 3.5 kW .

Figura 12 : unidad de invernadero de 360 m^2 , según el modelo de los invernaderos de Rafael Ortiz



El techo es alto para permitir una buena ventilación natural. El invernadero está rodeado de una red que protege el cultivo de los insectos. Así se puede usar poco veneno.



Sea un modulo de invernadero de 12 m x 30 m. Para aumentar la densidad de matas y así aumentar los rendimientos por unidad de superficie, las matas de fresas están puestas sobre escalón. Con una superficie al suelo de 1mx1m, estos reciben 30 matas cada uno. Hay entonces una densidad de 30 matas por m².

□ Cada cuadro representa un escalón de 1m x 1m.

Hay también que prever caminos entre los escalones para el pasaje de los trabajadores. Se planea una amplitud de 0,8m. 1 metro de cada lado permite también de mantener las matas a cubierto de la lluvia y de los insectos.

En un modulo de 12 m x 30 m, hay 4 filas. Cada fila tiene 28 parejas de escalones.

Hay entonces, por modulo:

- $4 * 28 * 2 = 224$ escalones
- $224 * 30 = 6720$ matas de fresa

Las hipótesis de producción son las siguientes:

- la densidad de cultivo es de 30 matas/m²,
- cada mata produce en medio 4 libras/año,
- las matas son dispuestos en bolsas individuales, dotado de un goteo,
- el aporte en productos fitosanitarios es reducido gracias a este sistema de goteo

Las variedades cultivadas son la Douglas y la Sweet Charlie. Planteadas en septiembre, producen de febrero a mayo, o sea 4 meses.

Seria provechoso de testar otras variedades, para intentar de producir el año entero.

El cultivo de fresas bajo invernadero crearía un necesito en mano de obra, permitiría dinamizar la economía local, y introduciría nuevas tecnologías.

Situación 3

Este caso corresponde a la situación sin proyecto de invernadero y sin cuarto frío.

La parcela de 4 ta esta cultivada para la tayota, y hay solamente los 7 productores de fresas existentes. La superficie de cultivo de fresas es de 8,5 tareas, y consideramos que debe doblar durante los 5 años próximos.

No tienen ningún sistema de conservación de la producción, el transporte se hace por moto. El precio de venta de las fresas es de 35 pesos en fresco, y las fresas un poco dañadas no se pueden vender.

Situación 4

Es como la situación 2, pero el cuarto frío es previsto para almacenar la producción del invernadero de 4 ta y a la vez de los productores ya existentes. Es una inversión común. Permite aumentar la rentabilidad de la instalación hidroeléctrica y del cuarto frío.

El cuarto frío debe entonces ser mas grande, tiene un conservador de 10 m³ y un congelador de 75 m³. La instalación eléctrica tiene una capacidad de 5 kW.

Las fresas frescas se venden a 40 pesos la libra, y las congeladas a 28 pesos la libra.

3.3.2. Estudio económico

Ver en anexo 5

Si se usa el cuarto frío y la microturbina solamente para la producción de fresas bajo invernadero de 4 ta (situación 2), el proyecto es muy rentable. Es lo mismo para la situación 4, si la inversión del cuarto frío y de la microturbina es compartida entre el invernadero de 4 ta y los productores existentes. La recuperación del capital investido se hace **desde el segundo año**.

Sin embargo, es más rentable de compartir la inversión y los beneficios. Para una inversión respectiva menor se sacan más beneficios. Permite entonces **aumentar la rentabilidad de la instalación hidroeléctrica y del cuarto frío**.

3.3.3. Discusión

Se observa una **economía de escala**, es decir que sale más barato de invertir en material de capacidad más grande.

La situación 4 puede sin embargo estar difícil a manejar, porque necesita una buena coordinación entre los varios productores de la comunidad. Reglas de utilización estrictas deben estar fijadas desde el principio. Sería también más sencillo de vender la totalidad de la producción al mismo mayorista.

3.4. Evaluación del costo de un taller de confección de mermelada

3.4.1. Presentación del proyecto

Situación A: Sin proyecto

Este proyecto será comparado a la situación inicial que existiría si el proyecto 1 estada realizado: la producción de fresas frescas y congeladas se hace gracias al almacenamiento de la producción existente que aumenta regularmente durante los 5 años próximos. Un cuarto frío permite la conservación (5 m³) y la congelación (35 m³) de los frutos, y está alimentado por una turbina de 3 kW.

