



Decanato de Posgrado

**Trabajo final para optar por el Título de
Maestría en Ingeniería Eléctrica mención Potencia**

Título

**“Análisis del Valor Económico del Agua con Aplicación en el SENI de
República Dominicana”**

Sustentante

Javier Martínez Sosa
2010-1680

Profesor:

Emilio J. Contreras, MSEE, MBA

Santo Domingo, D.N.
Abril, 2021

Agradecimientos

A Dios,

A mis padres Urales Martínez M. y Carmelina Sosa A.,

A los ingenieros Cesar A. Feliz S., PhD. y Ernesto A. Caamaño de los Santos, MSEE,

A la Lic. Massiel Reynoso C. y la Arq. Betty Rodríguez,

Al personal de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana, al Comité Regional de la Comisión de Integración Energética Regional para Centroamérica y el Caribe (CECACIER) y del Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la República Dominicana.

Índices

Índice de Contenido

Agradecimientos	ii
Índices	iii
Índice de Contenido.....	iii
Índice de tablas	iv
Índice de figuras	v
Lista de símbolos.....	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO	8
1.1 Antecedentes de la investigación	8
1.2 Bases teóricas	9
1.3 Definición de términos básicos	13
CAPÍTULO II PROPUESTA.....	17
2.1 Valor Económico Ecológico	17
2.2 Índice de precio de agua según post uso	22
2.3 Valor de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista Dominicano.....	23
2.4 Valor del agua para Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana.....	23
2.5 Simulaciones	24
CAPÍTULO III METODOLOGÍA	25
3.1 Valor Económico Ecológico	25
Consideraciones generales	25
Descripción del procedimiento aplicado	26
3.2 Índice de precio de agua según post uso	30
Indicadores de calidad del agua.....	30
Aplicación del método de puntuación	33
Ejemplos aplicados	35

3.3 Valor de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista Dominicano.....	39
Descripción general.....	39
Procedimiento aplicado	39
3.4 Valor del agua para EGEHID	43
Puntualizaciones generales sobre los indicadores utilizados	43
Procedimiento aplicado	43
3.5 Comparación de sistema hidrotérmico con y sin agua valorizada utilizando GAMS	46
Consideraciones generales sobre la herramienta utilizada	46
Descripción del modelo utilizado	46
Descripción del sistema eléctrico simulado	47
Descripción de la unidad hidroeléctrica del sistema simulado.....	49
Escenario sin considerar el valor del agua	49
Escenario considerando el valor del agua.....	50
Código utilizado para las simulaciones	52
CAPÍTULO IV RESULTADOS	54
CAPÍTULO V DISCUSIÓN.....	60
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	65
ANEXOS	67
REFERENCIAS	83

Índice de tablas

Tabla 1 – Análisis del valor Económico Ecológico	29
Tabla 2 – Ejercicio de descuento hidro	36
Tabla 3 – Ejercicio de descuento mínimo impacto	37
Tabla 4 – Ejercicio de descuento con variable fuera de parámetros.....	38
Tabla 5 – Costo de oportunidad del agua en el SENI	41
Tabla 6 – Referencia cruzada de generación y transferencias energéticas EGEHID 2020	45

Tabla 7 – Demanda programada por periodo	47
Tabla 8 – Restricciones y costos de centrales generadoras	48
Tabla 9 – Demanda programada por hora.....	49

Índice de figuras

Figura 1 - Ubicación de los bosques tropicales en el mundo	20
Figura 2 – Ilustración gráfica del ciclo del agua	21

Lista de símbolos

+	Suma
–	Resta
×	Multiplicación
÷ , /	División
%	Por ciento, relación proporcional adimensional
=	Igual que, igual a
>	Mayor que
≥	Mayor o igual que
<	Menor que
≤	Menor o igual que
→	Entonces, sentencia
∨	Relación exclusiva del tipo “o”, <i>este o aquel</i>
∧	Relación inclusiva del tipo “y”, <i>este y aquel</i>
()	Agrupación de operaciones

$\sum_i^n(K)$	Sumatoria de valores del conjunto k comprendidos desde la posición i hasta la posición n , inclusive
γ	Conductividad eléctrica

RESUMEN

Este proyecto busca valorizar económicamente la unidad volumétrica del agua de los ríos mediante la internalización los costes de las condiciones necesarias para garantizar la continuidad del suministro y estudiar un método que permita remunerar servicios ambientales causando el mínimo impacto en las rentabilidades de las actividades económicas que utilizan el agua.

Se considera el costo de oportunidad de la masa boscosa y se relaciona con la producción esperada de agua, para establecer el valor económico ecológico del agua en \$0.7804DOP/M³. Se establece un índice que busca descontar un porcentaje del valor económico ecológico a las aguas resultantes que pueden ser usadas en otros procesos. Se demuestra que, durante el 2020, el costo de oportunidad del agua para el SENI fue de \$0.82090DOP/M³, el valor que el agua para la venta de energía de EGEHID fue de \$0.99911DOP/M³ y mediante dos simulaciones se establece un incremento de 3.69% en el costo de operación del sistema simulado al fijar un precio del agua de 0.7804DOP/M³ aparte del descuento, quedando el sistema sin desplazamiento de unidades en su orden de mérito.

De República Dominicana continuar por el camino que recorre en relación con la gestión de la masa boscosa, corre el riesgo de que el ciclo del agua se abra cada vez más según se incremente la agresión a los bosques y tenga ciclos anuales cada vez más secos, perjudicando así las actividades de generación hidroeléctricas, industriales y humanas que en general dependen del agua.

INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un componente neurálgico de valor en ocasiones incalculable para las sociedades productivas contemporáneas y sus economías, así como el normal desenvolvimiento de los humanos. En esta dirección y de forma axiomática se puede asegurar que tener fuentes de energía de bajo costo es crucial para la competitividad de los procesos económicos de las sociedades en escenarios locales, regionales y globales, actuales.

La generación de electricidad a partir de la energía cinética del agua que lleva un río implica grandes ventajas para las sociedades que tienen fuentes del líquido en abundancia, en conjunto con configuraciones orográficas que permitan su utilización. En resumen, aprovechando una diferencia de altura se hace pasar el flujo del agua que lleva energía cinética ($e_c = mgh$) [1] que lleva el cauce de un río por una turbina (energía potencial $e_p = 1/2 mv^2$) [2] cuyo eje está acoplado al rotor de un generador y en virtud del principio de Faraday el movimiento del eje del rotor corta las líneas de fuerza electromagnéticas en los devanados del estator del generador, lo que provee electricidad útil para el ser humano y luego esa agua continúa su curso pudiendo esta ser utilizada para otros fines.

Ese escenario es muy favorable en término de costos operativos al compararse con una central que necesita de un combustible determinado para generar electricidad. Sin embargo, todos los procesos de valor definitivamente implican un costo, si bien es cierto que una central termoeléctrica prescinde de un combustible específico para funcionar, resulta atinada la pregunta de ¿cuánto cuesta ese combustible? a la hora de contemplar los costos de generación. Igualmente, no es menos cierto que es necesario hacer la

pregunta de ¿cuánto cuesta el agua? a la hora de analizar los costos de generación de una central hidroeléctrica.

Este proyecto de investigación no solo supone de alto interés para la generación hidroeléctrica en la República Dominicana, sino que también para el uso humano, agricultura y por último generación de electricidad, toda vez que es eso lo establecido como orden de prioridad en el uso que se le da al agua de los ríos.

En [3] se establece que:

“El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. El consumo humano del agua tiene prioridad sobre cualquier otro uso. El Estado promoverá la elaboración e implementación de políticas efectivas para la protección de los recursos hídricos de la Nación.”

Para esta investigación, el trasfondo de la valorización de los servicios ambientales subyace en establecer el valor de las inversiones necesarias destinadas a remediar el impacto ambiental producto del uso previamente descrito del agua en el ecosistema relacionado, con el fin de perpetuar el ciclo del vital líquido y buscando mantener el flujo de este a lo largo del tiempo, de manera que el recurso permanezca útil al ser humano.

Los bosques se encargan de moderar el clima local al mantener frescos sus ambientes locales, lo hacen en parte proveyendo de sombra a la tierra, pero también lo hacen liberando humedad a través de sus hojas. Este proceso se llama transpiración, tal proceso requiere de dióxido de carbono y energía, la cual se extrae del aire circundante, y provocando así un enfriamiento. El proceso de la transpiración es esencial para provocar lluvias, tomando en cuenta que un solo árbol tiene el potencial de transpirar cientos de litros de agua en un solo día. En el corazón de este proceso se encuentran los bosques

lluviosos tropicales (Rain Forest), donde la transpiración se torna mucho más intensa. [4]

Al extraer calor del medio, es más probable y fácil que la temperatura del ambiente llegue al punto de rocío [5], en el cual la humedad se concentrará alrededor de núcleos de condensación y finalmente se precipitará en forma de lluvia.

Existe el peligro de caer en el grave error aparentemente lógico de que, para el caso concreto de una isla como La Hispaniola no hace falta desasosegar sobre falta de humedad en el ambiente ya que la isla se encuentra rodeada de mar y océano en evaporación constate. Si bien es cierto que, en la isla, en general existe una humedad relativa alta [6], no es menos cierto que también existen temperaturas cada vez más altas, que dificultan las lluvias debido a la distancia al punto de rocío.

Douglas Sheil de la Norwegian University of Life Sciences, Oslo, establece que "Tradicionalmente, la gente ha dicho que áreas del planeta como el Congo y el Amazonas tienen altas precipitaciones porque están ubicadas en partes del mundo que experimentan altas precipitaciones", "Pero los bosques causan las lluvias, y si no estuvieran allí, el interior de estas áreas continentales sería desértico" [7], la localización geográfica pura y simple no es en sí misma una garantía de ocurrencia de lluvias.

Según la Ley General de Electricidad 125-01 y su reglamento de Aplicación, la falta de valorización del agua para los fines de utilización en el despacho de generación hidroeléctrica a nivel nacional causa que estos generadores no sean tomados en consideración para los fines de determinar el costo marginal de corto plazo de la energía, hasta tanto se cumpla que [8] :

-El Organismo Coordinador disponga de un modelado de optimización hidrotérmica pertinente para el cálculo del valor del agua,

O en su defecto,

- Los valores del agua sean declarados por la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID.

Del no conocerse el valor económico del insumo principal para la producción de energía de las centrales hidroeléctricas, se deriva el hecho de que estos generadores no se benefician del pago de servicio auxiliar por regulación de frecuencia debido a que:

$$CRF_{ij} = \begin{cases} (CMG_{ij} - CVP_i + IR) \times (MRPF_{ij} + FE \times MRSF_{ij}) & \text{si } CMG_{ij} > CVP_i \\ 0 & \text{si } CMG_{ij} \leq CVP_i \end{cases}$$

[9] (1)

Donde:

CRF_{ij} es la compensación por Regulación Primaria de Frecuencia y Regulación Secundaria de Frecuencia al generador “i” que inyecta en la barra “i” en la hora “j”.

CMG_{ij} es el Costo Marginal en Corto Plazo energético que inyecta el generador en la hora “j” a barra “i”.

CVP_i es el Costo Variable de Producción de generadora “i” que regula frecuencia e inyecta energía en la barra “i”.

IR es el Incentivo de regulación de frecuencia, fijado por la SIE una vez al año.

$MRPF_{ij}$ y $MRSF_{ij}$ se refieren a los márgenes de Reserva que son Asignados para Regulación Primaria de Frecuencia y Regulación Secundaria de Frecuencia al generador “i” que inyecta en la barra “i” en la hora “j”.

FE es el Factor de la Eficiencia relacionada al generador.

Como se puede ver, si no es establecido un Costo Variable de Producción debido a que no se tiene el valor económico del insumo principal (el agua) para

la producción de energía de las centrales hidroeléctricas, entonces se cae en el caso donde el Costo Marginal en Corto Plazo de generación es menor o igual a Costo Variable de Producción, donde finalmente la Compensación por Regulación Primaria y Secundaria de Frecuencia es igualada a 0.

En el área en que se comprenden las plantas de hidro generación localizadas a lo largo de un río, es necesario tomar en cuenta que el objetivo es maximizar la energía generada tomando en cuenta el ciclo del agua a lo largo de un año, en vez de minimizar costos operativos totales como si ocurriese en una central con combustible fósil [10].

Este trabajo de investigación se enmarca en un contexto académico universitario del área de ingeniería eléctrica. Se centra específicamente en un análisis del valor económico de los recursos hídricos con aplicación en el Mercado Eléctrico Mayorista de la República Dominicana. Este proyecto no tiene por objetivo abarcar detalles de temas ambientales ni de otras áreas del saber, más allá de lo estrictamente básico y necesario que la investigación amerita para su debido sustento.

Esta investigación tiene como escenario de aplicación geográfico y de mercado la República Dominicana, y en el análisis solo se tomarán en cuenta las variables en ese escenario, bajo la salvedad de que sea explícitamente especificado de otra forma. La analítica de este trabajo no va dirigida a aplicaciones distintas al Mercado Eléctrico Mayorista de la República Dominicana en cuanto a la generación hidroeléctrica se refiere. Sin embargo, si se tendrán en cuenta otros usos del agua que demanden del recurso hídrico en conjunto con la generación hidroeléctrica.

De aplicarse las metodologías, recomendaciones y demás puntualizaciones expuestas en este proyecto, no se garantiza que las precipitaciones ocurrirán de una vez por todas, el objetivo de este trabajo es sentar las bases para que en la Republica Dominicana se valoricen los

servicios ambientales con el fin de promover la conservación de las zonas boscosas estratégicas y así garantizar un flujo de agua continuo a mediano y largo plazo en los ríos, de manera que haya disponibilidad para los fines múltiples del uso agua como: consumo humano, regadío de campos y en especial para la generación hidráulica.

Este trabajo está estructurado de la siguiente forma: Un primer capítulo, el que consta de antecedentes donde se expone un trabajo de consultoría por la Comisión Nacional de Energía de la Republica Dominicana sobre el valor del agua para la generación hidroeléctrica, bases teóricas donde se realiza un análisis crítico del trabajo expuesto en los antecedentes y definición de términos básicos para abordar el significado de términos medulares especializados que son utilizados en este trabajo de investigación.

Luego en el segundo capítulo se esboza la propuesta, donde se detalla las razones en que se fundamenta la metodología aplicada para el abordaje del análisis del valor del agua.

Un tercer capítulo de metodología que abarca con amplio detalle todo el proceder de la investigación para establecer el valor económico ecológico del agua de los ríos de la Republica Dominicana y otros valores que resultan de interés, más una serie de simulaciones que buscan establecer que tan costoso se vuelve la operación del sistema eléctrico si se valoriza el agua.

Posteriormente un cuarto capítulo de resultados, donde se presentan los datos más relevantes obtenidos durante la investigación.

Un quinto capítulo de discusión, donde se analiza e interpretan los resultados obtenidos. El trabajo continúa con las conclusiones específicas a las que se ha llegado, fruto de la investigación. Mas adelante se encuentra una sección de recomendaciones, donde se elaboran sugerencias cautelares y de corrección que proceden de observaciones. Acto seguido se anexan los

documentos que complementan y dan sustento a esta investigación de manera directa.

Finalmente, en la sección de referencias son expuestas todas las fuentes que sirvieron de utilidad durante la investigación que han quedado plasmadas por número y en formato de la Institute of Electrical and Electronics Engineers.

CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

Para el año 2009, la Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana, CNE, institución pública encargada de dirigir la política del Estado Dominicano en el área energética [11], en conjunto con la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana, de dominio público, propietaria y administradora de todos los sistemas de generación hidroeléctrica estatales habidos y por haber [8] , a través de consultoría con el consorcio OTSCORP-GERS, se elaboró el “*Estudio para Determinar el costo de producción de la hidroelectricidad de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID)*”, que sentó un precedente en el área de estudio de la valoración del agua en el país y surgió debido a la necesidad de la EGEHID para garantizar la continuidad del suministro de agua a sus centrales hidroeléctricas. En el proceso la CNE actuó como ente ejecutor y coordinador mientras que EGEHID fungió como beneficiaria.

Este estudio es fruto de la consultoría previamente detallada. Está elaborado con alto criterio de calidad de la información y recopila dos informes. El primero detalla un levantamiento del sistema de generación hidro existente, describiendo las centrales en operación agrupadas por cuencas, a modo de estudiar la relación entre la disponibilidad de agua de la cuenca y el manejo integro de estas. El próximo informe resalta la información disponible y la carencia del conocimiento específico necesario para observar cómo se afecta la disponibilidad de agua en función de los cambios en las cuencas. Para ello proponen dos alternativas:

- I) Considera los costos necesarios para aumentar las condiciones de uso de las cuencas que abastecen las hidroeléctricas con el fin de reducir las pérdidas de suelo e incrementar la cobertura vegetal, lo que

adicionalmente reduciría la presencia de sedimentos sueltos en las áreas de escorrentía de las cuencas.

- II) Considera los costos de aquellas actuaciones mínimas necesarias que deben ser atendidas con prioridad por el hecho de presentar conflicto de uso y estar en pendiente, lo que les constituye en zonas vulnerables.

El último informe inicia estableciendo el costo de oportunidad de la generación hidroeléctrica, que indica un incremento que se totaliza en \$48.77 millones de dólares anuales, frente a otras opciones de generación de electricidad. Posteriormente describe la metodología y los recursos para luego estimar en \$62.2USD/MWh, el cual es el costo mínimo que la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID presenta por cada unidad de energía vertida al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado, SENI, que incluye solamente operación, mantenimiento y administración normales.

Finalmente, en las últimas dos partes, se establecen los pagos por servicios ambientales, que de entrada advierte que la ley encargada de regular el uso del agua está obsoleta, seguido del despacho económico ambiental, donde se presenta un resumen de la normativa vigente y en el punto final se hace referencia a que esta establece ciertos topes en contaminantes como aceites, combustibles, humo y otras sustancias empleadas en la operación y mantenimiento de generación.

1.2 Bases teóricas

Análisis crítico del “*Estudio para “Determinar e l costo de producción de la hidroelectricidad de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID)”*”:

Para los fines de establecer un valor al agua en cualquier parte del planeta Tierra, es fundamental conocer a profundidad el ciclo del líquido, con el fin de

encontrar los puntos de inflexión que determinarán donde podría darse apertura de este ciclo. Luego de identificados estos puntos es necesario contar con conocimiento científico especializado y de vanguardia, a fin de asegurar e intentar controlar esos puntos de inflexión. El estudio traído a colación intenta enfocarse solamente en las principales cuencas de los afluentes pertinentes para la generación hidro en el país.

A nivel global no existen dos sistemas hidroeléctricos exactamente iguales. Tampoco en un mismo país existen dos centrales hidroeléctricas mellizas. De la misma forma en una misma cuenca tampoco se puede dar con dos centrales hidroeléctricas iguales y el porqué de ello es que, no existe en el mundo dos sitios iguales y de esto se deriva la complejidad para dar con un uso energético eficiente del recurso que implique usos múltiples [12].

La meteorología es la ciencia de la atmósfera que se ocupa del estado físico, dinámico y químico de la atmósfera terrestre [13]. En el intento del ser humano por predecir los eventos climáticos se crea toda una ciencia. En el contexto histórico dominicano, tradicionalmente no se ha invertido suficientes recursos y los que se han invertido se han hecho con tal vez poco interés en esa área. Esto sumado a la situación de un espacio insular relativamente pequeño crea mucha incertidumbre a la hora de intentar responder al cuestionamiento de que, si efectivamente el hecho de solo enfocarse en reforestar las cuencas tendrá como resultado precipitaciones en esas cuencas o si no tendrá efecto en otra área, de manera que termine precipitando en otro lado.

Por lo tanto, para reforestar con fines de perpetuar el ciclo del agua, es necesario enfocarse en toda la República Dominicana ($48,311\text{km}^2$ [14]) hasta tanto no se tenga demostrado con claridad meridiana que, en ese sentido, el hecho de replantar en cierta zona va a garantizar lluvias en esa misma zona. Reforestar exclusivamente en cuencas solo garantizará que la descarga de agua por escorrentía se efectúe con mucho menor cantidad de sedimentos

suelos, lo que conlleva a un efecto sumamente positivo para la actividad hidroeléctrica en términos de una extensión de la vida útil de la central hidroeléctrica, en especial sus turbinas.

En el marco de la realidad nacional, es necesario primero contar con los fondos que permitan imparcial investigación y desarrollo aplicado, para luego tomar decisiones basadas en prioridades establecidas en el paso anterior.