Situación B: Con el proyecto

Una parte de la producción congelada sirve a hacer mermelada y/o compota, gracias a la construcción de un taller de producción. Este taller permite optimizar el uso de la energía producida por la turbina que alimenta el cuarto frío.

La demanda es limitada, es porque no se puede transformar la producción de fresas congeladas entera. Fue evaluado que una producción de 100 cacharros por semana (5200 cacharros/año) sería suficiente para empezar, y después un aumento de 10 % por año durante los 5 primeros años.

Se considera el precio de venta de la mermelada a 70 pesos/cacharro. La venta podría ser en el sitio o en Jarabacoa.

Las ventajas de este proyecto son numerosas:

- creación de un empleo (6 horas por semana al principio)
- utilización óptima de la instalación hidroeléctrica, porque cuanto más la cantidad de energía es grande, menos es el costo proporcional de la instalación
- valorización de las pérdidas, haciendo un producto con alta valor añadida.
- creación de un imagen de marca de los productos agrícolas de la micro cuenca que puede disfrutar del desarrollo del ecoturismo en la zona.

Comentario:

Fue necesario para el cálculo económico de elegir una receta, pero el mismo proyecto puede ser con otras recetas.

La receta utilizada es: 1 libra de fresa, 2 libras de tayota, 3 libras de azúcar, para hacer 4 cacharros de mermelada.

3.4.2. Estudio económico

Ver el anexo 5 para los cálculos económicos.

El estudio económico sobre 10 años de un taller de producción de mermelada permite decir que este proyecto podría liberar ingresos importantes.

Fuera de la estufa eléctrica que se compra durante el primer año, este proyecto no necesita muchas inversiones.

Si se puede encontrar un lugar ya existente para poner la estufa eléctrica y hacer la transformación de las fresas y de la tayota en mermelada, la rentabilidad del proyecto está clara. En efecto, las inversiones no son muy grandes y la transformación permite dar un valor añadido importante a los ingredientes. Así, desde el primer año de producción, las inversiones están cubiertas por los ingresos.

3.4.3. Discusión

Este proyecto necesitaría un estudio de mercado más preciso para evaluar la demanda y su evolución. Pero, parece un proyecto interesante dado que se inscribe en un proceso global de valorización de los productos de la microcuenca, y particularmente de la fresa. Así, con tres productos: fresa fresca, congelada y mermelada, se puede encontrar una imagen de marca de la microcuenca sobre las fresas.

Además, este proyecto asegura la venta de una parte de la producción congelada. Tiene también la ventaja de crear un empleo, particularmente para a una mujer.

Conclusión de la tercera parte

Este estudio de proyecto muestra que los tres podrían estar desarrollados en la zona. Además, se puede imaginar varios otros proyectos explotando o no la fresa. En efecto, existe un potencial de desarrollo de pequeños proyectos agroindustriales en la zona, pues los recursos hidráulicos importantes pueden dar energía bastante barata. La zona es también propicia a cultivos particulares dado su condición climática.

Hay que notar que en los proyectos comunitarios (1 et 2.4.) es necesario de tomar en cuenta la organización humana para el cuarto frió. Los ejemplos en la zona muestran que una organización concertada es posible (ASADA, comité de manejo de la microcuenca...) pero que hay dificultades también (mantenimiento del acueducto comunitario...). Es porque la pregunta de la viabilidad de un proyecto comunitario y de la posibilidad de un manejo concertado se hace.

Conclusión générale

El estudio del potencial hidroeléctrico de la microcuenca de Los Dajaos permitió mostrar el gran interés que presenta esta fuente de energía por la zona.

En efecto, la riqueza de los recursos hídricos, y la configuración de los afluentes de Los Dajaos son el origen de varias zonas adaptadas para una instalación hidroeléctrica.

Las ventajas de la hidroelectricidad son numerosas y variadas:

- Energía renovable y limpia, que limita la importación de petróleo, contribuyendo a la independencia energética del país.
- Posibilidad de electrificación de las casas para romper el aislamiento rural y reducir su éxodo, en zonas donde la red nacional no llega.
- Fuente de energía poco costosa.
- Protección de las fuentes de agua e incitación a la reforestación al mismo tiempo.