Otro punto importante por resaltar en el estudio es el hecho de que no es suficiente con hablar de “vegetación” ni de “cobertura vegetal” de manera simplista a la hora de reforestar con fines de garantizar el agua en los ríos donde se encuentran las hidroeléctricas. Es necesario un conocimiento científico especializado, ya que no toda la vegetación existente tiene vocación de bosque lluvioso. Ha de reconocerse que pertenece a otra área del saber, distinta a la ingeniería o la economía, el conocimiento y la aplicación de ellos relativo al restablecimiento, así como al mantenimiento de estos ecosistemas; esta ciencia se llama Dasonomía [15], por lo que ciertamente tanto la reforestación en sí misma, así como el hecho de dónde reforestar no se puede hacer sin el acompañamiento de este conocimiento y expertos en la materia.

Dada esta situación específica en el país, al establecer un valor económico del agua es necesario tomar en cuenta esa realidad y ese valor debe de responder a una metodología que implique el inicio de una administración seria de los bosques nacionales, así como también en el establecimiento del valor del agua que impacte en la menor manera posible la electricidad, los costos industriales y del agro.

En el estudio no se establece claramente el concepto de pago equitativo por el recurso. El hecho de marcar un valor ecológico del agua necesariamente implica que quien la emplee en cualquier proceso deberá de pagar una cuota del mantenimiento del ciclo que le garantice el acceso continuo al vital líquido. Debido a que el agua es un recurso renovable, el valor que esta tiene es

distinto al valor del petróleo. El valor económico que tiene el petróleo queda marcado principalmente por el costo de extracción y las influencias circunstanciales de mercado relacionado, sin embargo, queda claro que el valor agua está directamente relacionado a lo que cuesta mantener su ciclo, lo que implica que indistintamente de quien haga uso del recurso debe de pagar por ello. El pago por el uso del agua no debe quedar nunca a obligación única exclusiva de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID.

Finalmente, otro punto importante es que se vuelve necesario tener en cuenta el principio de que “quien contamina paga” [16]. A fin de cuentas, la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana (EGEHID) no usa el agua en sí misma, no las *desaparece* del cauce, tampoco el agua que sale de sus centrales no tiene un grado de contaminación tal que no puede ser usada en otras aplicaciones más adelante. EGEHID solo extrae la energía cinética que el agua trae consigo, ya que, luego de que esta sale de la turbina de un hidro generador, esta es empleada en acueductos para consumo humano, procesos industriales, el agro, entre otros.

Adviértase que, de esa lista de empleo del agua de los ríos, el más noble que salta a la vista de manera inmediata es el de la generación hidroeléctrica, en el resto de los casos, el agua resultante por lo general no es posible utilizarla en otros procesos, debido a que suelen presentar alteraciones físicas y/o químicas que imposibilitan su posterior uso de manera aceptable, eso en el caso de que exista agua resultante.

Al considerar un valor del agua, hace falta tomar en cuenta si en un proceso el agua resultante puede ser reutilizada ya sea en la misma aplicación o en aplicaciones distintas. En una asignación mercadológica de cuota del valor del agua por volumen, se podría considerar premiar aquellos procesos cuya agua resultante pueda ser utilizada en otros procesos o por el contrario penalizar aquellos usos del líquido que resulten en agua no usable. Esto

implicará que los usuarios iniciales se ocuparan de que sus aguas residuales sean lo menos contaminantes posibles a fines de obtener beneficios, lo que a su vez traerá una mayor disponibilidad del recurso para otros fines posteriores y una necesidad de masa boscosa menor para cumplir con la demanda.

1.3 Definición de términos básicos

CNE: Comisión Nacional de Energía de la Republica Dominicana

Cuenca hidrográfica: Es una cavidad de ocurrencia natural producto de accidentes geográficos que acumula agua de lluvia. Esta terminología incluye las aguas subterráneas.

Cuenca hidrológica: Es una cavidad de ocurrencia natural producto de accidentes geográficos que acumula agua de lluvia. Esta terminología se refiere de manera exclusiva a las aguas superficiales.

DOP: Dominican Peso, es la moneda de circulación nacional en la Republica Dominicana bajo la codificación ISO4217.

EGEHID: Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana.

Escorrentía: Es un proceso físico que puede describirse como parte del ciclo del agua que fluye sobre la superficie de las tierras, en vez de ser absorbidas por las tierras.

Eutrofización: Se refiere al incremento desproporcionado de elementos nutritivos en aguas dulces de reservorios naturales, que termina provocando una presencia de fitoplancton por encima de los valores estadísticos de referencias normales específicos a cada reservorio.

Frecuencia del sistema: Es la medida de la tasa de oscilación de los ciclos de la corriente alterna en los sistemas eléctricos y se mide en cantidad de oscilaciones por segundos o hercios, (Hz). En el caso concreto de la Republica Dominicana la frecuencia del sistema es de 60Hz.

INDRHI: Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la Republica Dominicana.

Lista (orden) de mérito: Es una lista que ordena las distintas fuentes que pueden aportar energía en un sistema eléctrico en función de los precios de generación declarados de forma ascendente.

Marginación: En el contexto del mercado eléctrico de la República Dominicana, son aquellas unidades de las centrales generadoras que en un despacho de carga aumenta su generación a la vez que aumenta la demanda.

Megavatio Hora (MWh): El Vatio Hora (Wh) es la unidad de medida de la energía eléctrica. El prefijo Mega se refiere a un múltiplo de 1,000,000 de forma tal que 1,000,000Wh es lo mismo que 1MWh. Esta medida equivale a un generador eléctrico que maneja una carga de 1 Megavatio bajo parámetros nominales durante una hora.

Mercado Eléctrico Mayorista (MEM): Es cualquier empresa de generación, auto productora, cogeneración, distribución y transmisión conectada al SENI.

Metro Cubico (M³): Es una unidad de medida volumétrica del Sistema Internacional.

Organismo Coordinador: Es una institución incorporada a las asociaciones sin fines de lucro [8], en constitución de los agentes del Mercado

Eléctrico Mayorista, cuya función se centra en planificar y coordinar las operaciones de las centrales de generación eléctrica del sistema, así como del sistema de transmisión y distribución integrados al sistema. Es homologo al genérico de la figura internacional del operador del mercado eléctrico.

Quien contamina paga: Para este trabajo de investigación, es un concepto que se refiere a que cualquier entidad física o jurídica tiene una cuota de responsabilidad por el uso de los servicios ambientales, así como también de responder por los daños que genere al medio ambiente de manera directa ya sea de forma accidental o fruto de las operaciones propias de la actividad a que se dedica.

Rain Forest: Se refiere al tipo de bosque lluvioso de las literaturas académicas especializadas.

Regulación de frecuencia: son aquellas acciones que tienen el objetivo de conservar la frecuencia del sistema dentro de ciertos parámetros de tolerancias.

Rodete: Es una forma de rotor equipado con alabes que se ubica dentro del conducto de una central hidroeléctrica cuyo movimiento giratorio es impulsado el flujo de agua y se encuentra acoplado con el generador trifásico de polos salientes de la unidad.

Rotor: Es el componente rotativo del sistema electromagnético en un motor, generador o alternador eléctrico.

SENI: Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la Republica Dominicana.

Series hidrológicas: Son una serie de datos en secuencia conveniente que incluye observaciones anuales, diarias, estacionales u horarias que ciertas variables hidrológicas relacionadas.

Servicios ambientales: Son actividades que consiste en la ejecución de actividades que producen bienes y servicios destinados a corregir, limitar, minimizar y hasta prevenir el daño ambiental al agua, suelo o aire.

Servicios auxiliares: En el contexto del mercado eléctrico de la República Dominicana, es el termino usado para referirse a una variedad de operaciones más allá de la generación y la transmisión, requeridas para mantener la estabilidad del sistema eléctrico.

Unidades hidroeléctricas: En el contexto del trabajo de investigación, se refiere solo a aquellas unidades que generan electricidad producto de la energía cinética del agua que llevan un rio y están interconectadas al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado SENI.

USD: United States Dollar, es la moneda de circulación oficial en los Estados Unidos de América bajo la codificación ISO4217. Es moneda de referencia internacional aceptada en la mayoría de los países del mundo. Se toma una tasa de conversión de \$58.124DOP/USD.

[17]

CAPÍTULO II PROPUESTA

En este capítulo se detalla la lógica epistémica que sostiene el proceder en cada inciso del Capítulo III. El próximo capítulo contiene el abordaje táctico de cada elemento ampliamente desarrollado y detallado.

2.1 Valor Económico Ecológico

Inicialmente se estudia el Valor Económico Ecológico de los recursos hídricos de la República Dominicana. En esta sección se busca dar con un valor monetario del agua por unidad de volumen.

Como regla general para Latinoamérica, existen dos grandes grupos de costos económicos de inversión para todos los proyectos de generación de energía hidroeléctrica que son:

- a) Los costos de la construcción de la obra civil, que por lo regular tienden a ser los costos más altos del proyecto, y
- b) Los costos de los equipos e instalaciones eléctricas y mecánicas.

Estos costos incluyen los que se relacionan con las concesiones de licencias, impacto ambiental, planificación, la mitigación de impacto en la vida silvestre, pesca, y recreación, inocuidad histórica y arqueológica, así como las observaciones de la calidad del agua con fines de determinar las características fisicoquímicas del fluido a turbinar y en función de ello hacer las especificaciones del rodete y demás componentes.

En aquellos casos de los países en vías de desarrollo, los costos de construcción civil son usualmente menores que en los países desarrollados. Esto se debe a la utilización de mano de obra local y materiales de construcción manufacturados a nivel nacional.

Esos costos hacen referencia únicamente a la inversión de un proyecto hidroeléctrico, sin embargo, en este proyecto de investigación se busca dar con un valor económico por unidad de volumen del agua que internalice los costes de las condiciones que son necesarias mantener a lo largo del tiempo para garantizar la continuidad del recurso hídrico en las cantidades necesarias, no solo para la generación hidroeléctrica, si no para todos los usos del agua de los afluentes.

La lógica detrás de la metodología propuesta para dar con este valor, parte del pensamiento de que el agua dulce como tal no existe en tierra, al menos no de manera “esencial” y “natural”. El agua dulce es producto de un proceso natural que tiene como su centro el Sol, que con sus emanaciones térmicas y a través de radiaciones el Planeta Tierra termina calentándose, lo que provee impulso vital para el dinamismo de todo un complejo sistema de eventos interdependientes.

Entre esos procesos que son impulsados por la radiación solar se encuentra la evaporación del agua en los mares y océanos. Cuando esa agua se evapora deja atrás la sal, de manera similar a como lo hacen aquellos procesos térmicos industrializados desalinizadores a nivel mundial.

La desalinización térmica es un proceso que consiste en convertir el agua salina en vapor. Este vapor se encuentra libre de sal, minerales y otros contaminantes que estaban en el agua salina. Cuando se condensa, este vapor forma un agua destilada de alta pureza. [18]

De hecho, es este proceso de termo-desalinización tan común que en conjunto con el proceso de osmosis inversa constituyen los dos métodos de desalinización más importantes y utilizados a nivel mundial.

Una vez se tiene el agua en forma de humedad en el ambiente y al continuar el proceso, esta se encuentra con los bosques. Para mantener sus procesos y dinámicas biológicas, los bosques transpiran. Un solo árbol es

capaz transpirar cientos de litros de agua en un día. La transpiración es esencial para provocar lluvias. [4], este proceso requiere de energía, la cual es extraída del aire circundante, y de esta forma se provoca un enfriamiento de la zona circundante, además de adicionar humedad al ambiente.

El aire húmedo y de temperatura inferior asciende y a la vez se mezcla con distintos tipos de partículas diminutas sueltas en el aire, esas partículas son llamadas núcleos de condensación. Los núcleos de condensación facilitan la formación de gotas en las nubes. Cuando la humedad se condensa alrededor de una partícula, la gota de agua se torna lo suficientemente grande y con una tasa de evaporación lo suficientemente baja como para estar en equilibrio con el entorno húmedo (tasas iguales de condensación y evaporación). Siempre hay muchos núcleos de condensación de nubes en el aire, por lo que, generalmente, esto no constituye un impedimento para la formación de nubes. [19] Por tanto, al coleccionar agua de lluvia de un ambiente idealmente virgen (libre de polución y contaminación), notaremos que habremos coleccionado también ciertas partículas de tamaño muy pequeño junto al agua.

Es de suma importancia hacer notar en este punto que, sin núcleos de condensación presentes, agregar humedad al aire no producirá condensación. Espontáneamente se producirá condensación cuando la cantidad de humedad sea extremadamente alta con una humedad relativa mucho más alta que el 100%. Sin embargo, esto no ocurre en la atmósfera, ya que siempre están presentes algunos núcleos de condensación. Así, en la atmósfera se produce la formación de nubes y la condensación cuando la humedad relativa alcanza el 100%. [20]

Finalmente, cuando la temperatura ambiente alcanza el punto de rocío, en aquella masa de aire húmedo que presenta formaciones húmedas alrededor de los núcleos de condensación se produce la precipitación y el agua

termina cayendo en forma de lluvia común y corriente tal como la conocemos. [5]

Como se puede apreciar, para tener lluvias se necesitan varias cosas, entre las que no pueden faltar: aire húmedo, núcleos de condensación y bosques. Este último componente es el más frágil, escaso e importante ya que está en el corazón del ciclo del agua de lluvia. Es necesario exponer que los bosques a los que se hace referencia en este trabajo son a los Bosques Tropicales.

El bioma del bosque tropical tiene cuatro características principales: precipitaciones anuales muy elevadas, temperaturas medias elevadas, suelo profundo pero escasos en nutrientes y a altos niveles de biodiversidad (riqueza de especies). [21]

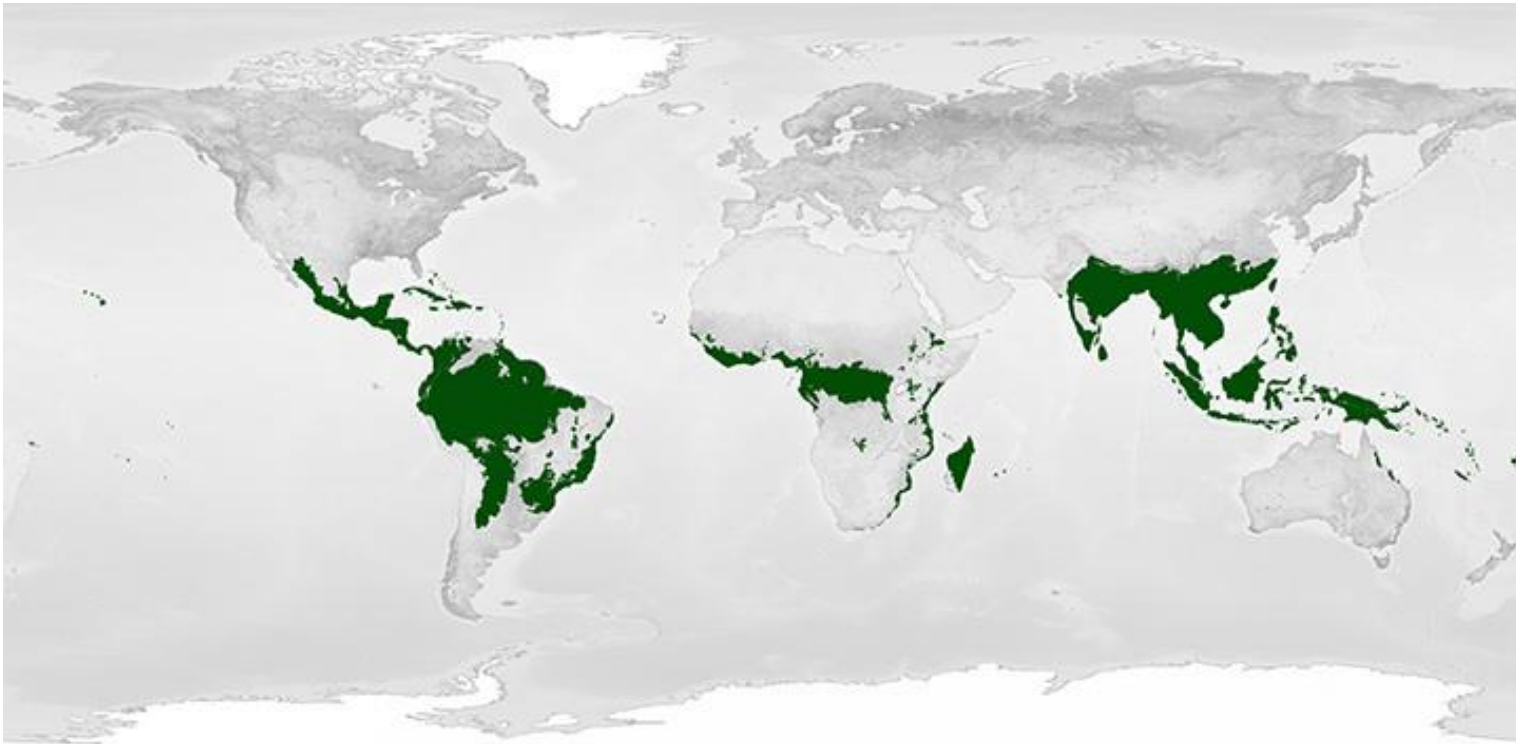


Figura 1 - Ubicación de los bosques tropicales en el mundo

Fuente: [22]

La Figura 1 muestra la ubicación de los bosques tropicales en el mundo. La República Dominicana tiene el privilegio de estar en una isla, cerca del ecuador y que gran parte de su terreno (43.544%) está destinado a área boscosa.

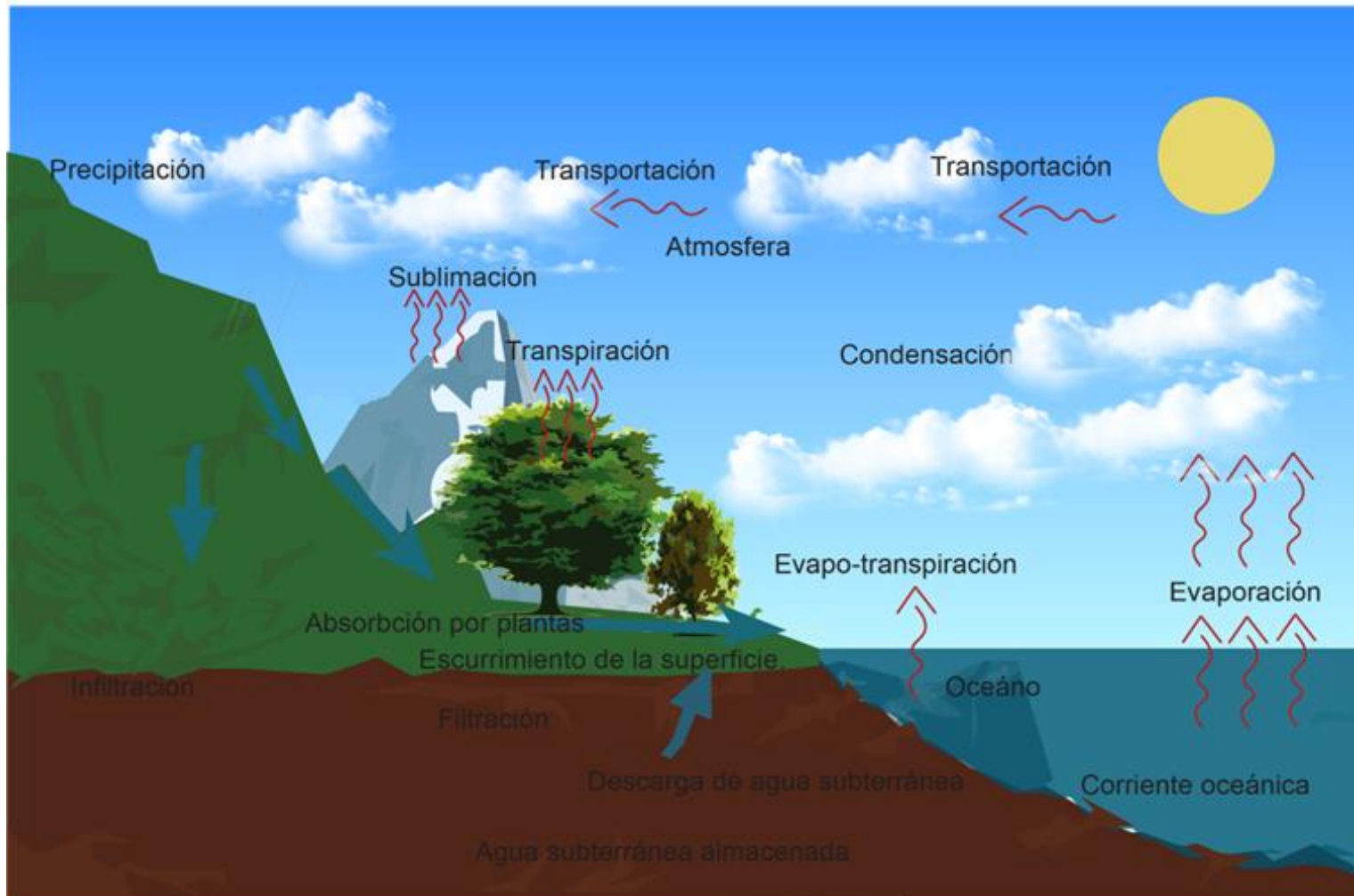


Figura 2 – Ilustración gráfica del ciclo del agua

Fuente: Cortesía de Arq. Betty Rodríguez

Luego de expuesto la importancia de los bosques para la lluvia, ha de aceptarse que la conservación de los bosques en República Dominicana no ha sido la mejor y cada día se ve amenazado por la presencia del ser humano que utiliza esas áreas boscosas con el fin de establecer allí algún medio de

sustento económico, por lo general y en el caso específico de la Republica Dominicana se refiere a la ganadería o la agricultura.

Viendo la problemática desde este punto de vista, rápidamente se puede notar que el bosque tiene un valor de captación de agua, y ese valor queda en relación directa con el valor de oportunidad que tiene el bosque por el hecho de no utilizar esas tierras para otros fines comerciales y este luego es relacionado de manera directa con la producción de agua en los ríos de la Republica Dominicana.

El valor económico ecológico que se establece en este punto es el valor del agua de los ríos sin importar la aplicación. Este valor resume el costo de oportunidad que implica la masa boscosa para incrementar la producción de aguas en ríos por una unidad de metro cubico, es el valor de captación de aguas en el territorio dominicano.

2.2 Índice de precio de agua según post uso

El acceso al agua de los ríos debe de responder a un pago que busque garantizar que este recurso siempre esté ahí en el momento y la magnitud que cada usuario necesite. Definitivamente es injusto aplicar un simple “impuesto” al acceso al agua de los ríos, ya sea al flujo del agua o al acceso elemental al agua. Aplicar una escala que valore el agua en la medida de la rentabilidad económica de la aplicación en que esta se utilice resulta igualmente injusto. El método que se propone aquí persigue justicia, equidad, pero en ningún caso igualdad de condiciones. Busca en esencia premiar con un descuento a aquellas aplicaciones cuyas aguas residuales pueden volver a los cauces de los ríos y presentan alteraciones fisicoquímico tan mínimas, de suerte que estas aguas pueden en efecto ser utilizadas en otras actividades posteriores.

2.3 Valor de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista Dominicano

El valor de oportunidad es aquel costo de algo en términos de una oportunidad perdida. El costo de oportunidad viene dado por los beneficios que se podrían haber obtenido al elegir la mejor oportunidad o alternativa. Por ejemplo, para un agricultor, el costo de oportunidad de cultivar yuca viene dado por lo que habría ganado si hubiera cultivado la yuca, asumiendo que la yuca es la mejor alternativa [23].

El método que en esta investigación se plantea para establecer el costo de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista de la Republica Dominicana se deduce de un escenario real de un día de despacho y se compara con el mismo escenario simulado, considerando en este último que todos los generadores hidroeléctricos quedaron indisponibles. Esta corrida sin considerar la generación hidroeléctrica fue ejecutada con la colaboración del Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (OC-SENI).

Debido a la sensibilidad de los datos requeridos para ejecutar esa simulación en escenario realista solo se muestran los resultados. Si se considera esa diferencia de precio, junto al volumen de agua turbinada en ese día por las centrales hidroeléctricas se tendrá el valor del recurso hídrico por volumen.

2.4 Valor del agua para Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana

Este es un valor que resume las operaciones económicas de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID por volumen de agua turbinada. En este punto se establece un estimado del precio de venta medio de EGEHID por MWh generado, el total de agua requerida para EGEHID

producir una unidad de energía (MWh) y por último el Valor medio del agua para EGEHID. Este valor tiene utilidad importante en la parte de simulaciones de esta investigación.

2.5 Simulaciones

Para la simulación de casos de despacho de un sistema eléctrico se utilizó el software “GAMS” (General Algebraic Modeling System), de las compañías “GAMS Development Corporation” y “GAMS Software Gesellschaft Mit Beschränkter Haftung”. GAMS es uno de los principales proveedores de herramientas para la industria de la optimización. GAMS es utilizado por empresas multinacionales, universidades, instituciones de investigación y gobiernos en muchas áreas diferentes, incluidas la industria energética, para modelos económicos, planificación agrícola o fabricación. [24]

El modelo de despacho simulado está basado en el “*Hydrothermal Scheduling Problem*” disponible públicamente como parte de un repositorio que figura en la página oficial de software GAMS [25], que emula el ejemplo 7B del libro de la referencia [26].

El objetivo principal de la simulación es establecer en un escenario de despacho didáctico, para mostrar la magnitud del impacto que el pago del valor económico ecológico del agua tiene en los costos de operación del sistema eléctrico.

Para ello se toma el costo de generación para EGEHID de la sección 2.4 y se simula el escenario de despacho considerando ese costo de generación. Luego se ejecuta otra corrida, tomando en consideración ese costo de generación y sumándole el valor del agua a estimarse en 2.1 y considerando el inciso 2.2.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

3.1 Valor Económico Ecológico

El valor económico ecológico del agua es un valor que busca internalizar los costos ambientales que están relacionados directamente con la capacidad de los bosques de captar agua, así como las labores de cuidado de las cuencas hidrológicas.

Consideraciones generales

Para establecer este valor se considera el costo de oportunidad que tiene dedicar cierta área a bosque y no explotarla comercialmente mediante la ganadería o la agricultura. No se toma en cuenta el valor comercial inmobiliario, puesto que las tierras con vocación boscosa no quedan destinadas exclusivamente a esos fines, si no que un área de terreno con vocación de bosque puede perfectamente alojar una industria hotelera, cultivo de orquídeas entre otras actividades económicas compatibles.

La ganadería y la agricultura son por lo general las actividades económicas más agresivas a la masa boscosa, debido a la gran extensión de terreno necesario para la ejecución. En esta dirección, el entonces ministro de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bautista Rojas Gómez, (2014) externó la amenaza que el “conuquismo” representa para los bosques de la Republica Dominicana [27]. El conuquismo es una actividad mayormente ejercida por campesinos que consiste en desmontar el bosque para explotar las tierras mediante sembradíos, ya sea con fines comerciales o simplemente para autoconsumo familiar.

En los cálculos de la internalización del valor económico ecológico del agua se considera el conuquismo, mas no así otras actividades ilegales de ninguna índole incluyendo, pero no limitado a: la tala de árboles del bosque para producir carbón, sembradíos ilegales, entre otras.

Descripción del procedimiento aplicado

La tabla del cálculo económico ecológico del agua considera los dos grandes campos que constituyen las amenazas principales a los bosques de la República Dominicana que son la ganadería y la agricultura. Estos dos campos a su vez son divididos en rubros.

Media nacional de ingreso (MNI): Es una media de ingresos anualizada por área de terreno que el productor percibe por cada rubro. Esta expresada en pesos dominicanos por hectárea anualizada DOP/(hectárea-año). [28]

Media nacional de gastos (MNG): Es la media de gastos que cada productor enfrenta al trabajar determinado rubro. Es un porcentaje de la media nacional de ingresos. Esta expresada en pesos dominicanos por hectárea anualizada DOP/(hectárea-año). [28] [29] [30]

Margen de beneficios al productor (MBP): Es el margen medio que cada rubro tiene considerando sus respectivas medias nacional de gastos e ingresos. Se mide en pesos dominicanos por hectárea anualizada DOP/(hectárea-año).

$$MBP = (1 - MNG)(MNI) \quad (2)$$

Índice de impacto en bosque (IIB): No es más que un estimado del impacto de cada cultivo a los bosques en República Dominicana basado en que tan favorables son las condiciones boscosas (temperatura, suelo, humedad, etc.) para el desarrollo de cada rubro, donde para determinado rubro: 1 las condiciones boscosas resultan poco favorables y 10 sumamente favorable. Es un factor adimensional.

Índice de producción (IP): Se refiere a un ponderado que representa la probabilidad de que el productor tenga cierta preferencia por determinado

rubro a la hora de disponer de cierta área boscosa, donde 1 es poco probable y 10 es muy probable, basado en el Volumen de venta anual de productores (VVAP). Es un factor adimensional.

Volumen de venta anual de productores (VVAP): Es el volumen de venta estimado que cada rubro tiene en territorio dominicano. Esta expresado en pesos dominicanos por hectárea anualizada DOP/(hectárea-año). [28] [29] [30]

Valor de oportunidad en zona boscosa (VO): Es el resultado del calculo que establece el valor de dedicar cierta área de una zona boscosa en vez de dedicarlo a la explotación de determinado rubro “r”.

$$VO_r = MBP_r \left(\frac{IIB_r}{10} \right) \left(\frac{IP_n}{10} \right) \quad (3)$$

Valor de la agricultura en zona boscosa (AZB): Es la media del Valor de oportunidad en zona boscosa (VO) considerando todos los rubros. Se mide en (DOP/HA).

$$AZB = \frac{\sum_1^r (VO_r)}{r} \quad (4)$$

Donde r viene a ser la cantidad de rubros.

Capacidad de captación del bosque (CCB): Es el porcentaje del bosque que está destinado a captar agua y que se relaciona con las lluvias. Este valor se fijó en un estimado del 60% del total de la masa boscosa.

$$CCB = 60\%(AZB) \quad (5)$$

Belleza del bosque y otros servicios (SAB): Es el porcentaje de la masa boscosa que está destinada a la belleza, conversión de CO₂ en oxígeno,

biodiversidad animal, entre otras funciones propias de los bosques distintas a la captación de aguas. Este valor se fijó en un estimado del 40% del total de la masa boscosa.

$$SAB = 40\%(AZB) \quad (6)$$

Es preciso hacer notar que para determinar de manera precisa estos dos últimos valores porcentuales, es necesario una profunda investigación científica en el área ambiental, específicamente en la dasonomía. Normalmente el valor de la Capacidad de captación del bosque (CCB) ronda entre el 53% y 58% para latitudes similares a la de la Republica Dominicana. Mientras, el estimado fijado responde a un valor ligeramente superior con el fin de que se estudie un valor por encima en vez de por debajo, lo que sería un escenario desfavorable para la generación hidroeléctrica dominicana.

Área Boscosa en República Dominicana (AB): Esta se fijó en 2,103,645.32 hectáreas. [31]

Valor total del agua captada por área boscosa en República Dominicana (VTA): Esta expresado en pesos dominicanos.

$$VTA = (CCB)(AB) \quad (7)$$

Oferta hídrica en República Dominicana (OH): Es la disponibilidad de agua total en ríos que se tiene proyectada para el año en todo el territorio nacional. Esta se estimó en 27,658,690,000M³/año. [32]

Valor económico ecológico del agua en la Republica Dominicana (VEE_{RD}): Tiene como unidad de medida el peso dominicano o el dólar americano (DOP/M³) (USD/M³) para diciembre del año 2020.

$$VEE_{RD} = \frac{VTA}{OH} \quad (8)$$

Tabla 1 – Análisis del valor Económico Ecológico

Campo	Rubro	Media nacional de ingreso	Media nacional de gastos	Margen de beneficio al productor	Índice de impacto en bosque	Ref.	Índice de producción	Volumen de venta anual de productores	Valor de oportunidad en zona boscosa	
Agricultura	Arroz	\$257,580.00	68%	\$82,481.60	4	[33]	6.2	\$13,185,617,888.51	\$20,425.63	
	Plátano	\$381,600.00	69%	\$118,959.65	10	[34]	7.1	\$15,419,343,861.33	\$84,691.89	
	Yuca dulce	\$159,000.00	67%	\$51,986.09	4	[35]	2.1	\$3,458,497,887.84	\$4,466.72	
	Yuca amarga	\$429,300.00	69%	\$132,429.72	5	[35]	1.1	\$830,783,093.74	\$6,991.42	
	Yautía	\$1,431,000.00	76%	\$343,440.00	4	[36]	1.6	\$2,047,707,431.33	\$21,453.52	
	Buen pan de masa	\$318,000.00	68%	\$100,515.65	1	[37]	1.0	\$800,000,000.00	\$1,048.45	
	Cacao	\$114,480.00	67%	\$37,778.40	10	[38]	4.9	\$10,107,169,386.55	\$18,554.69	
	Café	\$302,100.00	68%	\$95,818.24	4	[39]	1.5	\$1,798,526,910.81	\$5,588.49	
	Piña	\$1,202,040.00	74%	\$307,304.14	2	[40]	2.9	\$5,339,843,171.50	\$18,007.96	
	Batata	\$254,400.00	68%	\$81,518.61	6	[41]	1.1	\$976,098,616.20	\$5,459.79	
	Tabaco	\$507,528.00	70%	\$153,847.18	3	[42]	1.0	\$696,366,210.42	\$4,615.42	
	Papa	\$397,500.00	69%	\$123,484.24	2	[43]	1.6	\$2,179,949,107.05	\$3,992.56	
	Zanahoria	\$795,000.00	72%	\$225,365.22	4	[44]	1.0	\$799,013,082.24	\$9,399.20	
	Guineo	\$580,350.00	70%	\$173,032.61	9	[45]	2.4	\$4,163,475,768.76	\$38,014.33	
	Aguacate	\$477,000.00	69%	\$145,588.70	4	[46]	3.6	\$6,878,249,219.94	\$20,786.60	
Coco	\$238,500.00	68%	\$76,682.93	1	[47]	3.8	\$7,480,839,899.00	\$2,929.18		
Ganadería	Bovino (Carne)	\$99,375.00	67%	\$32,896.37	6		8.0	\$22,350,000,000.00	\$15,790.26	
	Bovino (Leche)	\$99,390.90	67%	\$32,901.52	7		10.0		\$23,031.06	
	Ovi-caprino	\$30,528.00	66%	\$10,249.44	5		5.0		\$2,562.36	
Valor de la agricultura en zona boscosa:									\$17,100.53	\$/ha
Capacidad de captación del bosque: 60%									\$10,260.32	
Belleza del bosque y otros servicios: 40%									\$6,840.21	
Área boscosa en RD:									2,103,645.32	ha
Valor total del agua captada por área boscosa en RD:									\$21,584,069,192.42	
Oferta Hídrica en RD:									27,658,690,000.00	m3/año
Valor económico ecológico del agua en la Republica Dominicana:									\$0.7804	DOP/M³
Tasa del dólar:									\$58.124	DOP/USD
Valor económico ecológico del agua en la Republica Dominicana:									\$0.01342599	USD/M³

3.2 Índice de precio de agua según post uso

Con el fin de fomentar la reutilización del agua de los ríos e incentivar actividades económicas con prácticas amigables al medio ambiente y haciendo referencia al principio de que “*quien contamina paga*” se establece un índice que busca descontar un porcentaje del valor económico ecológico del recurso hídrico a las aguas residuales que muestren alteraciones mínimas tales que pueden ser usadas en otros procesos sin mayores inconvenientes y que tienen un impacto ambiental mínimo.

Queda inelegible para la aplicación del descuento aquella actividad cuya agua resultante muestre presencia de sustancias consideradas peligrosas para el ecosistema de la cuenca, incluyendo, pero no limitado a Cianuros, Plomo, Furanos, Organofosforados, entre otros. Esta propuesta no tiene interés alguno de afectar la correcta aplicación de la Ley de Medio Ambiente y Recursos Naturales, esta propuesta no viene a desplazar las sanciones que de esa ley se deriven a las actividades que agreden al medio ambiente de manera peligrosa.

Indicadores de calidad del agua

Temperatura: Tiene una unidad de medida en grados Celsius (°C). La preferencia de temperatura puede variar entre las distintas especies que viven el bioma de un río, pero todas las especies pueden tolerar los cambios estacionales lentos mejor que los cambios rápidos causados por la contaminación térmica. El estrés térmico y el choque ocurren cuando las temperaturas cambian más de 1-2 grados Celsius en 24 horas. La mayoría de los organismos acuáticos viven en un rango de temperatura óptimo de 5 a 25 grados Celsius. [48]

Oxígeno disuelto: Este posee una unidad de medida de miligramos por litro (mg/L), Se considera una medida importante de la calidad del agua, porque es un indicador directo de la capacidad de un recurso acuático para sustentar la vida acuática. Si bien cada organismo tiene su propio rango de tolerancia a la falta de oxígeno disuelto, como regla general se puede establecer que los niveles por debajo de 3mg/L son motivo de preocupación y las aguas con niveles por debajo de 1mg/L se consideran niveles hipóxicos y suelen carecer de vida. [49]

Nivel de pH: Es adimensional y busca describir que tan ácida o básica es el agua del río en una escala de 0-14. Mide la concentración de iones de hidrógeno. Puede ubicarse en valores que rondan los 6.5 y 8.5 en esta escala, siendo 7.0 neutral. El pH óptimo para el agua del río es de alrededor de 7,4. La acidez del agua puede aumentar con la lluvia ácida, pero la piedra caliza en los ríos tiene un efecto amortiguador (buffer) y de esta forma el río mantiene su pH controlado. Los extremos de pH pueden hacer que un río se vuelva inhóspito para la vida. El pH bajo es especialmente dañino para los peces e insectos inmaduros. Adicionalmente el agua termina acelerando la lixiviación de metales pesados nocivos para los peces. [50]

Sólidos disueltos: Se mide en miligramos por litro (mg/L) y representa la cantidad de material disuelto en agua. El total de sólidos disueltos incluye solutos como sodio, calcio, magnesio, bicarbonato, cloruro y otros que permanecen como un residuo sólido después de la evaporación del agua de la muestra. El agua dulce de los ríos generalmente presenta niveles de sólidos disueltos totales de entre 0 y 1,000 mg / L. [51]

Conductividad: Este posee una unidad de medida de micro siemens por centímetro $\mu\text{S}/\text{cm}$ y representa la facilidad con que la corriente eléctrica atraviesa al agua. Cuanto mayor sea la concentración de iones en el agua, más corriente puede conducir el agua. La conductividad es sensible, entonces, a la cantidad de sólidos disueltos, particularmente sales minerales, en el agua,

y también depende de la cantidad de carga eléctrica en cada ion, movilidad iónica y temperatura. Los altos niveles de conductividad y sólidos totales disueltos hacen que el agua sea menos apta para beber y regar cultivos. [51]

Los siguientes indicadores tienen el objetivo de medir la susceptibilidad a eutrofización en los ríos. La eutrofización es una condición producto de las altas concentraciones de nutrientes en el agua, los cuales conducen a un crecimiento biológico excesivo y desordenado en el río. Si bien la eutrofización puede ser un proceso natural en el envejecimiento de algunos ecosistemas de agua dulce, la eutrofización artificial degrada la calidad del agua y amenaza a las especies acuáticas deseables. Los altos niveles de algas pueden disminuir la penetración de la luz solar a través del agua, evitando la fotosíntesis de las plantas que se encuentran sumergidas. Las algas asociadas con la eutrofización liberan compuestos con hediondos, sabores desagradables y hasta toxinas. Además, la muerte y descomposición de las algas puede provocar una disminución de las concentraciones de oxígeno disuelto. Los cambios expuestos interfieren con el uso humano del agua y afectan la diversidad de plantas, animales y otros organismos acuáticos. La medida de la eutrofización no es tarea sencilla, sin embargo, el objetivo es premiar aquellas actividades industriales cuya agua post uso contienen elementos que pueden conducir a la eutrofización en proporciones mínimas. [52]

Para el Fosforo (P) y los Ortofosfatos: Se expresan en miligramos por litro (mg/L) y se considerará aceptable una medida de entre 2 mg/L y 6 mg/L. [53]

Para el Nitrógeno (N) y los Nitratos: La unidad de medida es miligramos por litro (mg/L) y se considerará aceptable una medida de entre 0.1 mg/L y 0.3 mg/L. [53]

El método de aplicación de descuento propuesto necesita analizar dos tomas de muestras, una antes del proceso y otra luego con los fines de determinar las alteraciones que el agua ha tenido en el transcurso solo de ese

proceso, ya que no se busca que las industrias funcionen como filtros, solo se busca que esas industrias contaminen lo menos posible. Debido a que el ecosistema del río puede presentar variaciones a lo largo del cauce, los resultados de los análisis iniciales del agua serán tomados como valores de referencia del río solo para esa zona donde tuvo lugar la toma de muestra.