Además, la agricultura en la zona presenta varios productos que convendría transformar con una pequeña agroindustria, usando la hidroelectricidad. Es el caso por ejemplo de las fresas, pero también de varios otros productos agrícolas.

Este estudio permitió también hacer el balance de las infraestructuras (agua, energía) existentes y de las potencialidades de desarrollo de la zona conociendo las actividades agrícolas. Actualmente se planea una mejoría global de estas, especialmente con la construcción de un nuevo acueducto comunitario, y la perspectiva de nuevas microturbinas. Este tipo de proyecto se hace gracias a la presencia de numerosas ayudas exteriores, y por una dinámica de desarrollo concertado.

La microcuenca de Los Dajaos, localizada cerca del parque nacional Armando Bermúdez, suscita en efecto el interés de varios grupos de actores, uno de los cuales es el gobierno dominicano, y se considera como una zona piloto para un manejo integral en el país.

Así, se está haciendo un plan de manejo integral de la microcuenca, con la participación de los actores locales (creación de un comité de protección de Los Dajaos), del equipo de PROCARYN...

Nuestro trabajo forma parte de un movimiento de concientización ambiental y puede resultar muy útil para el desarrollo económico de la microcuenca.

Listado de las figuras, de los cuadros y de los mapas

Figura 1: Precipitaciones mensuales en Manabao, media sobre 10 años, 1994 – 2003

Figura 2: Caudal mensual del arroyo Los Dajaos en la estación 1, sobre 20 años, 1983 – 2003

Figura 3: Red comunitaria del agua en la microcuenca

Figura 4: Potencial hidroeléctrico de cada arroyo

Figura 5: Esquema de instalación hidroeléctrica

Figura 6: Esquema de un sistema de limpieza del agua

Figura 7: Príncipe del funcionamiento del Ariete

Figura 8: Curva de determinación del tipo de microturbina

Figura 9: Varios componentes de la red de uso de la energía

Figura 10: circuito del agua atravesando la turbina de Freddy

Figura 11: El sistema de limpieza del agua, para la comunidad de Los Calabazos

Figura 12: unidad de invernadero de 360 m², según el modelo de los invernaderos de Rafael Ortiz

Cuadro 1: Medidas de los caudales de los afluentes de Los Dajaos

Cuadro 2: Medidas de los caudales del arroyo Los Dajaos, en el 02/03/04

Cuadro 3: caudales turbinables de Los Dajaos según la estación de medida

Cuadro 4: Caudales turbinables de los afluentes del arroyo Los Dajaos

Cuadro 5: Presentación de los acueductos mayores de la microcuenca

Cuadro 6: Perdidas por fricción de los tubos (en %)

Cuadro 7: Síntesis del contexto social

Cuadro 8: Estimación mensual del caudal reservado

Mapa 1: La microcuenca de Los Dajaos

Mapa 2: Los Dajaos y sus afluentes

Mapa 3: Las estaciones de medida de los caudales en el Arroyo Los Dajaos, 02/03/04