Estos valores de referencias del agua del río tendrán niveles permisibles de alteraciones en sus indicadores, los cuales se utilizarán para determinar el descuento que puede ser aplicado. Solo hace falta que un solo indicador quede fuera de los niveles permisibles para que no haya descuento. Si todos los indicadores quedan en 1, se aplica el descuento mayor, que corresponde a un 85% del valor económico ecológico.

El método mediante el cual queda determinado el valor de puntuación responde como se describe a continuación:

Aplicación del método de puntuación

Temperatura [48]:

$$T_{min} \leq T_{out} \leq T_{max} \rightarrow 1 \quad (9)$$

$$(T_{min}-3) \leq T_{out} < (T_{min}) \rightarrow 0.01 \times \left(\frac{T_{min}}{T_{out}} \right) \quad (10)$$

$$(T_{max}) < T_{out} \leq (T_{max} + 3) \rightarrow 0.01 \times \left(\frac{T_{out}}{T_{max}} \right) \quad (11)$$

$$T_{out} < 3T_{min} \vee 3T_{out} > T_{max} \rightarrow 0 \quad (12)$$

Oxígeno disuelto (O) [49]:

$$O_{min} \geq 3 \rightarrow 1 \quad (13)$$

$$O_{min} < 3 \rightarrow 0 \quad (14)$$

Solidos disueltos (SD) [52]:

$$SD_{min} = SD_{out} \leq SD_{max} \rightarrow 0.1 \times \left(SD_{out} / SD_{max} \right) \quad (15)$$

$$SD_{out} > SD_{max} \rightarrow 0 \quad (16)$$

Nivel de pH [50]:

$$pH_{min} \leq pH_{out} \leq pH_{max} \rightarrow 1 \quad (17)$$

$$pH_{out} > pH_{max} \rightarrow 0 \quad (18)$$

$$pH_{out} < pH_{min} \rightarrow 0 \quad (19)$$

Conductividad (γ) [52]:

$$\gamma_{min} \leq \gamma_{out} \leq \gamma_{max} \rightarrow 1 \quad (20)$$

$$\gamma_{out} < \gamma_{min} \vee \gamma_{out} > \gamma_{max} \rightarrow 0 \quad (21)$$

Fosforo (P) [53][54]:

$$P_{min} \leq P_{out} \leq P_{max} \rightarrow 1 \quad (22)$$

$$P_{out} < P_{min} \vee P_{out} > P_{max} \rightarrow 0 \quad (23)$$

Ortofosfatos (OP) [53][54]:

$$OP_{min} \leq OP_{out} \leq OP_{max} \rightarrow 1 \quad (24)$$

$$OP_{out} < OP_{min} \rightarrow 0 \quad (25)$$

$$OP_{out} > OP_{max} \rightarrow 0 \quad (26)$$

Nitrógeno (N) [53][54]:

$$N_{min} \leq N_{out} \leq N_{max} \rightarrow 1 \quad (27)$$

$$N_{out} < N_{min} \rightarrow 0 \quad (28)$$

$$N_{out} > N_{max} \rightarrow 0 \quad (29)$$

Nitratos (NTr) [53][54]:

$$NTr_{min} \leq NTr_{out} \leq NTr_{max} \rightarrow 1 \quad (30)$$

$$NTr_{out} < NTr_{min} \rightarrow 0 \quad (31)$$

$$NTr_{out} > NTr_{max} \rightarrow 0 \quad (32)$$

Ejemplos aplicados

La Tabla 2 busca ilustrar el escenario esperado del uso del agua en una central hidroeléctrica de pasada. La columna “Ref.” muestra el soporte referencial de donde se tomaron los valores mínimos y máximos de referencia del río.

Tabla 2 – Ejercicio de descuento hidro

		Valores de referencia del río				Valores de salida del proceso	Puntuación
		Unidad de medida	mínimos	máximos	Ref.		
Variable convencional	Temperatura	°C	24	26	[48]	25	1
	Oxígeno disuelto	mg/L	3	∞	[49]	3	1
	Nivel de Ph		6.5	8.5	[50]	7	1
	Solidos disueltos	mg/L	0	1000	[52]	0	1
	Conductividad	μS/cm	600	6000		6000	1
Nutrientes	Fosforo (P)	mg/L	2	6	[53]	6	1
	Ortofosfatos	mg/L	2	6		6	1
	Nitrógeno (N)	mg/L	0.1	0.3	[54]	0.2	1
	Nitratos	mg/L	0.1	0.3		0.2	1

Descuento: 85.0%

El descuento del 85.0% al valor económico ecológico del agua, cada metro cubico se aplicaría como se detalla:

$$\$0.7804^{DOP}/M^3 \times (1 - 0.85) = \$0.1171^{DOP}/M^3 \quad (33)$$

La Tabla 3 muestra el cálculo para un el escenario en la misma ubicación de la Tabla 2, considerando una industria cuyas aguas devueltas al río develan alteraciones tolerables respecto a los valores de referencia.

Tabla 3 – Ejercicio de descuento mínimo impacto

		Unidad de medida	Valores de referencia del río			Valores de salida del proceso	Puntuación
			mínimos	máximos	Ref.		
Variable convencional	Temperatura	°C	24	26	[48]	29	0.0089655
	Oxígeno disuelto	mg/L	3	∞	[49]	3	1
	Nivel de Ph		6.5	8.5	[50]	6.5	1
	Sólidos disueltos	mg/L	0	1000	[52]	875	0.125
	Conductividad	μS/cm	600	6000		6000	1
Nutrientes	Fosforo (P)	mg/L	2	6	[53]	6	1
	Ortofosfatos	mg/L	2	6		6	1
	Nitrógeno (N)	mg/L	0.1	0.3	[54]	0.3	1
	Nitratos	mg/L	0.1	0.3		0.3	1

Descuento: 67.4%

Por cuanto, el descuento del 67.4% al valor económico ecológico del agua, cada metro cubico se aplicaría como se detalla:

$$\$0.7804 \text{ }^{DOP}/M^3 \times (1 - 0.674) = \$0.2546 \text{ }^{DOP}/M^3 \quad (34)$$

La Tabla 4 muestra el cálculo para un el escenario en la misma ubicación de la Tabla 2, considerando una industria que utiliza el agua del río para enfriamiento y sus aguas devueltas al río develan una alteración en la temperatura, encontrándose este indicador fuera de los parámetros aceptables para la aplicación del descuento por baja contaminación.

Tabla 4 – Ejercicio de descuento con variable fuera de parámetros

		Valores de referencia del río				Valores de salida del proceso	Puntuación
		Unidad de medida	mínimos	máximos	Ref.		
Variable convencional	Temperatura	°C	24	26	[48]	30	0
	Oxígeno disuelto	mg/L	3	∞	[49]	3	1
	Nivel de Ph		6.5	8.5	[50]	6.5	1
	Solidos disueltos	mg/L	0	1000	[52]	0	1
	Conductividad	μS/cm	600	6000		325	1
Nutrientes	Fosforo (P)	mg/L	2	6	[53]	4	1
	Ortofosfatos	mg/L	2	6		4.5	1
	Nitrógeno (N)	mg/L	0.1	0.3	[54]	0.2	1
	Nitratos	mg/L	0.1	0.3		0.3	1

Descuento: 0.0%

Por cuanto, el descuento al valor económico ecológico de cada metro cubico se aplicaría como se detalla:

$$\$0.7804 \text{ }^{DOP}/_{M^3} \times (1 - 0.0) = \$0.7804 \text{ }^{DOP}/_{M^3} \quad (35)$$

O, en otras palabras, no hay descuento y la actividad económica deberá pagar la totalidad del valor económico ecológico. Se ha de recordar que un pago con o sin descuento de este valor, no exime de las responsabilidades ambientales según la correcta aplicación de las leyes aplicables.

3.3 Valor de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista Dominicano

Descripción general

Esta sección busca demostrar el costo económico de oportunidad que tiene el recurso hídrico para el Mercado Eléctrico Mayorista del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la República Dominicana.

El costo o valor de oportunidad es aquel monto económico que conlleva la toma de ciertas decisiones y en estos términos representan las oportunidades perdidas en la elección de un gasto sobre otros. [55]

Procedimiento aplicado

Partiendo de un escenario real de despacho, tal como sucedió, sumado a otro escenario de despacho en las mismas condiciones realistas, pero asumiendo una ausencia total de todos los generadores hidroeléctricos, con el objetivo de apreciar la variación en el costo operativo del sistema. Si además se considera el volumen de agua turbinada por Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana se puede asociar el costo incremental del sistema con el totalizado del volumen de agua, obteniendo así un costo por volumen. Para los fines se consideran los días de mayor y menor generación hidroeléctrica de todo el año 2020 por la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana en sus centrales interconectadas al Sistema Eléctrico de la República Dominicana, con el fin de establecer un promediado entre ambos días.

El día de mayor generación hidroeléctrica del año 2020 fue el viernes 13 de marzo con un total de agua turbinada de 25,706,397 metros cúbicos. Para este día se tuvo un costo operativo del sistema de \$76,353,108.83DOP. [25]

El día de menor generación hidroeléctrica del año 2020 fue el viernes 4 de septiembre, con un total de agua turbinada de 9,339,258 metros cúbicos. Para este día se tuvo un costo operativo del sistema de \$102,744,047.48DOP. [25]

Claramente se puede advertir que en la medida que se disminuye la presencia de generación hidroeléctrica, el costo operativo del sistema aumenta debido a la economía que brinda la generación hidroeléctrica.

Se solicitó al Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la República Dominicana la colaboración para ejecutar una corrida simulada del sistema eléctrico en cada día, basado en las condiciones realistas de los días 3/13/2020 y 9/4/2020 tomando en consideración la ausencia total de generación hidroeléctrica en todo el país. [25]

A partir de las informaciones obtenidas, se procedió a elaborar la siguiente tabla de datos:

Tabla 5 – Costo de oportunidad del agua en el SENI

	Fecha	Costo operativo del sistema: Escenario con hidroeléctricas (DOP)	Costo operativo del sistema: Escenario sin hidroeléctricas (DOP)	Incremento del costo operativo del SENI (DOP)	Agua turbinada (M ³)	Costo de oportunidad del agua (DOP/M ³)
Día de mayor generación hidroeléctrica a 2020	Friday, March 13, 2020	\$76,353,108.83	\$100,996,860.53	\$24,643,751.70	25,706,397.00	\$0.958662223
Día de menor generación hidroeléctrica a 2020	Friday, September 4, 2020	\$102,744,047.48	\$109,124,075.01	\$6,380,027.53	9,339,258.00	\$0.68314073

Estimado del valor medio de oportunidad del agua para el SENI durante 2020 (DOP/M³): \$0.82090

Durante el año 2020 una unidad de metro cubico de agua implico un ahorro al mercado eléctrico, esto es, un estimado del valor de oportunidad por metro cubico de \$0.82090DOP.

La importancia de este valor radica en que con él se puede palpar de manera detallada el impacto que tiene la actividad de generación hidroeléctrica en la economía de la República Dominicana. Más que una cantidad de dinero, este valor representa el costo de recurrir a otras centrales de generación por el hecho de no poder contar con agua.

3.4 Valor del agua para EGEHID

Puntualizaciones generales sobre los indicadores utilizados

A continuación, se busca demostrar el valor que tiene el agua para la venta de energía eléctrica de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana, mediante el empleo de los valores mensuales de Generación Ejecutada por EGEHID durante 2020; Inyección de energía de EGEHID y contratos durante 2020; Transferencias de energía al Mercado Spot por EGEHID durante 2020. Téngase en cuenta que el renglón de “Generación Ejecutada EGEHID durante 2020 (MWh)” corresponde a la energía producida directamente por las maquinas. Este no se refiere a la energía inyectada al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado por la empresa. Se hace de esta forma para obtener un estimado del volumen de agua requerida para que EGEHID incremente en 1MWh su producción de energía en sus generadores desestimando el consumo interno que puedan tener sus centrales, debido a que la eficiencia en las unidades generadoras de la empresa podría variar con más facilidad que la eficiencia de las máquinas y volviéndose de esta forma un indicador más volátil.

Cabe destacar que los indicadores aquí expuestos sirven de fundamento para la simulación del despacho económico de la sección 3.4 de este documento.

Procedimiento aplicado

$$PVMPe = \frac{1,000,000 \times (\sum_1^{12} TE_{EYC} + \sum_1^{12} TE_{SOPT})}{\sum_1^{12} GE} \quad (36)$$

$$A1MW = \frac{TAT}{\sum_1^{12} GE} \quad (37)$$

$$VMA = \frac{PVMPe}{A1MW} \quad (38)$$

Donde:

$A1MW$ = Agua requerida para EGEHID producir 1MWh durante 2020 (M^3/MW)

$PVMPe$ = Precio de venta medio de 1 MWh de EGEHID durante 2020 (DOP/MWh)

TE_{Eyc} = Inyeccion de energia de EGEHID y contratos durante 2020 $(MM DOP)$

TE_{SOPT} = Transferencias de energía al Mercado Spot por EGEHID 2020 $(MM DOP)$

GE = Generacion Ejecutada en EGEHID durante 2020 (MWh)

TAT = Total de volumen de agua turbinada por EGEHID durante 2020 (M^3)

VMA = Valor medio del agua para EGEHID durante 2020 (DOP/M^3)

Tabla 6 – Referencia cruzada de generación y transferencias energéticas EGEHID 2020

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total 2020
Generación Ejecutada EGEHID durante 2020 (MWh)	104,149.38	90,311.49	138,339.92	94,610.93	89,650.55	88,003.14	91,132.96	107,557.87	104,855.81	113,224.56	126,692.91	114,766.23	1,263,295.75
Inyección de energía de EGEHID y contratos durante 2020 (MM DOP)	406.97	401.72	552.70	361.58	196.49	293.16	372.90	564.47	639.50	407.04	351.06	288.81	4,836.42
Transferencias de energía al Mercado Spot por EGEHID durante 2020 (GWh)	3.67	2.95	3.43	1.96	2.82	2.41	1.63	2.31	3.58	4.35	3.79	4.72	37.62
Transferencias de energía al Mercado SPOT por EGEHID durante 2020 (MM DOP)	12.52	11.04	7.42	5.20	2.86	3.03	1.88	4.55	11.18	9.82	7.12	8.12	84.73

Precio de venta medio de 1MWh de EGEHID durante 2020 (DOP/MWh) \$3,895.49

Agua requerida para EGEHID producir 1MWh durante 2020 (M³/MW) 3,899

Total de agua turbinada por EGEHID durante 2020 (M³) 4,925,558,085

Valor medio del agua para EGEHID 2020 (DOP/M³) \$0.99911

3.5 Comparación de sistema hidrotérmico con y sin agua valorizada utilizando GAMS

Consideraciones generales sobre la herramienta utilizada

Para la simulación de un caso de despacho de un sistema eléctrico se utilizó el software “GAMS”. Este programa es utilizado por empresas, universidades y gobiernos en muchas áreas diferentes, incluidas la industria energética, para modelos económicos, planificación agrícola o fabricación. [24]

Descripción del modelo utilizado

Se adaptó un modelo de despacho basado en el “*Hydrothermal Scheduling Problem*” disponible públicamente [25], que emula el ejemplo 7B del libro de la referencia [26].

El modelo adaptado con fines didácticos, compuesto de 5 generadores nombrados “Alpha”, “Bravo”, “Charlie”, “Echo”, más un hidro generador llamado “Hydro”, enmarcados en un programa de despacho de carga de 6 períodos de 4 horas cada uno, a lo largo de 24 horas. Los parámetros de las unidades generadoras se establecieron según la siguiente tabla:

Tabla 7 – Demanda programada por periodo

	Energía entregada por período (MWh)					
	1	2	3	4	5	6
Centrales						
Alpha	153.1474	413.2664	475.0000	328.8964	103.0036	95.0000
Bravo	530.0000	530.0000	530.0000	530.0000	530.0000	335.8509
Charlie	113.7500	113.7500	295.3678	113.7500	113.7500	113.7500
Hydro	410.0000	410.0000	410.0000	410.0000	410.0000	410.0000
Echo	0.0000	41.5483	100.0000	0.1999	0.0000	0.0000
Demanda + Perdidas	1,206.8974	1,508.5647	1,810.3678	1,382.8463	1,156.7536	954.6009

Descripción del sistema eléctrico simulado

Las ecuaciones de despacho de las maquinas generadoras por lo general varían en función de los años que tienen en funcionamiento y las condiciones generales de mantenimiento. La ecuación de despacho característica de cierta unidad que tiene 20 años operando no será la misma que la que tuvo pocos días después de su puesta en marcha por primera vez.

No existe, ni ha existido y muy probablemente no existirá un sistema que sea 100% eficiente, donde la entrada sea exactamente igual a la salida y las líneas de transmisión no son la excepción. El factor nodal es un indicador que muestra que cada máquina del sistema eléctrico tiene que generar cierta cantidad de energía en exceso a la energía que se desea inyectar en la barra de referencia, con los fines de cubrir la demanda que se desea suplir en la barra de referencia más las pérdidas de transmisión.

Para los efectos de las simulaciones ejecutadas aquí, a cada unidad generadora se le asignó un factor nodal y una ecuación de despacho que buscan equilibrar de alguna forma las situaciones de cada generador y no otorgar ventaja a ninguno en específico. Por ejemplo, normalmente en los sistemas eléctricos las centrales hidroeléctricas brillan por sus bajos costos de producción, pero suelen situarse bastante distantes de las barras de

referencia, por lo que incurren en pérdidas de transmisión más significativas comparadas a otras máquinas. Sin embargo, las centrales de Fuel Oil #2 tienen costos operativos altos, pero ocupan poca área de terreno, condición que la hace ideal para establecer en ciudades, cercanas a la barra de referencia y un factor nodal próximo a la unidad.

El código utilizado en el GAMS para las simulaciones ejecuta un despacho al mínimo costo considerando las siguientes características del sistema:

Tabla 8 – Restricciones y costos de centrales generadoras

Central	Combustible [56]	Costo fuente de energía (USD/MBtu)	Capacidad (MW)	1-Factor Nodal
Alpha	LNG	\$14.71	95 ≤ P _A ≤ 475	0.0000112
Bravo	Coal	\$10.18	132.5 ≤ P _B ≤ 530	0.0000127
Charlie	Firewood	\$13.89	113.75 ≤ P _C ≤ 325	0.0000149
Hydro	Agua valorizada	\$8.81	0 ≤ P _H ≤ 410	0.0000171
	Agua no valorizada	\$6.52		
Echo	Fuel Oil #2	\$19.73	0 ≤ P _E ≤ 100	0.0000099

Las ecuaciones de despacho de las unidades generadoras no hidráulicas:

$$USD/MWh_{Alpha} = 14.71 \times (305 + 3Alpha(t) + 0.0005 \times (Alpha(t))^2 \quad (39)$$

$$USD/MWh_{Bravo} = 10.18 \times (325 + 3.2Bravo(t) + 0.0007 \times (Bravo(t))^2 \quad (40)$$

$$USD/MWh_{Charlie} = 13.89 \times (350 + 3.5Charlie(t) + 0.0001 \times (Charlie(t))^2 \quad (41)$$

$$USD/MWh_{Echo} = 8.81 \times (200 + 2Echo(t) + 0.0008 \times (Echo(t))^2 \quad (42)$$

La demanda por hora quedó como sigue:

Tabla 9 – Demanda programada por hora

Período	Rango horario	Demanda (MWh)
1	00:00 - 04:00	1,200
2	04:00 - 08:00	1,500
3	08:00 - 12:00	1,800
4	12:00 - 16:00	1,375
5	16:00 - 20:00	1,150
6	20:00 - 23:59	950

Descripción de la unidad hidroeléctrica del sistema simulado

Las características aplicables a Hydro se establecieron de la siguiente forma:

$$USD/MWh_{Hydro} = Z \times (200 + 2Hydro(t) + 0.0015 \times (Hydro(t))^2) \quad (43)$$

Donde Z es el costo de generación en USD/MWh detallado en la tabla

$$descarga(t) = 330 + 4.97 \times Hydro(t) \quad (44)$$

$$Capacidad\ maxima\ de\ embalse = 120,000\ (acre - ft^2)$$

$$Capacidad\ minima\ de\ embalse = 1,000\ (acre - ft^2)$$

Escenario sin considerar el valor del agua

En la primera corrida del código, se le asigna un valor económico de los costos de hidro por \$6.5201USD/MBtu, valor que se detalla como sigue:

$$\text{Valor ecologico del agua (DOP/M}^3\text{)} = \$0.00$$

$$\text{Descuento por baja contaminacion Hydro} = 85\%$$

$$(A) \quad \text{Valor del agua para Hydro (DOP/MWh)} = \$0.00$$

$$(B) \quad \text{Costos de Hydro (DOP/MWh)} = \$1,298.50$$

$$(C) \quad \text{Agua necesaria para producir 1MWh (M}^3\text{)} = 3,899$$

$$\text{Costo de 1MWh de Hydro (DOP/MWh)} = \$1,298.50 (A \times B + C) \quad (45)$$

$$(D) [57] \quad \text{MBtu en 1MWh} = 3.4121$$

$$\text{Costo de 1MBtu (DOP/MBtu)} = \$380.56 (A \times B + C)/D \quad (47)$$

$$[17] \quad \text{Tasa del dolar 1/1/2020 (DOP/USD)} = 58.3664$$

$$\text{Costo de 1MBtu en Hydro (USD/MBtu)} = \$6.5201$$

El resultado obtenido de esta simulación fue que en ese escenario se tuvo un costo total de generación de \$26,755,560.00USD.

Escenario considerando el valor del agua

En la segunda corrida, se le asigna un valor económico del agua de \$8.8119USD/MBtu, valor que se detalla como sigue:

$$\text{Valor ecologico del agua (DOP/M}^3\text{)} = \$0.7804$$

$$\text{Descuento por baja contaminacion Hydro} = 85\%$$

$$(A) \quad \text{Valor del agua para Hydro (DOP/MWh)} = \$0.12$$

$$(B) \quad \text{Costos de Hydro (DOP/MWh)} = \$1,298.50$$

$$(C) \quad \text{Agua necesaria para producir 1MWh (M}^3\text{)} = 3,899$$

$$\text{Costo de 1MWh de Hydro (DOP/MWh)} = \$1,748.83 (A \times B + C) \quad (48)$$

$$(D) [57] \quad MBtu \text{ en } 1MWh = 3.4121$$

$$Costo \text{ de } 1MBtu (DOP/MBtu) = \$512.54 (A \times B + C)/D \quad (49)$$

$$[17] \quad Tasa \text{ del dolar } 1/1/2020 (DOP/USD) = 58.3664$$

$$Costo \text{ de } 1MBtu \text{ en Hydro } (USD/MBtu) = \$8.8119$$

El resultado obtenido fue que ese escenario presentó un costo total de generación de \$27,781,255.00USD.

La generación térmica en función del orden de centrales y potencia de despacho no presentó variación, por lo que la central hidráulica tampoco. La hidro generadora continuó su despacho al 100% aún se pasó de pagar \$0.00DOP por volumen de agua a \$0.7804DOP.

En ambos escenarios se turbinó un volumen de agua de 32,655,642M³.

Código utilizado para las simulaciones

```
$title Hydrothermal Scheduling Problem (HYDRO,SEQ=167)
Set
  tt      'periods (12 hours long)' / 0, 1*6 /
  t(tt)   'periods (12 hours long)' / 1*6 /;

Parameter load 'mw load for the t-th period' /
  1 1200,
  2 1500,
  3 1800,
  4 1375,
  5 1150,
  6 950 /;

Scalar
  AlphaLoss 'Loss coefficient for Alpha power plant' / 0.0000112 /
  BravoLoss 'Loss coefficient for Bravo power plant' / 0.0000127 /
  CharlieLoss 'Loss coefficient for Charlie power plant' / 0.0000149 /
  losscof 'Loss coefficient for hydro generation' / 0.0000171 /
  EchoLoss 'Loss coefficient for Echo generation' / 0.0000099 /
  n 'number of hours in each period' / 12.0 /;

Variable
  Alpha(t) 'Output from the Alpha power plant (MW)'
  Bravo(t) 'Output from the Bravo power plant (MW)'
  Charlie(t) 'Output from the Charlie power plant (MW)'
  hydro(t) 'Output from the hydro power plant (MW)'
  Echo(t) 'Output from the Echo power plant (MW)'
  loss(t) 'total loss (MW)'
  q(tt) 'Hydro generator water flow rate in acre-ft per hour'
  v(tt) 'Reservoir storage volume at the end of t'
  cost 'Total generation system cost';

Positive Variable thermal, hydro, loss, q, v;

v.fx(tt)$(ord(tt) = 1) = 100e3;
v.up(t) = 120e3 ;
v.lo(t) = 1e3 ;
hydro.up(t) = 410.0 ;
Alpha.up(t) = 475.0 ;
```

```

Alpha.lo(t)    = 95.0 ;
Bravo.up(t)    = 530.0 ;
Bravo.lo(t)    = 132.5 ;
Charlie.up(t)  = 325.0 ;
Charlie.lo(t)  = 113.75;
Echo.up(t)     = 100.0 ;
Echo.lo(t)     = 0.0 ;

```

Equation

```

costfn          'Total generation cost calculation'
demcons(t)      'demand plus loss that must be met from hydro and thermal'
flow(tt)        'hydraulic continuity equation'
losseq(t)       'loss calculated'
dischar(t)      'calculation of hydro discharge';

costfn..        cost =e= (14.71*n*card(t)*sum(t, 305 + 3*Alpha(t) + 0.0005*sqr(Alpha(t)))) +
                      (10.18*n*card(t)*sum(t, 325 + 3.2*Bravo(t) + 0.0007*sqr(Bravo(t)))) +
                      (13.89*n*card(t)*sum(t, 350 + 3.5*Charlie(t) + 0.0010*sqr(Charlie(t)))) +
                      ( 6.52*n*card(t)*sum(t, 200 + 2*hydro(t) + 0.0001*sqr(hydro(t)))) +
                      (19.73*n*card(t)*sum(t, 190 + 2.5*Echo(t) + 0.0008*sqr(Echo(t))));

losseq(t)..     loss(t) =e= AlphaLoss*power(Alpha(t),2) +
                      BravoLoss*power(Bravo(t),2) +
                      CharlieLoss*power(Charlie(t),2) +
                      losscof*power(hydro(t),2) +
                      EchoLoss*power(Echo(t),2);

demcons(t)..    Alpha(t) + Bravo(t) + Charlie(t) + hydro(t) + Echo(t) =g= load(t) + loss(t);

flow(tt-1)..    v(tt) =e= v(tt-1) + (2000 - q(tt))*n;

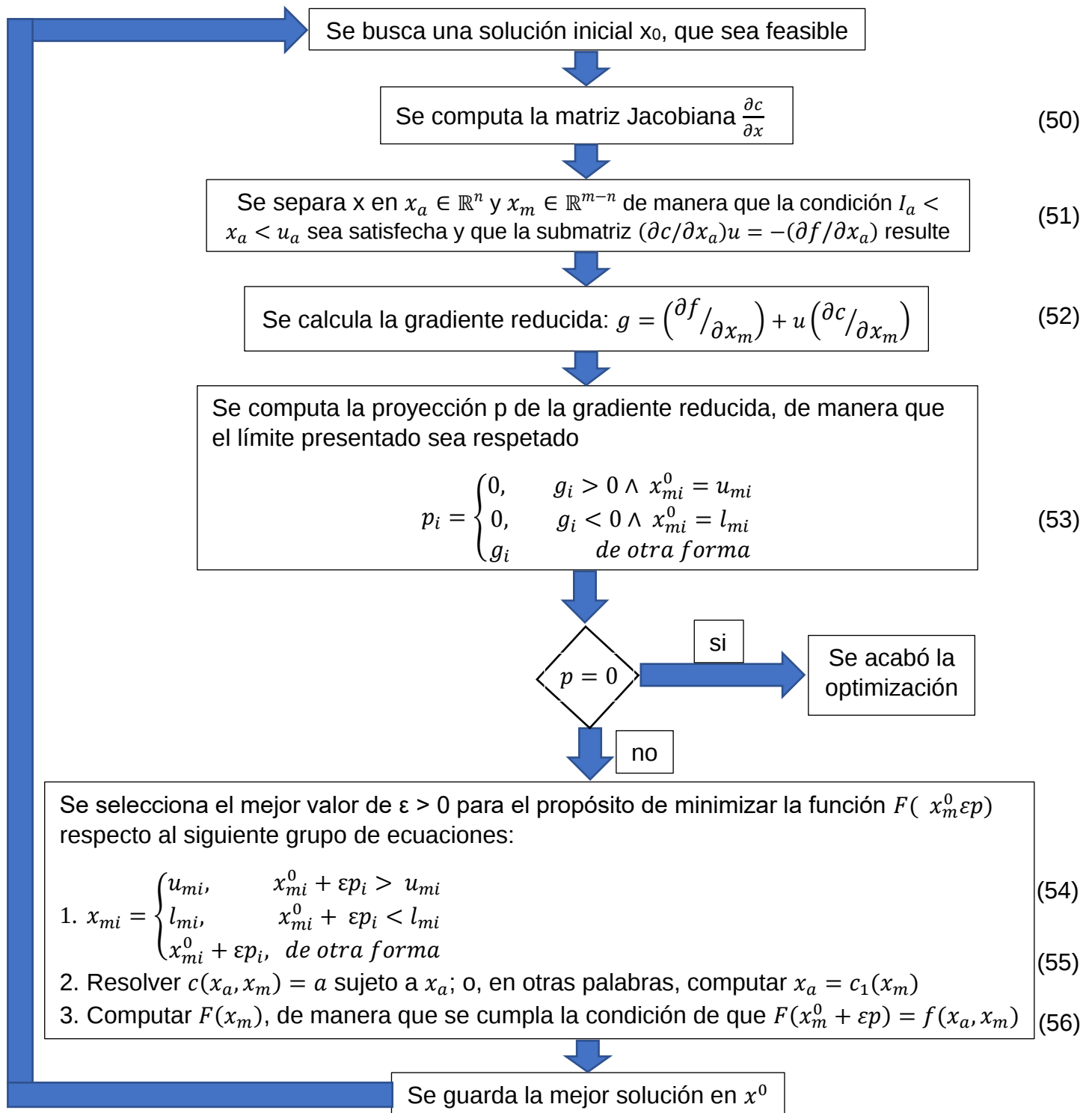
dischar(t)..    q(t) =e= 330 + 4.97*hydro(t);

Model hydther / all /;

solve hydther using nlp minimizing cost

```

El área neurálgica de funcionamiento del código anterior (segmento “`solve ... using nlp`”) funciona consolidando bajo etiqueta todas las ecuaciones y sus constantes relacionadas en un solo modelo. Posteriormente se pre-procesa un modelo con términos generales del tipo “*NonLinear Program NLP*”, que involucran solo funciones lineales y cuadráticas pudiendo estas ser del tipo exponencial, logarítmica a base 10, recíprocas, pero no variables discretas, para luego encontrar solución mediante el algoritmo “*solver*” CONOPT. A continuación, el flujograma utilizado por GAMS para el CONPOT [58]:



CAPÍTULO IV RESULTADOS

El valor económico ecológico del agua es un valor que busca internalizar los costos ambientales que están relacionados directamente con la capacidad de los bosques de captar agua, así como las labores de cuidado de las cuencas hidrológicas.

Para establecer este valor se considera el costo de oportunidad que tiene dedicar cierta área a bosques y no explotarla comercialmente mediante la ganadería o la agricultura. No se toma en cuenta el valor comercial inmobiliario, puesto que las tierras con vocación boscosa no quedan destinadas exclusivamente a esos fines, sino que un área de terreno con vocación de bosque puede perfectamente alojar una industria hotelera, cultivo de orquídeas entre otras actividades económicas compatibles.

Este valor es expresado en DOP/M³ y recoge el costo de oportunidad de área boscosa considerando las actividades económicas a la que se dedica. El valor económico ecológico depende indirectamente de las actividades económicas de rubros principales de agricultura y ganadería considerando la rentabilidad asociada.

Económicamente no es que sea muy viable invertir en preservación de cierto bien más que el valor que tiene. Este valor internaliza las inversiones iniciales que son precisas para la preservación de la masa boscosa dominicana. Esta es vital para mantener el flujo del agua en los ríos debido a que de ella depende la captación de aguas.

\$0.7804DOP/M³

Este valor se estimó en \$0.7804DOP/M³ o su equivalente en \$0.01342599USD/M³ si se considera una tasa de \$58.124DOP/USD.

Este valor puede variar en el tiempo por diversos factores entre los que se incluyen, pero no se limitan a Índice de Precios al Consumidor, Volatilidad del Dólar Americano, régimen de importaciones de productos agrícolas producidos localmente, eventos de plagas de cultivos, entre otros que inciden en los márgenes y volúmenes de ventas estudiados en la sección 3.1 de este trabajo.

Esta propuesta integra la necesidad de incorporar la fidelidad al principio jurídico de “Quien contamina paga”. Si bien es cierto que existen diversas actividades económicas que involucran el agua de los ríos en República Dominicana, no es menos cierto que no todas contaminan en la misma magnitud, para reconocer este aspecto se incluyó una tabla de descuento al valor económico ecológico a aquellas aplicaciones cuyas características físico-químicas de las aguas de salida pueden ser utilizadas sin mayores inconvenientes por otros procesos, cual es el caso de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana.

Por cuanto, el descuento del:

85.0%

al valor económico ecológico del agua, cada metro cubico se aplicaría como se detalla:

$$\$0.7804 \text{ } DOP / M^3 \times (1 - 0.85) = \$0.1171 \text{ } DOP / M^3 \quad (57)$$

Por cuanto el uso del agua para fines de hidro generación de la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana se fija en:

\$0.1171DOP/M³

Es necesario hacer notar que este sería el escenario esperado para una central hidroeléctrica de pasada. Para una central hidroeléctrica de embalse es prudente efectuar los análisis del agua pre y post central, ya que si el

embalse no se draga este acumula solidos que fomentan la reproducción de algas y otras formas causando contaminación.

El valor de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista Dominicano recoge por unidad de volumen el costo económico de oportunidad que significa prescindir de toda la energía producida en las centrales hidroeléctricas por cualquier motivo. Para ello se tomó en cuenta los promediados de los costos operativos del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de los días de máxima y mínima producción hidroeléctrica del año 2020 y se cruzó con una simulación en escenario realista de esos días considerando la ausencia total de generación hidroeléctrica.

Se estableció que el costo de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista dominicano fue de:

\$0.82090DOP/M³

El valor de agua por metro cubico para la Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID se investigó para usar de soporte en la simulación didáctica posterior de este trabajo. Estos son una serie de cuatro valores de relevancia, los cuales se describen continuación:

- El precio de venta medio de 1MWh de EGEHID durante 2020 fue de alrededor de:

\$3,895.49DOP/MWh

- El promedio del agua requerida para EGEHID incrementar la producción energética en 1MWh durante 2020 fue de:

3,899M³

- El valor medio del agua para EGEHID durante 2020 fue de:

\$0.99911DOP/M³

Finalmente, se ejecutaron dos simulaciones. Una primera simulación donde se hace una corrida del sistema propuesto donde se asume cero costos por metro cubico del agua, donde se tuvo un costo total de generación de \$26,755,560.00USD. Luego se ejecutó una segunda simulación donde se fijó un precio del agua de 0.7804DOP/M³ y bajo ese escenario se tuvo un costo total de generación de \$27,781,255.00USD. No hubo desplazamiento de unidades en el orden de mérito. En ambos escenarios se turbinó un volumen de agua de 32,655,642M³.

Para una diferencia de **\$1,025,695.00USD** o un **3.69%** en el costo de operación del sistema con valor del agua y sin valor del agua.

CAPÍTULO V DISCUSIÓN

Es preciso en pleno siglo XXI que en la Republica Dominicana se remunere los servicios ambientales que mantienen el flujo de agua de los ríos. Sin embargo, bajo el contexto socioeconómico e histórico de la Republica Dominicana no es posible aplicar un costo económico frio y rígido a las aguas de una vez y por todas sin pagar las consecuencias de encarecimiento de las actividades económicas relacionadas.

Es necesario comenzar dando los primeros pasos que conlleven a una gestión seria de la masa boscosa dominicana, que es lo que en este trabajo de investigación se propone, inicialmente valorar de manera cuidadosa pero justa el servicio ambiental de captación de aguas, para conseguir los fondos necesarios para una correcta gestión de los bosques dominicanos, con miras a futuro de garantizar eficientemente la captación de aguas en territorio dominicano a través de la unificación de equipos multidisciplinarios dedicados.

Lamentablemente los bosques no son una máquina expendedora de agua a la que se le deposita dinero en efectivo y esta retorna agua a cambio. Como bien se expuso en el Capítulo I, es mucho más complejo, si los bosques fueran una máquina expendedora este trabajo no tendría razón de ser.

Para el valor económico ecológico del agua, se persiguió internalizar los costos ambientales relacionados a la capacidad de los bosques de captar agua. Para establecer este valor se consideró el costo de oportunidad que tiene dedicar cierta área a bosque y no explotarla comercialmente mediante la ganadería o la agricultura. No se toma en cuenta el valor comercial inmobiliario, debido a que lo que se busca es una gestión de los bosques, no el finiquito de la presencia humana en los bosques. Existen actividades económicas que con una gestión ambiental responsable pueden desarrollarse en armonía con los bosques. El conuquismo, en cambio, es una actividad

bastante agresiva a los bosques dominicanos y es mayormente ejercida por campesinos que consiste en desmontar el bosque para explotar las tierras mediante sembradíos, ya sea con fines comerciales o simplemente para autoconsumo familiar. En los cálculos de la internalización del valor económico ecológico del agua no se consideraron actividades ilegales de ninguna índole tales como la tala de árboles del bosque para producir carbón, sembradíos ilegales, etc.

Sin embargo, no es suficiente con establecer un valor de captación del agua, no es justo que una empresa con bajo impacto ambiental en el ecosistema de un río determinado pague el mismo precio por el agua que utiliza otra empresa con una gran huella de contaminación en el mismo río. Hace falta incentivar a través de un premio las actividades económicas más amigables con el bioma (o desincentivar mediante una penalidad a las más contaminantes). Debido al contexto socioeconómico y sociohistórico dominicano, se decidió la vía del premio a las actividades económicas más amigables con el bioma a través de un descuento, para así impulsar a otras actividades a ser amigables con el ecosistema de los ríos.

El costo de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista es de suma trascendencia y debe de impulsar las acciones para la correcta toma de decisiones. Este trabajo sostiene que en la medida que implemente una gestión eficiente y eficaz de los bosques dominicanos este número será cada vez mayor, es decir, mientras más agua disponible para turbinar se tenga, más importante se volverá la generación hidroeléctrica para el sistema eléctrico dominicano y más generación costosa se desplazará en el mercado eléctrico a largo plazo, por cuanto la matriz de generación dependería cada vez menos de los combustibles importados.

Los resultados obtenidos de las simulaciones muestran que la generación térmica en función del orden de centrales y potencia de despacho no presentó variación, por lo que la central hidráulica tampoco. La hidro generadora

continuó su despacho al 100%, aún se pasó de pagar \$0.00DOP por volumen de agua a \$0.7804DOP.

El primer caso de simulación presentó un costo total del sistema de \$26,755,560.00USD, mientras en el segundo caso el sistema costó \$27,781,255.00USD, para un incremento de solo \$1,025,695.00USD o un 3.69%. Si bien es cierto que el costo operativo del sistema se encareció, no es menos cierto que este no fue desproporcionado y que las hidroeléctricas continuaron siendo las centrales de generación con el menor costo considerando el escenario donde se tomaron en cuenta precios de combustibles realistas, lo que deja dicho que la diferencia de costos no fue lo suficientemente significativa como para hacer redistribuir las cargas en las centrales del sistema.

CONCLUSIONES

Históricamente la protección y el cuidado de los bosques de la República Dominicana no ha sido la más adecuada y se ha podido apreciar a lo largo de la historia que el efecto de sequedad de los ciclos bianuales naturales de tiempos secos y húmedos se ha ido acentuando de forma cada vez más acentuada. Si el país continúa por el camino que recorre en relación con la gestión de la masa boscosa, se corre el riesgo de que el ciclo del agua se valla abriendo cada vez más según se incremente la agresión a los bosques y tenga periodos anualizados cada vez más secos, perjudicando así las actividades de generación hidroeléctricas, industriales y humanas que en general dependen del agua.