Mapa 4: Las pendientes de los arroyos en la microcuenca de Los Dajaos

Bibliografía

- CDE – Corporación Dominicana de Electricidad, Dirección de Desarrollo Hidroeléctrico, abril 1983, Estudio de Factibilidad del Proyecto Alto Yaqué, Santo Domingo, R.D.
- CDE – Corporación Dominicana de Electricidad, abril 2001, Proyecto Hidroeléctrico Manabao – Bejucal – Tavera : Estudio de Impacto Ambiental, Apéndice n° 11, Informe sobre la caracterización de la flora y la vegetación de las cuencas medias de los ríos Yaqué del Norte y Guanajuma, Santo Domingo, R.D.
- CDE – Corporación Dominicana de Electricidad, abril 2001, Proyecto Hidroeléctrico Manabao – Bejucal – Tavera: Estudio de Impacto Ambiental, Apéndice n° 13, Macroinvertebrados acuáticos, Santo Domingo, R.D.
- CDE – Corporación Dominicana de Electricidad, abril 2001, Proyecto Hidroeléctrico Manabao – Bejucal – Tavera: Estudio de Impacto Ambiental, Apéndice n° 14, Caracterización ecológica y de la macrofauna acuática, Santo Domingo, R.D.
- CDE – Corporación Dominicana de Electricidad, abril 2001, Proyecto Hidroeléctrico Manabao – Bejucal – Tavera: Estudio de Impacto Ambiental, Apéndice n° 16, Evaluación y caracterización de la fauna de anfibios y reptiles, Santo Domingo, R.D.
- Department of Energy United States of America, July 2001, Small Hydropower Systems, U.S.A.
- Detlef Loy, Joachim Gaube, GTZ – Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, 2002, Producing Electricity from Renewable Energy Sources : Energy Sector Framework in 15 countries in Asia, Africa and Latin America, Berlin, Alemania
- **M. Dufumier, 2003, curso de evaluación de proyectos de desarrollo, INA P-G - Instituto Nacional Agronómico de Paris-Grignon, Paris, Francia**
- Guenther, Reyes, nov. 1999, Balance Hidrico en Cuencas Afectadas por Cambios Agroecologicos en el Cibao Occidental, Centro para la Protección y Acción Ecológica, Naturaleza, Mao, Valverde, R.D.
- F. Hernandez y F. Germán, 1983, Instructivo para el diseño de pequeñas obras hidráulicas, San Pedro de Macorís (RD)
- IMS – Institute of Material Science of the National Centre of Natural Sciences and Technology (NCST), 2003, Renewable Energy for Rural Areas : Viet Nam, Hanoi, Viet Nam
- INDHRI – Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, avr. 2004, Reporte de Aforos del Arroyo Los Dajaos (fev. 1982 a mar. 2004), Santo Domingo, R.D.
- A. R. Inversin, NRECA – National Rural Electric Cooperative Association, June 1986, Micro-hydropower Sourcebook : a Practical Guide to Design and Implementation in Developing Countries, Washington, D.C., U.S.A.
- A. Ortiz, 2004, Libre Comercio : el agro dominicano en peligro ¿, Paris, Francia
- Gero Wolfgang Pawlowski, PROCARYN – Proyecto Cuenca Alta Rio Yaque del Norte, Sept. 2002, Microcuencas Hidrograficas de Acueductos en la Cuenca Alta del Rio Yaque del Norte, Una Evaluación, Jarabacoa, R.D.
- Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2000, Ley General sobre Medio Ambiente y Recursos Naturales (64-00), Publicación Oficial, Santo Domingo, R.D.

- F. Vicioso, dec. 2002, Presentación de los Recursos Hidricos en la Cuenca del Rio Yaque del Norte, Santo Domingo, R.D.
- <http://www.eia.edu.co/sitios/webalumnos/seleccionturbinas/turbinas>
- <http://www.cecuc.edu.es/res&rue/htm/guia/minidraulica.htm>
- <http://www.interdinamic.com/microturbinasdc.htm>
- <http://www.irem.it/ita/Mhp/MHPset.htm>
- <http://www.lino.com/sylvain/hydro.html>
- http://www.mhylab.ch/pages/Petite_centrale/Types_de_centrales.htm
- <http://www.microhydropower.com/e-literature>
- <http://www.microhydropower.net/electric.html>
- <http://www.newmillshydro.freemove.co.uk/graphs.html>
- <http://www.NREL.gov>
- <http://www.pavco.com.ve/mpresion/ariete.htm>
- <http://www.perso.wanadoo.fr/eb.ajena/description.mch.html>
- <http://www.retscreen.net>
- http://www.undp.org/sgp/cty/LATIN_AMERICA_CARIBBEAN/DOMINICAN_REPUBLIC/
- <http://www.waterrecycle.com.au>
- http://www.web.tiscali.it/an_38/idra20.htm

Anexos

Anexo 1 : Comparación del costo de la energía solar y de la energía hidráulica

Anexo 2 : *Caudales mensuales del arroyo Los Dajaos, 1984-2004*

Anexo 3 : Generadores hidroeléctricos en corriente directa

Anexo 4 : *Entrevista con el Señor Gautier*

Anexo 5: *Fichas de cálculo económico de los tres proyectos*

Anexo 1

Comparación del costo de la energía solar y de la energía hidráulica

Para tener una idea de la factibilidad económica de la solución solar y de la solución hídrica, hemos considerado un necesidad energética de 1 kilowatt (kW), sea 24 kW por 24 horas.

- Los datos siguientes fueron dados por « Energía Solar Mocana », empresa vendiendo paneles solares en Moca (diciembre 2003). El material es importado (de Francia), es porque los precios son en dólares y no en pesos.