El costo de oportunidad del agua para el Mercado Eléctrico Mayorista constituye en una advertencia implícita de lo que a la Republica Dominicana le espera económicamente en el largo plazo, si en el corto plazo no se toman las acciones correspondientes que ameritan con el fin de prestarle atención a la apertura del ciclo del agua. Sencillamente las centrales de generación hidráulicas tendrán cada vez menos agua que turbinar, lo que reducirá la oferta energética de las hidroeléctricas y finalmente encareciendo los costos de generación del sistema eléctrico de un país en vías de desarrollo.

Los resultados de las simulaciones indican que esta propuesta efectivamente posee el potencial de representar un paso inicial para el comienzo de la remuneración por servicios ambientales en República Dominicana.

Ese hecho queda demostrado en los resultados de las simulaciones, el sistema tuvo un incremento del costo inferior al 3.7%, por tanto, se puede apreciar que esta propuesta no implica un encarecimiento del costo del sistema eléctrico de una manera desbordada y de aplicarse puede

efectivamente proporcionar los fondos económicos que se requieren para iniciar una gestión responsable de los servicios ambientales, con el objetivo principal de mantener el ciclo del agua.

RECOMENDACIONES

Se propone la creación de 6 entidades no gubernamentales, sin fines de lucro, independientes, con un consejo de dirección unificado y que tengan por objetivo:

- La acción de vigilancia de la zona boscosa nacional,
- La gestión ambiental de las 6 principales cuencas de la Republica Dominicana (Yaque del Norte, Yaque del Sur, Rio Yuna, Rio Boba, Rio Nizao y Lago Enriquillo),
- La ejecución de las mediciones que establecen los 5 indicadores de contaminación especificados en la sección 3.2, así como la aplicación del descuento, y
- La optimización, así como la ubicación y administración de la masa boscosa, con el fin principal de garantizar el flujo del agua en los ríos en el largo plazo.
- La financiación y supervisión de las actividades de reforestación de zonas boscosas a nivel nacional.

Estas entidades estarían financiadas por el pago del valor económico ecológico del agua que cada usuario directo de las aguas de los principales ríos dominicanos. La acción protectora quedará a cargo de los organismos de seguridad del estado que sean designados para tales fines de manera exclusiva.

En conjunto queda pendiente para otras investigaciones:

- Las bases legales de los métodos de cobro que las 6 entidades pueden ejercer sobre los usuarios directos del agua de los ríos.

- Los indicadores de gestión exitosa del área ecológica de cada entidad, así como los mecanismos que promuevan recompensar las mejores gestiones.
- Indicadores de largo plazo destinados a medir la apertura del ciclo del agua en la Republica Dominicana, como relacionar este indicador con la gestión de las 6 entidades y con el crecimiento de la oferta hidrológica de la Republica Dominicana.
- El desarrollo de un factor aplicado al valor económico ecológico del agua especificado en la sección 3.1, que permita a las 6 entidades cobrar los montos justos y necesarios para operar eficientemente al mínimo costo, para evitar un encarecimiento innecesario del agua en caso de que la agricultura y la ganadería experimenten rentabilidades y volúmenes de operación económicos no previstos.

Resulta de interés para futuras investigaciones considerar, más que un pago total por el valor económico ecológico del agua, una penalización a aquellas actividades que emplean usos del agua de los ríos cuyas aguas residuales no pueden ser utilizadas en aplicaciones posteriores.

Es sumamente importante que en la Republica Dominicana se ejecute una investigación que cuente con el más alto rigor científico para determinar el porcentaje de la masa boscosa que se dedica al servicio ambiental de captación de aguas y el porcentaje de los bosques que se dedica a otros servicios como la conversión del oxígeno, regulación de temperatura, embellecimiento, entre otros.

ANEXOS

Autorización de EGEHID para realización de trabajo final



SOLICITUD Y AUTORIZACIÓN EMPRESARIAL PARA REALIZACIÓN DE TRABAJO FINAL Y/O MONOGRAFICO

Yo, Javier Martínez Sosa, cédula [REDACTED],
matrícula de la Universidad APEC 2010-1680, estudiante de término del programa de
Maestría en Ingeniería Eléctrica Mención Potencia, cursando la asignatura de Trabajo final y/o
Monográfico, solicita la autorización del Empresa de Generación Hidroeléctrica Dominicana EGEHID
(Nombre de la empresa que autoriza)

para realizar mi trabajo final sobre:

"Análisis del Valor Económico del Agua con Aplicación en el SENI de República Dominicana"

(Título del Trabajo final y/o Monográfico,)

y acceder a las informaciones que precisaré para este fin.

Este trabajo tiene por objetivo aportar en Establecer el valor económico - ecológico del agua para fines de generación en el SENI

Jas MS
(Firma del estudiante)

Yo, Ing. Ernesto A. Caamaño de los Santos

(Nombre de quien autoriza en la empresa)

Dirección de comercialización

(Cargo que ocupa)

cédula [REDACTED] autoriza a realizar el Trabajo final y/o Monográfico, arriba señalado y que el mismo podrá:

☐ Utilizar el nombre de la empresa

☒ Utilizar un pseudónimo en caso necesario

☒ Ser expuesto ante compañeros, profesores y personal de la Universidad APEC

☐ Ser incluido dentro del acervo de la Biblioteca de UNAPEC

☒ Aplicarlo en el área correspondiente dentro de la empresa si responde a las necesidades diagnosticadas.

[Firma]
(Firma de quien autoriza y sello de la empresa)



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)

Autorización del Organismo Coordinador para realización de trabajo final



SOLICITUD Y AUTORIZACIÓN EMPRESARIAL PARA REALIZACIÓN DE TRABAJO FINAL Y/O MONOGRAFICO

Yo, Javier Martínez Sosa, cédula [REDACTED],
matrícula de la Universidad APEC 2010-1680, estudiante de término del programa de
Maestría en Ingeniería Eléctrica Mención Potencia, cursando la asignatura de Trabajo final y/o
Monográfico, solicita la autorización del Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado
(Nombre de la empresa que autoriza)

para realizar mi trabajo final sobre:

"Análisis del Valor Económico del Agua con Aplicación en el SENI de República Dominicana"

(Título del Trabajo final y/o Monográfico,)

y acceder a las informaciones que precisaré para este fin.

Este trabajo tiene por objetivo aportar en Establecer el valor económico de oportunidad del agua para fines de generación en el SENI

Jar MS
(Firma del estudiante)

Yo, MINUEL LÓPEZ SAN PABLO
(Nombre de quien autoriza en la empresa)

Gerente General
(Cargo que ocupa)

cédula [REDACTED] autoriza a realizar el Trabajo final y/o Monográfico, arriba señalado y que el mismo podrá:

- ☒ Utilizar el nombre de la empresa ☐ Utilizar un pseudónimo en caso necesario
- ☐ Ser expuesto ante compañeros, profesores y personal de la Universidad APEC
- ☒ Ser incluido dentro del acervo de la Biblioteca de UNAPEC
- ☒ Aplicarlo en el área correspondiente dentro de la empresa si responde a las necesidades diagnosticadas.

[Signature]
(Firma de quien autoriza y sello de la empresa)



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)

Autorización del CECACIER para realización de trabajo final



SOLICITUD Y AUTORIZACIÓN EMPRESARIAL PARA REALIZACIÓN DE TRABAJO FINAL Y/O MONOGRAFICO

Yo, Javier Martínez Sosa, cédula [REDACTED],
matrícula de la Universidad APEC 2010-1680, estudiante de término del programa de
Maestría en Ingeniería Eléctrica Mención Potencia, cursando la asignatura de Trabajo final y/o
Monográfico, solicita la autorización de Comité Regional de la CIER para Centro America y el Caribe (CECACIER)
(Nombre de la empresa que autoriza)

para realizar mi trabajo final sobre:

"Análisis del Valor Económico del Agua con Aplicación en el SENI de República Dominicana"

(Título del Trabajo final y/o Monográfico,)

y acceder a las informaciones que precisaré para este fin.

Este trabajo tiene por objetivo aportar en Establecer el valor económico - ecológico del agua para fines de generación en el SENI

(Firma del estudiante)

Yo, José Mario Jara Castro

(Nombre de quien autoriza en la empresa)
Director Ejecutivo

(Cargo que ocupa)

cédula [REDACTED], autoriza a realizar el Trabajo final y/o Monográfico, arriba señalado y que el mismo
podrá:

- ☒ Utilizar el nombre de la empresa ☒ Utilizar un pseudónimo en caso necesario
- ☒ Ser expuesto ante compañeros, profesores y personal de la Universidad APEC
- ☒ Ser incluido dentro del acervo de la Biblioteca de UNAPEC
- ☐ Aplicarlo en el área correspondiente dentro de la empresa si responde a las necesidades diagnosticadas.

(Firma de quien autoriza y sello de la empresa)



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)

Email de recepción de autorización CECACIER

Re: Solicitud de información sobre valorización de recursos hídricos

Larissa Estévez <larissa.estevez@cecacier.org>

Mon 08-Mar-21 7:03 PM

To: Javier G <javier_sosag@live.com>

1 attachments (270 KB)

Autorización CECACIER2.pdf;

Hola Javier,

Lo solicitado.

Saludos cordiales,



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)



Comunicación Recibida

No: OC-2020-000249

Fecha: 21/09/2020 11:39:04AM

Junta de Directores

Ing. Antonio César Alma Iglesias
Presidente

Lic. Álvaro Sousa Sevilla
Vicepresidente

Lic. José De Moya Cuesta
Tesorero

Lic. Robinson Peña Mises
Secretario

Miembros

Lic. Elena Viyella de Paliza
Lic. Manuel A. Martínez Ortega
Lic. Pedro Urrutia Sangiovanni
Lic. María Angélica Haza
Lic. Alejandro Peña Defilló
Lic. Clara Reid de Frankenberg
Lic. Pedro Oller Villalón

Lic. Fernando Langa
Presidente de APEC

Dr. Franklyn Holguín Haché
Rector

18 de septiembre del 2020

Al: Ing. Máximo Domínguez
Gerente Comercial del OC-SENI.

Asunto: Solicitud de información.

Distinguido ingeniero Domínguez:

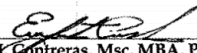
Por este medio le presentamos al ingeniero Javier Martínez Sosa, matrícula 2010-1680, cédula [REDACTED], quien actualmente está cursando la Maestría en Ingeniería Eléctrica con Énfasis en Sistemas Eléctricos de Potencia en nuestra institución de educación superior. El proyecto final de maestría del ingeniero Martínez Sosa está relacionado al *Análisis del Valor Económico-Ecológico de los Recursos Hídricos con Aplicación en el Mercado Eléctrico Mayorista de la República Dominicana*, por lo que agradecemos su apertura de viabilizar el suministro a nuestro estudiante, de informaciones relacionadas a los procedimientos que su institución emplea para los cálculos de: (i) el costo marginal, (ii) las transacciones económicas de energía, y (iii) la compensación por regulación de frecuencia.

Dada que dichas informaciones son relevantes en la actual fase de investigación del proyecto final del ingeniero Martínez Sosa, externamos desde ya nuestro agradecimiento por la receptividad a esta solicitud.

www.unapec.edu.do
Av. Máximo Gómez #72
Teléfono: 809-686-0021
Santo Domingo, R.D.

RNC 401-005107

Atentamente

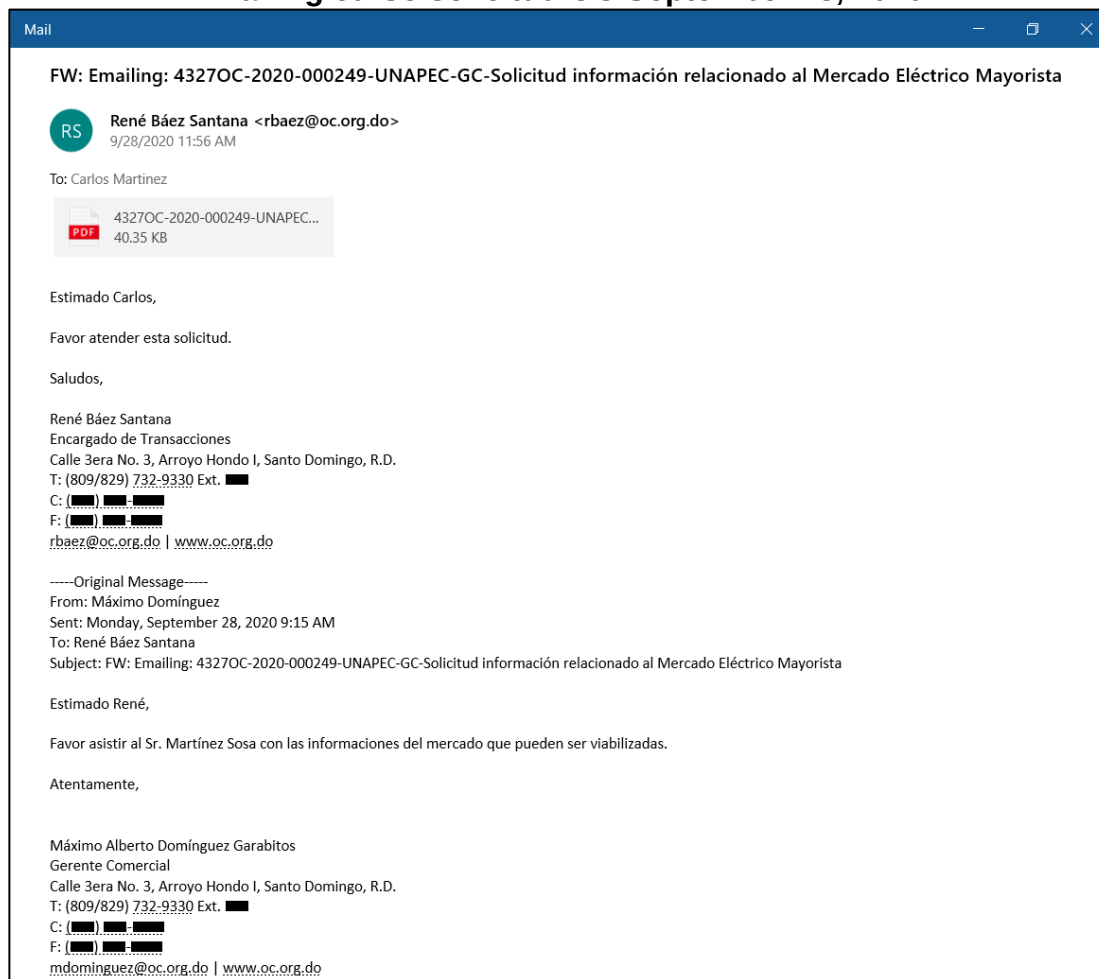

Emilio J. Contreras, Msc, MBA, PM4R®
Coordinador

Maestría en Ingeniería Eléctrica
Énfasis en Sistemas Eléctricos de Potencia
econtreras@adm.unapec.edu.do



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)

Emailing curso solicitud OC September 18, 2020



(Los cuadros en negro contienen información confidencial irrelevante a este trabajo de investigación)

Licencia de uso del software GAMS

“

```
GAMS_Demo_license_for_Javier_Martinez_____G210214|0002CO-GEN
Universidad_Apec,_Dominican_Republic_____
1418102300_**GAMS_Demo_license_restricted_to_non-commercial_use**
188205980C_____
DL032092_____C_DEMO_____
20101680@unapec.edu.do,_Javier_Martinez_____
```

”

Operación de los embalses EGEHID durante el año 2020

Operación de los Embalses

La pluviometría registrada en las cuencas de los embalses, unida al caudal natural de los ríos que alimentan a los mismos, arrojó un volumen total de entrada de **6,531.46 millones de metros cúbicos (MMC)**. Debe destacarse que, para igual período del 2019, se registraron 4,762.21 MMC, lo que refleja un aumento de **37.15% (1,769.25 MMC)**.

EMBALSES	Caudal Entrada Promedio Diario	Volumen Promedio Diario	Volumen total de entrada	Volumen					Volumen Total de Salida por Central
				Salida					
				Turbinado	Acueducto	Compuerta	Vertedero	Desagüe de Fondo	
	(m³/seg)	(m³)		(m³)					(m³)
Tavera I	22.94	1,981,882	723,386,981	410,058,444	0.00	0.00	0.00	0.00	624,063,051
Tavera II				214,004,607		0.00			
Bao				0		126,489,600			
Angostura	23.62	2,040,792	744,889,007	663,498,526	31,536,000	17,856,943	15,507,360.00	0.00	728,398,829
Monción I	13.16	1,137,428	415,161,361	182,798,390	108,548,502	594,731	0.00	4,427,136.00	467,570,089
Monción II				171,201,330					
C. E. Monción I	10.84	936,230	341,723,910	186,899,761	0.00	1,825,920	0.00	0.00	342,532,844
C. E. Monción II				153,807,163					
Rincón	9.93	857,916	313,139,460	241,329,669	66,951,363	0.00	16,561,356.00	1,849,950.00	326,692,338
Hatillo	41.79	3,610,937	1,317,991,936	740,560,426	0.00	20,787,595.00	404,493,984	0.00	1,165,842,005
Rio Blanco I	7.57	654,340	238,834,268	120,277,447	0.00	1,371,764.00	66,018,449	729,250.00	236,466,966
Rio Blanco II				48,070,056					
Valdesia I	15.46	1,336,023	487,648,401	199,294,843	267,485,760	0.00	0.00	0.00	522,483,919
Valdesia II				55,703,316					
Jigüey I	11.54	996,945	363,885,038	197,374,397	0.00	0.00	0.00	0.00	269,811,358
Jigüey II				72,436,961					
Aguacate I	15.44	1,334,088	486,941,952	209,273,481	0.00	56,815,625	2,686,544	0.00	481,473,008
Aguacate II				212,697,358					
Sabana Yegua	18.79	1,623,323	592,512,994	426,085,412	0.00	0	0.00	15,182,528	441,267,940
Sabaneta	7.61	657,894	240,131,138	191,565,059	0.00	0.00	7,624,528.00	28,222,752	227,412,339
Pinalito I	2.42	208,687	76,170,842	35,314,518	0.00	12,647,925.00	24,992.00	0.00	75,196,145
Pinalito II				27,208,709					
Palomino I	5.11	441,449	161,128,725	66,511,998	0.00	3,162,240	16,311,865.00	1,420,738.00	159,985,283
Palomino II				72,578,442					
Las Damas	0.89	76,490	27,918,716	27,007,772	0.00	0.00	910,944.44	0.00	27,918,716
TOTAL			6,531,464,729	4,925,558,085	601,011,225	115,062,743	530,140,022	51,832,354	6,223,604,430

PROGRAMA DIARIO DEFINITIVO DEL VIERNES 13-03-20

[illegible]

Programa de despacho OC March 13, 2020 con hidro (cont.)

[illegible]



ORGANISMO COORDINADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL INTERCONECTADO

PROGRAMA DIARIO DEFINITIVO DEL VIERNES 13-03-20

RESERVA [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWH)	
Potencia No Suministrada																										
Reserva Regulante (RPF + RSF)	129	127	121	114	114	108	105	110	119	123	127	121	118	118	125	133	138	138	141	150	148	144	141	137	3,048.4	
Reserva No Regulante (Reserva Total menos Reserva Regulante)	31	3	34	3	0	57	20	9	10	4	34	70	106	37	133	93	73	22	87	26	26	65	35	46	1,024.3	
Vector reserva	2		5					102				5	75	132	154	138	91	24	62	141	26	66	120	186	265	1,594.4
Reserva Sincronizada (Regulante+No Regulante)	160	129	155	116	114	164	125	118	129	127	162	191	224	155	258	225	211	161	228	177	174	210	176	183	4,072.7	
% Reserva Resultante Sincronizada	7.7%	6.3%	8.0%	6.1%	6.1%	8.9%	6.6%	6.0%	6.2%	6.0%	7.6%	9.0%	10.7%	7.4%	12.0%	10.2%	9.5%	7.2%	10.0%	7.3%	7.3%	9.0%	7.8%	8.3%		
Reserva Fria	170	210	170	170	210	238	306	238	170	170	170	153	153	221	68	40		40	68		40	68	164	232	3,469.7	
% Reserva Fria	8.2%	10.3%	8.7%	9.0%	11.3%	12.9%	16.1%	12.1%	8.1%	8.1%	8.0%	7.2%	7.3%	10.5%	3.1%	1.8%		1.8%	3.0%		1.7%	2.9%	7.2%	10.5%		
%RPF	3.2%	3.2%	3.2%	3.0%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.0%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%	3.2%		
%RSF	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	2.9%	2.6%	2.3%	2.4%	2.7%	2.7%	2.8%	2.5%	2.4%	2.6%	2.8%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%		
COSTO OPERATIVO (RD\$) 100,996,860.53																										
RÉGIMEN ESPECIAL + NUEVAS CENTRALES TÉRMICAS EN PRUEBA	595.8	585.9	579.1	575.5	575.6	588.0	623.7	618.3	651.5	654.2	681.4	689.2	692.2	705.0	713.4	698.4	665.3	648.7	618.8	611.1	623.4	627.0	631.1	638.8	15,291.4	
JUANCHO LOS COCOS 1	2.5	1.3	1.1	1.3	1.5	2.4	3.5	3.4	2.7	2.5	3.1	2.4	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	0.8	1.0	1.6	2.0	2.5	3.2	47.6	
LOS COCOS 2	7.6	4.1	3.6	3.7	4.3	7.1	10.3	10.4	12.5	7.8	9.1	7.2	5.2	4.4	3.8	3.6	3.6	7.2	2.6	3.2	5.4	6.2	7.7	9.5	150.0	
QUILVIO CARRERA	0.6	0.2	0.3	0.3	0.2	0.6	1.1	1.1	0.8	0.6	0.8	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	0.5	0.4	0.2	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	13.2	
PARQUE EOLICO LARIMAR	15.2	11.3	10.5	10.0	10.5	13.8	22.0	18.9	18.5	15.2	16.4	13.2	9.4	8.3	8.9	9.5	8.5	6.8	5.9	7.1	10.5	12.5	15.1	21.5	299.5	
PARQUE EOLICO LARIMAR 2	8.8	5.6	5.0	5.0	5.5	7.9	14.0	11.5	15.8	8.7	9.6	7.7	5.4	4.9	5.0	4.5	3.7	2.9	3.6	5.6	6.7	8.2	11.4	17.2	172.0	
MONTE PLATA SOLAR							0.0	1.9	6.4	11.1	14.5	16.9	17.9	17.4	14.7	11.7	7.7	4.2	0.7						125.1	
SAN PEDRO BIO-ENERGY																										
PARQUE FOTOVOLTAICO MONTECRISTI SOLAR1							0.0	3.6	13.7	24.7	33.4	39.0	41.2	40.3	36.5	30.1	21.6	11.3	2.3						297.6	
PUNTA CATALINA 1	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	339.5	8,148.0	
PUNTA CATALINA 2																										
PARQUE EOLICO GUANILLO	5.7	6.3	6.8	5.8	6.5	10.3	18.9	11.9	7.2	3.3	1.3	2.1	6.6	16.3	27.5	31.3	29.8	29.7	25.2	18.9	22.1	21.3	16.8	13.5	344.9	
PARQUE EOLICO MATAFONGO	3.6	3.5	3.4	3.0	2.8	3.2	2.2	1.8	1.5	1.7	3.9	8.2	11.3	11.9	11.6	9.7	9.5	12.5	12.8	10.5	11.4	13.5	13.4		169.9	
PARQUE EOLICO AGUA CLARA	5.5	6.1	5.8	6.1	7.8	11.0	15.6	10.8	12.2	4.8	1.9	0.7	1.6	6.2	12.2	13.0	12.0	9.2	6.8	7.9	10.8	10.1	10.4	9.9	198.2	
PARQUE FOTOVOLTAICO MATA DE PALMA							0.1	4.9	16.6	28.5		35.7	38.7	38.5	36.1	31.6	24.4	17.9	9.3	1.5					283.6	
PARQUE SOLAR CANOA							0.0	2.1	8.0	14.2	19.2	22.6	24.3	24.1	21.9	17.9	12.5	6.4	1.2						174.4	
PARQUE EOLICO LOS GUZMANCITOS	2.8	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	1.8	1.6	1.2	0.8	0.6	0.8	1.8	2.8	3.9	5.0	5.3	5.1	5.3	5.7	5.9	5.8	5.4	4.9	79.7	
HATILLO 2																										
QUISQUEYA 1 SAN PEDRO GN	49.5	49.5	41.6	43.5	43.5	39.9	43.5	43.5	39.9	43.5	43.5	39.9	39.9	43.5	43.5	39.9	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	49.5	1,077.4	
QUISQUEYA 1B SAN PEDRO GN	14.5	14.5	16.5	16.4	14.5	13.7	13.7	14.5	14.5	14.5	14.5	13.7	13.7	14.5	13.7	13.7	14.5	15.3	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	359.5	
QUISQUEYA 1 GN	140.1	141.0	141.9	138.4	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	136.7	140.7	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	145.4	3,350.7	
DESPECHO TÉRMICO [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWH)	
ITABO 1	120.0	120.0	75.0	75.0	75.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	2,745.0	
ITABO 2	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0	2,880.0	
AES ANDRES	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	286.0	6,864.0	
BARAHONA CARBON	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	51.0	1,224.0	
PARQUE ENERGETICO LOS MINA CC TOTAL	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	303.6	7,286.4	
PARQUE ENERGETICO LOS MINA CC PARCIAL																										
LOS ORIGENES POWER PLANT GAS NATURAL																										
LOS MINA 6																										
ESTRELLA DEL MAR 2 CGN																										
LOS MINA 5																										
ESTRELLA DEL MAR 2 SGN																										
ESTRELLA DEL MAR 2 CFO	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	106.9	2,566.1	
QUISQUEYA 2	116.3	116.3	116.3	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	89.0	90.9	157.6	169.7	166.9	155.9	153.8	153.7	2,643.5	
ESTRELLA DEL MAR 2 SFO																										
MONTE RIO	90.4	75.3	52.8				52.8	52.8	67.9	67.9	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	75.3	90.4	90.4	90.4	90.4	90.4	1,589.0	
SULTANA DEL ESTE																				62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	372.0	
CEPP 2																										
CEPP 1																										
PALENQUE																					24.0	24.0	24.0	24.0	144.0	
BERSAL	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	284.0	
INCA KM22	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	321.6	
PIMENTEL 3	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	883.0	
LA VEGA	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	1,458.0	
PIMENTEL 1	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	20.3	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	18.7	12.4	558.9	
PALAMARA	88.3	89.2	88.3	87.4	88.3	37.1		80.6	87.4	87.4	88.3	82.3	29.5		23.9	44.5	69.2	81.1	26.3	87.4	88.3	54.9			1,409.4	
LOS ORIGENES POWER PLANT FUEL OIL	23.2	23.2									23.2	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	31.5	29.6	43.3	31.9	29.6	29.6	29.6	29.6	438.6	
PIMENTEL 2	20.8																									

Programa de despacho OC March 13, 2020 sin hidro (cont.)

DESPACHO HIDRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWh)	TIPO DE CENTRAL
TAVERA 1																										DE EMBALSE
TAVERA 2																										DE EMBALSE
JIGUEY 1																										DE EMBALSE
JIGUEY 2																										DE EMBALSE
AGUACATE 1																										DE EMBALSE
AGUACATE 2																										DE EMBALSE
VALDESIA 1																										DE EMBALSE
VALDESIA 2																										DE EMBALSE
RIO BLANCO 1																										DE EMBALSE
RIO BLANCO 2																										DE EMBALSE
MONCION 1																										DE EMBALSE
MONCIÓN 2																										DE EMBALSE
LOPEZ ANGOSTURA																										DE PASADA
RINCON																										DE EMBALSE
HATILLO																										DE PASADA
SABANA YEGUA																										DE PASADA
SABANETA																										DE PASADA
LAS DAMAS																										DE PASADA
LOS TOROS 1																										DE PASADA
LOS TOROS 2																										DE PASADA
PINALITO 1																										DE EMBALSE
PINALITO 2																										DE EMBALSE
PALOMINO 1																										DE EMBALSE
PALOMINO 2																										DE EMBALSE
CONTRA EMBALSE MONCION 1																										DE PASADA
CONTRA EMBALSE MONCION 2																										DE PASADA
BAGUAQUE 1																										DE PASADA
BAGUAQUE 2																										DE PASADA
JIMENO A																										DE PASADA
EL SALTO																										DE PASADA
NIZAO NAIAYO																										DE PASADA
LOS ANONES																										DE PASADA
ANIANA VARGAS 1																										DE PASADA
ANIANA VARGAS 2																										DE PASADA
DOMINGO RODRIGUEZ 1																										DE PASADA
DOMINGO RODRIGUEZ 2																										DE PASADA
ROSA JULIA DE LA CRUZ																										DE PASADA
MAGUEYAL 1																										DE PASADA
MAGUEYAL 2																										DE PASADA
LAS BARIAS																										DE PASADA
BRAZO DERECHO																										DE PASADA
																								TOTAL (GWh)		
TOTAL HIDRO																										
TOTAL TÉRMICA	1.481.1	1.455.1	1.371.9	1.320.2	1.285.9	1.257.4	1.279.2	1.353.6	1.435.4	1.441.7	1.444.7	1.433.0	1.403.6	1.403.1	1.443.1	1.504.0	1.560.9	1.581.7	1.658.7	1.801.6	1.764.6	1.700.7	1.637.7	1.563.3	35.6	
TOTAL RÉGIMEN ESPECIAL + NUEVAS CENTRALES TÉRMICAS EN PRUEBA	595.8	585.9	579.1	575.5	575.6	588.0	623.7	618.3	651.5	654.2	681.4	689.2	692.2	705.0	713.4	698.4	665.3	648.7	618.8	611.1	623.4	627.0	631.1	638.8	15.3	
Total Generación	2,076.9	2,041.1	1,950.9	1,895.7	1,861.5	1,845.4	1,902.9	1,972.0	2,086.9	2,096.0	2,126.1	2,122.2	2,095.8	2,108.1	2,156.5	2,202.4	2,226.2	2,230.4	2,277.5	2,412.7	2,388.0	2,327.7	2,268.7	2,202.1	50.9	
PNS sin Deficit Generación																										
PNS por Deficit Generación																										
UNIDAD MARGINAL ESPERADA	GBMETALD	GBPMENZ	GBMETALD	GBMETALD	GBMETALD	GB PALAMA	GBPMENI	GB PALAMA	GBMETALD	GBMETALD	GBMETALD	GB PALAMA	GB PALAMA	GBPMENI	GB PALAMA	GB PALAMA	GB PALAMA	GBLOPFO	GB PALAMA	GBMETALD	GBLOPFO	GB PALAMA	GBPMENI	GBPMENI		
CMG (RD\$/MWh)	5,405.52	5,314.88	5,405.52	5,405.52	5,405.52	5,247.53	5,113.50	5,247.53	5,405.52	5,405.52	5,405.52	5,247.53	5,247.53	5,113.50	5,247.53	5,247.53	5,247.53	5,268.97	5,247.53	5,405.52	5,268.97	5,247.53	5,113.50	4,761.76		
COSTO OPERATIVO (EN MILLONES RD\$)	4.1	4.0	3.7	3.6	3.4	3.1	3.1	3.5	3.9	3.9	3.9	3.9	3.8	3.8	4.1	4.4	4.8	4.9	5.0	5.8	5.6	5.2	4.9	4.5	101.0	
	LEYENDA																									
	SIGNIFICADO DE SOMBRADOS																									
		CENTRAL REQUERIDA POR NECESIDAD DE REACTIVO							SISTEMA AISLADO							INDISPONIBILIDAD DECLARADA POR EL AGENTE RESPONSABLE										
		NO DESPACHADA POR AGOTAR CANTIDAD DE ARRANQUES DECLARADOS / RESOLUCION OC-35-2012							CENTRAL REQUERIDA POR RESTRICCIONES DE RED							CENTRALES PARTICIPANDO EN DESCARGA GAS NATURAL TERMINAL AES ANDRÉS										
		FORZADA POR TIEMPO DE PARADA, TIEMPO MÍNIMO ENTRE PARADA Y ARRANQUE Y TIEMPO DE ARRANQUE							CENTRAL REQUERIDA PARA REGULAR FRECUENCIA							AUTOPRODUCTOR ABASTECIENDO SU DEMANDA INTERNA (SIN EXCEDENTES) + MARGEN DE RPF										
		FORZADA POR LIMITACIÓN DE CANTIDAD DE ARRANQUES							CENTRAL LIMITADA POR RESTRICCIONES DE RED							CARGA AFECTADA POR MANTENIMIENTO DE RED NO CONTEMPLADA EN LA DECLARACIÓN DE DEMANDA										
	INDISPONIBILIDAD POR TRABAJOS EN LA RED DE TRANSMISIÓN							CENTRAL EN PRUEBA							CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN MANTENIMIENTO PROGRAMADO											

Programa de despacho OC September 4, 2020 con hidro



ORGANISMO COORDINADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL INTERCONECTADO
PROGRAMA DIARIO DEFINITIVO DEL VIERNES 04-09-20

RESERVA [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWh)
Potencia No Suministrada																									
Reserva Regulante (RPF + RSF)	151	146	143	140	138	137	137	140	148	151	153	147	152	151	148	147	144	142	145	155	156	155	154	146	3,527.9
Reserva No Regulante (Reserva Total menos Reserva Regulante)	16	10	25	24	56	38	30	25	43	25	26	13	1	10	6	5	9	12	32	28	18	13	20	4	488.2
Vector reserva	2		26	9	70	94	86	68	57	39	26	13	1	10	21	3	22	25	56	24	3		5	4	665.2
Reserva Sincronizada (Regulante+No Regulante)	167	156	168	164	194	175	167	165	191	176	179	161	153	161	155	152	153	154	177	183	173	167	174	151	4,016.1
% Reserva Resultante Sincronizada	6.7%	6.4%	7.1%	7.0%	8.5%	7.7%	7.3%	7.1%	7.8%	7.0%	7.0%	6.3%	6.0%	6.4%	6.3%	6.2%	6.4%	6.5%	7.4%	7.1%	6.7%	6.5%	6.8%	6.0%	
Reserva Fria			15		28	70	70	57	28	28	15			85	85	100	127	142	142	155	15				1,163.7
% Reserva Fria			0.6%		1.2%	3.1%	3.1%	2.4%	1.2%	1.1%	0.6%			3.4%	3.4%	4.1%	5.2%	5.9%	6.0%	6.4%	0.6%				
%RPF	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.1%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	2.8%		3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	2.8%	
%RSF	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	
	COSTO OPERATIVO (RD\$) 102,744,047.48																								
RÉGIMEN ESPECIAL + NUEVAS CENTRALES TÉRMICAS EN PRUEBA	932.8	928.8	936.5	926.3	918.3	912.8	913.9	928.1	958.0	997.0	1,026.8	1,048.0	1,052.3	1,048.4	1,038.4	1,022.6	1,002.0	962.1	948.6	942.7	932.6	928.7	924.2	921.4	23,150.8
JUANCHO LOS COCOS 1	7.6	7.2	8.0	7.8	7.3	7.1	7.5	7.8	8.3	8.5	8.8	9.1	8.7	8.8	8.6	8.3	7.9	6.0	6.1	6.2	6.0	6.1	6.4	6.7	180.6
LOS COCOS 2	29.0	28.9	32.1	30.6	27.8	25.4	25.5	25.8	27.0	27.3	27.2	27.5	25.4	24.0	22.9	24.3	23.9	16.9	18.1	19.9	21.4	22.4	22.9	23.0	599.3
QUILIVO CABRERA	2.2	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.6	2.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	52.5
PARQUE EOLICO LARIMAR	33.8	32.9	35.8	35.2	33.7	32.3	32.4	33.1	34.3	33.6	31.7	30.3	27.7	25.5	24.4	26.5	26.0	20.8	23.9	25.1	25.7	27.2	27.8	28.7	708.4
PARQUE EOLICO LARIMAR 2	23.2	22.7	25.3	24.5	22.9	21.3	21.5	21.9	22.6	21.7	19.7	18.7	17.3	15.9	14.9	16.2	16.0	12.0	14.1	15.2	16.5	18.1	18.1	18.6	458.8
MONTE PLATA SOLAR						0.3		3.1	7.4	11.5	14.0	15.2	14.8	12.5	11.4	8.1	5.1	2.9	0.5						106.8
SAN PEDRO BIO-ENERGY	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	504.0
PARQUE FOTOVOLTAICO MONTECRISTI SOLAR1						0.4		6.4	16.4	25.9	32.7	36.6	37.9	35.5	30.2	23.0	16.0	8.5	2.0						271.5
PUNTA CATALINA 1	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	9,000.0
PUNTA CATALINA 2	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	375.0	9,000.0
PARQUE EOLICO GUANILLO	18.0	17.6	17.3	16.4	15.7	15.7	15.2	13.5	12.6	15.2	17.9	19.0	20.6	24.4	26.8	26.2	24.0	21.4	21.5	20.7	20.7	21.3	20.6	19.6	461.8
PARQUE EOLICO MATAFONGO	10.5	10.6	11.9	8.6	7.8	8.2	9.0	10.0	9.9	11.2	13.7	18.6	23.0	23.0	22.0	18.5	15.3	16.2	14.7	12.5	8.7	7.3	7.1	7.6	305.7
PARQUE EOLICO AGUA CLARA	16.6	15.8	14.1	13.7	15.5	16.4	15.2	11.9	11.3	15.8	21.4	22.2	17.0	17.7	19.6	21.3	27.4	27.4	27.3	26.2	19.3	15.9	14.0	14.2	437.1
PARQUE FOTOVOLTAICO MATA DE PALMA						0.7	7.1	16.2	24.6	28.7	31.4	31.0	28.5	24.4	19.0	12.7	6.4	1.1							231.8
PARQUE SOLAR CANOA						0.2	3.3	8.4	12.9	16.2	18.0	17.7	16.2	14.3	11.8	8.3	4.4	0.9							132.6
PARQUE EOLICO LOS GUZMANCITOS	20.8	20.0	18.9	16.3	14.6	13.6	13.0	11.1	10.2	15.3	21.1	27.3	37.4	42.7	45.2	45.9	46.3	46.7	45.7	44.3	41.5	37.7	34.5	30.1	700.2
HATILLO 2																									
DESPACHO TÉRMICO [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWh)
ITABO 2	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	126.0	3,024.0
ITABO 1	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	60.0	60.0	60.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	125.0	2,805.0
ESTRELLA DEL MAR 2 CFO																									
PARQUE ENERGETICO LOS MINA CC TOTAL																									
PARQUE ENERGETICO LOS MINA CC PARCIAL	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	152.3	3,655.0
ESTRELLA DEL MAR 2 SFO																									
BARAHONA CARBON	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	52.0	1,248.0
CESPM 3																									
AES ANDRES																									
CESPM 2																									
CESPM 1																									
LOS ORIGENES POWER PLANT GAS NATURAL																									
LOS MINA 5																									
LOS MINA 6																									
QUISQUEYA 2 GN	196.9	197.5	180.5	177.9	198.3	187.1	187.5	194.7	203.1	193.7	188.7	199.3	196.8	195.7	197.1	186.0	187.1	188.3	189.3	197.2	196.6	197.5	196.5	201.2	4,634.5
QUISQUEYA 1 SAN PEDRO GN	53.2	53.5	53.2	54.4	54.7	53.7	53.2	53.2	58.0	58.0	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	58.0	58.0	58.0	58.0	58.0	1,313.5
QUISQUEYA 1 GN	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	134.8	134.8	121.3	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	128.0	130.0	130.0	130.0	130.0	130.0	123.0	123.0	3,083.8
ESTRELLA DEL MAR 2 CGN	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.5	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	100.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	101.8	2,435.8
QUISQUEYA 2 FO																									
ESTRELLA DEL MAR 2 SGN																									
SULTANA DEL ESTE	63.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	60.9	60.8	59.9	59.9	59.9	61.1	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	62.0	1,291.6
LA VEGA	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	62.0	62.5	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	63.4	1,520.0
MONTE RIO	86.5	64.5	50.2					50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	71.7	71.7	71.7	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	86.5	1,445.4
PALAMARA	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	86.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	86.0	86.9	86.9	86.9	86.9	2,061.8
PALENQUE	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	576.0
CEPP 2																									
CEPP 1																									
PIMENTEL 3	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	36.8	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	36.2	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	37.0	883.2
METALDOM	38.9	38.9	39.2	38.9	14.7	32.2	39.5	39.2	27.2	39.5	39.2	38.9	38.9	38.9	39.2	38.9	39.2	39.2	39.2	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	879.6
INCA KM22	13.4	13.4	13.4	13.4				13.4				13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.4						241.2
BERSAL	15.0	15.0		15.0																					

Programa de despacho OC September 4, 2020 con hidro (cont.)