« Para una producción de 1 kW, más vale usar varios paneles solares de 50 W. Cada uno cuesta aproximadamente US\$ 250. » (Rafael CABRERA, Energía Solar Mocana)

A sabiendas de que un panel solar no puede cargarse más de 10 horas por día, por falta de luz solar, tenemos que calcular la cantidad de paneles necesarios para producir 24 kW por día:

Cada uno produce $50 \text{ W} \times 10 \text{ h} = 500 \text{ W} / \text{día}$

Para tener 24 kW, necesita $24 \text{ 000} / 500 = 48$ paneles

El costo es de $48 \times \$250 = \12 000

La inversión solar sería así de \$ 12 000.

- Con un sistema hidroeléctrico de 1 kW, se puede producir 24 kW por día porque la generación eléctrica no se para. Una microturbina de 1 kW cuesta aproximadamente US\$ 1000 (según John Katz, profesor a la Universidad de Cornell, EEUU).

La inversión en hídrico sería así de \$ 1000.

En nuestro caso, por una razón de factibilidad económica, más vale desarrollar la energía hidroeléctrica que la solar, es 12 veces más barato.

Anexo 2

Caudales mensuales del arroyo Los Dajaos, 1984-2004

Anexo 3

GENERADORES HIDROELECTRICOS EN CORRIENTE DIRECTA

Fuente : www.interdynamic.com

El sistema Harris es una microturbina Pelton que carga baterías de manera eficiente y duradera. Está especialmente diseñada para producir energía utilizable de pequeños arroyos y ríos de pequeño caudal que son muy pequeños para sostener el mismo nivel de energía de un sistema de generación en corriente alterna. Debido a que la corriente directa (**CD**) puede ser almacenada, el sistema se encuentra colectando energía 24 horas al día para ser utilizada cuando así se necesite.

Los sistemas de corriente alterna no pueden almacenar energía de modo que deben ser dimensionados para satisfacer la demanda de carga pico, requiriendo hasta 40 veces mayor cantidad de agua que un sistema similar en corriente directa, convirtiendo a este ítem en una solución energética económica.

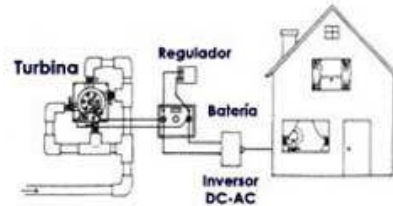
El sistema básico produce 12, 24 o 48 voltios en CD para cargar un banco de baterías. Esta energía en CD puede ser utilizada directamente de las baterías para operar luminarias y/o aparatos eléctricos en CD o puede usarse con un inversor para proveer energía en 120 Voltios en corriente alterna.

Los sistemas micro hidro son compatibles con otras fuentes de energía renovable de cargado en CD como la energía solar y la eólica.

Poder utilizar de forma efectiva cualquier afluente por pequeño que este sea es ahora una realidad con las nuestro sistema **HYDRO I**, diseñadas y desarrolladas para convertir cualquier riachuelo, acequia y río pequeño en una verdadera planta hidroeléctrica de bajo costo que puede ayudar a reducir o a sustituir el consumo eléctrico en nuestro hogar o industria.

El **HYDRO I** puede convertir saltos desde 3 hasta 60 metros con caudales desde 15 hasta 300 GPM en energía lista para ser consumida con eficiencias de hasta 80%.

El sistema es sencillo, poco costoso y fácil de mantener con revisiones periódicas simples. El **HYDRO I** puede instalarse de manera fácil en pocos días para poder obtener los beneficios completos de ser usted su propio productor de electricidad.



Anexo 4

Presentación de la empresa de producción de fresas del Señor Gautier, Constanza

Lunes 26/04/04

Hace tres años que el Señor Gautier ha empezado de cultivar fresas en Constanza. Ahora, tiene un área de cultivo de 6 hectáreas (sobre 96 tareas) y puede explotar hasta 30 hectáreas. Sus campos están alquilados. Produce **fresas de calidad**, vendidas frescas o congeladas. Las más bellas serán vendidas como frescas.

Eso lo permite el acceso a mercados nacionales importantes, porque no hay muchos productores en el país que pueden proponer los mismos servicios. Así, puede abastecer hipermercados, industrias de yoghourts y helados, restaurantes y cafeterías de hoteles de la costa este...y en el futuro exportar a Puerto Rico. Hizo inversiones grandes para alcanzar estos mercados: un cuarto frío conteniendo un conservador y un congelador, un camión refrigerado...