[illegible]

PROGRAMA DIARIO DEFINITIVO DEL VIERNES 04-09-20

RESERVA [MW]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWh)
Potencia No Suministrada	54.6	38.0	23.1	24.4				20.2	101.8	146.0	85.5	36.2	0.3		6.1		4.0			141.5	151.6	135.1	128.2	82.2	1,178.7
Reserva Regularite (RPF + RSF)	148	145	142	140	138	136	136	139	142	143	149	151	152	151	148	147	144	142	144	147	148	147	147	147	3,472.5
Reserva No Regularite (Reserva Total menos Reserva Regularite)					21	18	23								8	18		0	13						101.0
Vector reserva			15		21		46	37	15		28	15		15	15	68	74	110	110	42	15				627.0
Reserva Sincronizada (Regularite-No Regularite)	148	145	142	140	158	154	159	159	142	143	149	151	152	159	148	164	144	142	157	147	148	147	147	147	3,573.4
% Reserva Resultante Sincronizada	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.9%	6.8%	7.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.3%	6.0%	6.7%	6.0%	6.0%	6.5%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	6.0%	
Reserva Fria			15		15	42	28	15		28	15		15	15	68	70	110	110	42	15					604.8
% Reserva Fria			0.6%		0.7%	1.9%	1.2%	0.6%		1.2%	0.6%		0.6%	0.6%	2.8%	2.9%	4.6%	4.7%	1.7%	0.6%					
NURF	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
NURF	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
COSTO OPERATIVO (RD\$) 109,124,075.01																									
MEDIMEN ESPECIAL + NUEVAS CENTRALES TÉRMICAS EN PRUEBA	932.8	928.8	936.5	926.3	918.3	912.8	913.9	928.1	958.0	997.0	1,026.8	1,048.0	1,052.3	1,048.4	1,038.4	1,022.6	1,002.0	962.1	948.6	942.7	932.6	928.7	924.2	921.4	23,150.8
BUENOS AIRES COCOS 1	7.6	7.2	8.0	7.8	7.3	7.1	7.5	7.8	8.3	8.5	8.8	9.1	8.7	8.8	8.6	8.3	7.9	6.0	6.1	6.2	6.0	6.1	6.4	6.7	180.8
BUENOS AIRES COCOS 2	29.0	28.9	32.1	30.6	27.8	25.4	25.5	25.8	27.0	27.3	27.2	27.5	25.4	24.0	22.9	24.3	23.9	16.9	18.1	19.9	21.4	22.4	22.9	23.0	599.3
QUILVO CABRERA	2.2	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	2.0	2.1	2.3	2.5	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.6	2.4	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	52.5
PARQUE EOLICO LARIMAR	33.8	32.9	35.8	35.2	33.7	32.3	32.4	33.1	34.3	33.6	31.7	30.3	27.7	25.5	24.4	26.5	26.0	20.8	23.9	25.1	25.7	27.2	27.8	28.7	708.4
PARQUE EOLICO LARIMAR 2	23.2	22.7	25.3	24.5	22.9	21.3	21.5	21.9	22.6	21.7	19.7	18.7	17.3	15.9	14.9	16.2	16.0	12.0	14.1	15.2	16.5	18.1	18.1	18.6	458.8
MONTE PLATA SOLAR						0.3	3.1	7.4	11.5	14.0	15.2	14.8	12.5	11.4	8.1	5.1	2.9	0.5							106.8
SAN PEDRO BIO-ENERGY	21.0	21.0																							

Programa de despacho OC September 4, 2020 sin hidro (cont.)

DESPECHO HIDRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTAL (MWH)	TIPO DE CENTRAL
TAVERA 1																										DE EMBALSE
TAVERA 2																										DE EMBALSE
JIGUEY 1																										DE EMBALSE
JIGUEY 2																										DE EMBALSE
AGUACATE 1																										DE EMBALSE
AGUACATE 2																										DE EMBALSE
VALDESA 1																										DE EMBALSE
VALDESA 2																										DE EMBALSE
RIO BLANCO 1																										DE EMBALSE
RIO BLANCO 2																										DE EMBALSE
MONCION 1																										DE EMBALSE
MONCION 2																										DE EMBALSE
LOPEZ ANGOSTURA																										DE PASADA
RINCON																										DE EMBALSE
HATILLO																										DE PASADA
SABANA YEGUA																										DE PASADA
SABANETA																										DE PASADA
LAS DAMAS																										DE PASADA
LOS TOROS 1																										DE PASADA
LOS TOROS 2																										DE PASADA
PINAJITO 1																										DE EMBALSE
PINAJITO 2																										DE EMBALSE
PALOMINO 1																										DE EMBALSE
PALOMINO 2																										DE EMBALSE
CONTRA EMBALSE MONCION 1																										DE PASADA
CONTRA EMBALSE MONCION 2																										DE PASADA
BAIGUAQUE 1																										DE PASADA
BAIGUAQUE 2																										DE PASADA
JIMENGA																										DE PASADA
EL SALTO																										DE PASADA
NEZAO NAIAYO																										DE PASADA
LOS ANONES																										DE PASADA
ANIANA VARGAS 1																										DE PASADA
ANIANA VARGAS 2																										DE PASADA
DOMINGO RODRIGUEZ 1																										DE PASADA
DOMINGO RODRIGUEZ 2																										DE PASADA
ROSA JULIA DE LA CRUZ																										DE PASADA
MAGUEYAL 1																										DE PASADA
MAGUEYAL 2																										DE PASADA
LAS BARIAS																										DE PASADA
BRAZO DERECHO																										DE PASADA
																									TOTAL (GWh)	
TOTAL HIDRO																										
TOTAL TERMICA	1,510.8	1,473.0	1,426.0	1,389.2	1,374.5	1,351.8	1,360.0	1,383.2	1,395.3	1,366.3	1,438.5	1,448.6	1,473.3	1,465.6	1,423.5	1,420.9	1,400.9	1,403.1	1,456.5	1,496.1	1,510.9	1,511.1	1,511.3	1,511.5	34.5	
TOTAL REGIMEN ESPECIAL + NUEVAS CENTRALES TERMICAS EN PRUEBA	932.8	928.8	936.5	926.3	918.3	912.8	913.9	928.1	958.0	997.0	1,026.8	1,048.0	1,052.3	1,048.4	1,038.4	1,022.6	1,002.0	962.1	948.6	942.7	932.6	928.7	924.2	921.4	23.2	
Total Generación	2,443.6	2,401.7	2,362.5	2,315.5	2,292.8	2,264.6	2,273.9	2,311.2	2,353.2	2,363.3	2,465.2	2,496.5	2,525.6	2,514.0	2,462.0	2,443.5	2,402.9	2,365.2	2,405.1	2,438.8	2,443.4	2,439.7	2,435.5	2,432.9	57.7	
PNS sin Deficit Generación	54.6	58.0	23.1	24.4				20.2	101.8	146.0	85.5	96.2	0.3		6.1		4.0		141.5	151.6	155.1	128.2	82.2		1.2	
PNS por Deficit Generación																										
UNIDAD MARGINAL ESPERADA	DESABASTECIMIENTO	DESABASTECIMIENTO	GENERAL	DESABASTECIMIENTO	GENERAL	GENERAL	GENERAL	DESABASTECIMIENTO	GENERAL	GENERAL	DESABASTECIMIENTO	GENERAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL	DESABASTECIMIENTO	DESABASTECIMIENTO	DESABASTECIMIENTO	DESABASTECIMIENTO	DESABASTECIMIENTO			
CMG (RDS/MWH)	6,625.53	6,625.53	4,806.83	6,625.53	7,647.36	7,647.36	7,647.36	4,806.83	6,625.53	4,761.63	4,806.83	6,625.53	4,806.83	7,647.36	4,652.99	4,761.63	4,652.99	4,652.99	7,647.36	4,806.83	6,625.53	6,625.53	6,625.53	6,625.53		
COSTO OPERATIVO (EN MILLONES RDS)	4.8	4.7	4.5	4.4	4.2	4.1	4.2	4.5	4.6	4.4	4.5	4.6	4.7	4.6	4.4	4.4	4.3	4.3	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	109.1	

CMG Top Tasa RDS

113 58 6,625.53 USAR ESTE EN CASO DE DESABASTECIMIENTO

REFERENCIAS

- [1] H. D. Young and R. A. Freedman, “Física Universitaria, con física moderna volumen 2,” 12th ed., R. F. Rivera, Ed. Atlacomulco: Pearson Education, Inc, 2009, pp. 785; 867–869.
- [2] T. Wildi, “Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia,” 6th ed., P. M. G. Rosas, Ed. Atlacomulco: Pearson Education, Inc, 2007, p. 54.
- [3] Asamblea Nacional de la República Dominicana, *Constitución de la República Dominicana, proclamada el 26 de enero. Publicada en la Gaceta Oficial No. 10561, del 26 de enero de 2010*. Santo Domingo.
- [4] Fred Pearce, “Rivers in the Sky: How Deforestation Is Affecting Global Water Cycles,” *Yale Sch. Environ.*, 2018, [Online]. Available: <https://e360.yale.edu/features/how-deforestation-affecting-global-water-cycles-climate-change>.
- [5] U.S. National Weather Service (NWS), “Dew Point vs Humidity.” https://www.weather.gov/arx/why_dewpoint_vs_humidity (accessed Jan. 11, 2021).
- [6] eglitis-media, “The climate in the Dominican Republic.” <https://www.worlddata.info/america/dominican-republic/climate.php> (accessed Jan. 11, 2021).
- [7] A. Betteridge, “Forests as rainmakers: CIFOR scientist gains support for a controversial hypothesis,” *Forests News*, Bogor, Jan. 28, 2013.
- [8] Superintendencia de Electricidad, “Ley General de Electricidad No. 125-01 y su Reglamento de Aplicación,” Santo Domingo: El Congreso Nacional, 2012, pp. 181 (Artículo 259); 65 (Párrafo I, Artículo 138);
- [9] Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado

- OC-SENI, “Procedimiento para el calculo de compensacion de servicios auxiliares OC.” OC, Santo Domingo, p. 21, 2020.
- [10] J. D. Glover and M. Sarma, “Chapter 11, Power-System Controls,” in *Power System Analysis & Design*, 2nd. Editi., PWS Publishing Company, Ed. Boston, 1994, p. 458.
- [11] Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana, “Atribuciones de la CNE.” <https://www.cne.gob.do/sobre-nosotros/quienes-somos/> (accessed Jan. 26, 2021).
- [12] E. D. S. Robles, “Capitulo XI, Hidroelectricas,” in *Optimizacion de potencia electrica en República Dominicana*, Universidad Tecnologica de Santiago UTESA, 2000, p. 106.
- [13] United Kingdom Met Office College, “What is meteorology?,” 2021. <https://www.metoffice.gov.uk/about-us/what/what-is-meteorology> (accessed Jan. 26, 2021).
- [14] Presidencia de la República Dominicana, “Información y Estadística General.” <http://dominicana.gob.do/index.php/pais/2014-12-16-20-50-15> (accessed Jan. 31, 2021).
- [15] U.S. Agency for International Development and The Cadmus Group Inc., “Pauta ambiental sectorial: Dasonomía.” 2015, [Online]. Available: https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/Spanish_SectorEnvironmentalGuidelines_Forestry_2015.pdf.
- [16] Grupo Wolters Kluwer, “Principio ‘Quien contamina paga.’” https://guiasjuridicas.wolterskluwer.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAEAMtMSbF1jTAAAUNjc0NDtbLUouLM_DxblwMDCwNzAwuQQGZapUt-ckhlQaptWmJOcSoA9ALb2jUAAAA=WKE (accessed Feb. 17, 2021).
- [17] Banco Central de la República Dominicana and Departamento

- Internacional, “Tasas de cambio promedio para compra y venta de divisas 2020,” 2020.
https://cdn.bancentral.gov.do/documents/estadisticas/mercado-cambiario/documents/TAC4009_BC_2020.pdf?v=1613857910302
 (accessed Feb. 20, 2021).
- [18] U.S. Department of the Interior and J. Tonner, “Barriers to Thermal Desalination in the United States,” in *Reclamation*, Denver, 2008, p. 2.
- [19] The University of Arizona, “Condensation Nuclei and and Cloud Droplet Formation.”
http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring18/atmo170a1s1/lecture_notes/humidity/condensation_nuclei.html (accessed Feb. 17, 2021).
- [20] J. Haby, “Condensation and Deposition Nuclei.”
<https://www.theweatherprediction.com/habyhints2/687/> (accessed Mar. 04, 2021).
- [21] Khan Academy, “Tropical rainforest biomes.”
<https://www.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeography/a/tropical-rainforest-biomes> (accessed Feb. 17, 2021).
- [22] U.S. National Aeronautics and Space Administration and NASA Earth Observatory, “Rainforest.”
<https://earthobservatory.nasa.gov/biome/biorainforest.php> (accessed Feb. 17, 2021).
- [23] Oxford University Press, “Oxford Reference - Opportunity Cost.”
<https://www.oxfordreference.com/view/10.1093/oi/authority.20110810105528518> (accessed Feb. 17, 2021).
- [24] GAMS Development Corp. and GAMS Software GmbH, “Two Companies - one Mission.” <https://www.gams.com/about/company/>

(accessed Feb. 18, 2021).

- [25] Organismo Coordinador del Sistema Electrico Nacional Interconectado OC-SENI, “INFORME MENSUAL DE TRANSACCIONES ECONÓMICAS DICIEMBRE 2020,” in *OC-GC-14-IMTE2012-210122-V0*, V0 ed., Organismo Coordinador del Sistema Electrico Nacional Interconectado OC-SENI, Ed. Santo Domingo, 2020, pp. 7, 12–14.
- [26] A. J. Wood and W. Bruce F, “Hydrothermal Coordination,” in *Power Generation, Operation, And Control*, Second Edi., John Wiley & Sons Inc., Ed. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore, 1996, pp. 222, 223.
- [27] K. Díaz and Diario Libre, “El carbón y el conuquismo, las grandes amenazas ambientales que enfrenta la República Dominicana,” Santo Domingo, Jun. 02, 2014.
- [28] W. Acosta and Confederación Nacional de Productores Agropecuario, “Tasa con cero interés en producción agropecuaria,” 2020.
- [29] Ministerio de Agricultura, “Estadísticas Agropecuarias - Producción Agrícola,” 5.1 *Producción Agrícola*, 2020. <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/produccion-agropecuaria-2012-2018/5-1-produccion-agricola/> (accessed Feb. 20, 2021).
- [30] Ministerio de Agricultura, “Estadísticas Agropecuarias - Producción Pecuaria,” 5.2 *Producción Pecuaria*, 2020. <http://agricultura.gob.do/category/estadisticas-agropecuarias/produccion-agropecuaria-2012-2018/5-2-produccion-pecuaria/> (accessed Feb. 20, 2021).
- [31] Ministerio De Medio Ambiente Y Recursos Naturales, “Ministerio de Medio Ambiente presenta resultados Inventario Nacional Forestal de la

República Dominicana 2018,” 2018. <https://ambiente.gob.do/ministerio-de-medio-ambiente-presenta-resultados-inventario-nacional-forestal-de-la-republica-dominicana-2018/> (accessed Feb. 20, 2021).

- [32] Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Embajada del Reino de España en la Republica Dominicana, Cooperación Española, and Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, “Planificación hidrológica de la Republica Dominicana, periodo 2020-2023,” Santo Domingo, 2020. [Online]. Available: <https://indrhi.gob.do/download/1098/plan-hidrologico-nacional/41423/brochure-plan-hidrologico.pdf>.
- [33] Agrotterra Tecnologías Agrarias S.L., “El arroz. Características y preparación del suelo.” <https://www.agrotterra.com/blog/descubrir/el-arroz-caracteristicas-y-preparacion-del-suelo/77166/> (accessed Feb. 20, 2021).
- [34] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Plátano, primera parte.” https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm (accessed Feb. 20, 2021).
- [35] Infoagro Systems S.L., “El cultivo de la Yuca.” <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm> (accessed Feb. 20, 2021).
- [36] R. Hernandez, “Cultivo de Yautia,” 27th ed., Fundación de Desarrollo Agropecuario Inc, Ed. Santo Domingo, 1996.
- [37] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Castaño,” 2020. https://www.infoagro.com/frutas/frutos_secos/castano.htm (accessed Feb. 20, 2021).
- [38] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del cacao, primera parte,” 2021. <https://infoagro.com/herbaceos/industriales/cacao.htm> (accessed Feb. 20, 2021).
- [39] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del café, segunda parte,” 2020.

- <https://infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe2.htm> (accessed Feb. 20, 2021).
- [40] Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, “Piña,” San Jose, pp. 1, 2.
- [41] Infoagro Systems S.L., “El Cultivo De La Batata,” 2020. <https://www.infoagro.com/hortalizas/batata.htm> (accessed Feb. 02, 2021).
- [42] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Tabaco, primera parte,” 2020. <https://infoagro.com/herbaceos/industriales/tabaco.htm> (accessed Feb. 20, 2021).
- [43] Intagri, “Requerimientos de Clima y Suelo para el Cultivo de la Papa,” 2020. <https://www.intagri.com/articulos/hortalizas/requerimientos-de-clima-y-suelo-para-el-cultivo-de-la-papa> (accessed Feb. 20, 2021).
- [44] J. Masabni, “Cómo cultivar zanahorias,” 2020. <https://agrilifeextension.tamu.edu/browse/featured-solutions/gardening-landscaping/zanahorias/> (accessed Feb. 20, 2021).
- [45] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Plátano, primera parte,” 2020. https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm (accessed Feb. 20, 2021).
- [46] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Aguacate, primera parte.” https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/aguacate.htm (accessed Feb. 20, 2021).
- [47] Infoagro Systems S.L., “El cultivo del Coco, primera parte,” 2020. https://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/coco.htm (accessed Feb. 20, 2021).
- [48] Lehigh University, “Temperature.”

<https://ei.lehigh.edu/envirosci/watershed/wq/wqbackground/tempbg.html>
I (accessed Feb. 20, 2021).

- [49] U.S. Environmental Protection Agency, "Indicators: Dissolved Oxygen."
<https://www.epa.gov/national-aquatic-resource-surveys/indicators-dissolved-oxygen> (accessed Feb. 20, 2021).
- [50] U.S. National Aeronautics and Space Administration and The Crooked River Project, "Water Quality - pH level of a river."
<https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/fenlewis/Waterquality.html>
(accessed Feb. 20, 2021).
- [51] Canadian Regional Aquatics Monitoring Program, "Water Quality Indicators: Conventional Variables." <http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/conventional.aspx>
(accessed Feb. 20, 2021).
- [52] Canadian Regional Aquatics Monitoring Program, "Water Quality Indicators: Nutrients." <http://www.ramp-alberta.org/river/water+sediment+quality/chemical/nutrient.aspx>
(accessed Feb. 20, 2021).
- [53] U.S. Environmental Protection Agency, "Nitrogen and Phosphorus in Agricultural Streams." [Online]. Available:
<https://cfpub.epa.gov/roe/indicator.cfm?i=31>.
- [54] Information system on the eutrophication of our coastal areas ISECA and Vlaams Instituut voor de Zee, "How do we measure eutrophication."
<http://www.vliz.be/projects/iseca/en/science-for-all/how-do-we-measure-eutrophication.html> (accessed Feb. 21, 2021).
- [55] Encyclopædia Britannica Inc., "Opportunity cost." <https://www.britannica.com/topic/opportunity-cost> (accessed Jan. 21, 2021).

- [56] AMSEnergy, "Fuel Cost Calculator," 2006.
<https://www.amsenergy.com/fuel-cost-calculator/> (accessed Apr. 15, 2021).
- [57] The Inch Calculator, "Megawatt-hours to Million BTU Conversion," 2021.
<https://www.inchcalculator.com/convert/megawatt-hour-to-million-btu/> (accessed Feb. 21, 2021).
- [58] M. P. Čalasan, L. Nikitović, and S. Mujović, "CONOPT solver embedded in GAMS for optimal power flow," *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 11, no. 4, p. 046301, Jul. 2019, doi: 10.1063/1.5113902.