Emplea una mano de obra importante, 25 personas, lo que permite una cosecha cada día de las fresas maduras. Estas son puestas en el conservador en menos de una hora.

Se usa poco abonos y químicos, diluidos y distribuidos con un goteo.

La producción se hace a diferentes alturas según el periodo del año y la variedad utilizada.

Cada variedad es seleccionada, y se puede encontrar estas matas: gaviota, K giant, culata.

Las fresas tienen un tamaño bastante grande y un aspecto bueno.

La producción de frutas necesita al menos 10 polinizaciones, hay entonces algunas colmenas.

La producción de fresas

Las matas vienen de California (USA), resultantes de una selección genética reciente.

Para un precio de compra de US\$ 0.16 por mata, la mata propia cuesta US\$ 0.06, las royalties US\$ 0,02, y el transporte US\$ 0,08.

Un tercero de las matas esta renovado cada año. Cuesto US\$ 20 000 para este año.

Los matas están puestos en cultivo en pleno campo, el suelo es recubierto de plástico negro que impidió a las malas hierbas de crecer evita el daño de las frutas. Hay que cambiar el plástico cada año.

La irrigación y la distribución de productos fitosanitarios se hacen en medio de un goteo, con 350 m de cinta, sea una inversión de US\$ 3 400. La distribución está asegurada por una bomba mecánica que funciona con un sistema de Venturi.

Un grande esfuerzo está hecho para minimizar la cantidad de químicos usados, la tasa de nitrógeno del agua está por ejemplo medido, a fin de responder a las necesidades precisas de las matas. La lucha integrada de los cultivos, usando insectos, esta siempre investigada.

El cultivo de fresas de calidad apela a una mano de obra importante, hay 25 empleados remunerados RD\$ 170 diario.

El cultivo se hace ahora a 1200msndm, para un periodo de enero a julio, pero el Señor Gautier está investigando también una ampliación de sus parcelas en varias alturas, permitiendo repartir las cosechas sobre el año entero.

Las fresas son cosechadas bien maduras, cada día. Están triadas, embaladas y puestas en la sala de conservación (a +1°C) menos de una hora después de la cosecha. Las fresas frescas, las más bellas, están en cestita, mientras que las congeladas, con picaditas, están en bolsos de 3 libras.

La producción diaria promedia es de sobre 1000 libras (pero varia de 800 a 2500 libras), con 70% de fresas frescas y 30% de congeladas.

El precio de venta de las fresas frescas es de sobre RD\$ 100 la libra, y sobre RD\$ 70 para las congeladas.

El transporte se hace con un camión refrescado de 5 toneladas.

Cuarto frío

Tiene un volumen de 120 m³, con 48 m³ por el espacio congelación, sea 40 % del volumen. La temperatura en este parte es de -10°C; mientras que en el parte conservador, con un volumen de 72 m³, mantiene a una temperatura de +1°C. Las fresas congeladas se pueden dejar 6 meses, y las frescas hasta 5 días.

El precio de compra de este modelo de cuarto frío es de US\$ 20 000.

Se hace un lavaje diario, pero no parece necesitar mucho más mantenimiento. Su duración de vida es de 15 años.

Consuma sobre 35 000 kW anual, sea una despesa de RD\$ 120 000.

Fue fabricado por la empresa « Refrigeración Mesón » de Santo Domingo.

Proyecto futuro

Querría encontrar asociados o agrupar su producción con otros productores usando el mismo nivel de tecnología. Así, cuanto más grande esta la cantidad vendida, mejor son las condiciones de venta.

Señor Gaultier busco otro tipo de cultivo para aumentar la rentabilidad del cuarto frío. Querría así producir fresas y la vez pimientos.

Un proyecto de desarrollar el cultivo de fresas a varias alturas debería concretizarse: El cultivo de la variedad culata está planificado a 1500 m para que la cosecha se prolongue un poco más, y el cultivo de verano es a 1700 m. El área de propagación de las fresas es situado a 2300 msnm, porque el frío facilita el acumulación de almidón.

Una producción de miel de fresas puede ser prevista.

Anexo 5

Fichas de cálculo económico de los tres proyectos